

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS
Vytautas Magnus University

ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA 2022

Mokslo straipsnių rinkinys

HUMAN AND NATURE SAFETY 2022

Selected papers



Kaunas, 2022

Apie leidinį

ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA

ISSN 1822-1823 (spausdintas)

ISSN 2538-9122 (internetinis)

<https://doi.org/10.7220/2538-9122.2022>

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS

Mokslo straipsnių rinkinys;

Išėina 1 kartą per metus;

Spausdinta versija leidžiama nuo 2000 m., internetinė versija – nuo 2016 m.;

Straipsniai yra recenzuojami;

Rinkinyje publikuojamų straipsnių kalba neredaguota. Už straipsnių kalbą atsakingi autoriai.

Rinkinyje spausdinami originalūs straipsniai, kuriuose pateikiami tarpusavyje susietų žmogaus saugos ir sveikatos bei gamtos apsaugos tyrimų rezultatai ir/ar jų problemų sprendiniai.

Pagrindinės leidinio tematikos yra šios:

- Tausojančios gamybos ir perdirbimo technologijos;
- Aplinkosaugos inžinerija, ergonomika, profesinė sauga;
- Aplinkos įtakos žmonių sveikatai tyrimai;
- Ekologija ir bioįvairovės išsaugojimas, darnioji miškininkystė.

Straipsnių rinkinio leidimą kuruoja VDU Žemės ūkio akademijos Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedra.

Straipsniai referuojami Central & Eastern European Academic Source (EBSCO) duomenų bazėje, o leidinio bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos Nacionalinės bibliografijos duomenų banke (NBDB).

About Journal

HUMAN AND NATURE SAFETY

ISSN 1822-1823 (Print)

ISSN 2538-9122 (Online)

<https://doi.org/10.7220/2538-9122.2022>

VYTAUTAS MAGNUS UNIVERSITY

Selected papers;

Published annually;

Printed version available since 2000, online – 2016;

Articles are peer reviewed;

Language of the manuscripts is not edited. Authors are responsible for the language quality.

The collection contains original articles that present the results of research and/or solutions for human safety and health and environmental protection.

Topics of the publication are as follows:

- *Sustainable production and processing technologies;*
- *Environmental engineering, ergonomics, occupational safety;*
- *Research of environmental impact on human health;*
- *Ecology and biodiversity conservation, sustainable forestry.*

Publication of the articles is supervised by the Department of Agricultural Engineering and Safety of VMU Agriculture Academy.

Publications are abstracted in EBSCO Central & Eastern European Academic Source (full text). The bibliographic information about the publication is available in the National Bibliographic Data Bank (NBDB) of the Martynas Mažvydas National Library of Lithuania.

Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija,
Gamtos mokslų fakultetas, Botanikos sodas
Tel: +370 37 75 23 57, El. p. zmogaus.sauga@vdu.lt
Interneto svetainė: <https://zgs.vdu.lt>

Vytautas Magnus University Agriculture Academy,
Faculty of Natural Sciences, Botanical Garden
Tel. +370 37 75 23 57, E-mail.: zmogaus.sauga@vdu.lt
Website: <https://zgs.vdu.lt>

„Žmogaus ir gamtos sauga 2022“

mokslo straipsnių rinkinio

REDAKCINĖ KOLEGIJA

EDITORIAL BOARD

of the Selected Papers

"Human and Nature Safety 2022"

Vyr. redaktorius akad. prof. dr. Egidijus Šarauskis (Lithuania)
Editor-in-chief

Redakatoriaus pavaduotojas dr. Gediminas Vasiliauskas (Lithuania)
Vice editor-in-chief

Nariai *Members*

Akad. prof. habil. dr. **Juozas Augutis** (Lithuania)

Prof. dr. **Vitas Marozas** (Lithuania)

Dr. **Aivars Aboltins** (Latvia)

Akad. prof. habil. dr. **Audrius Sigitas Maruška**
(Lithuania)

Prof. dr. **Laima Česonienė** (Lithuania)

Prof. habil. dr. **Witold Pazdrowski** (Poland)

Assoc. prof. dr. **Rolandas Domeika** (Lithuania)

Dr. **Juozas Pekarskas** (Lithuania)

Prof. habil. dr. **Regina Gražulevičienė** (Lithuania)

Prof. dr. habil. **Ona Ragažinskienė** (Lithuania)

Prof. dr. **Julija Kiršienė** (Lithuania)

Prof. dr. habil. **Nijolė Savickienė** (Lithuania)

Prof. dr. **Savelii Kukharets** (Ukraine)

Prof. dr. **Dainius Steponavičius** (Lithuania)

Straipsnių rinkinio „ŽMOGAUS IR GAMTOS
SAUGA 2022“ išleidimą rėmė:

VDU Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakultetas

VDU Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos
fakultetas

*The release of the Selected papers “HUMAN AND
NATURE SAFETY 2022” supported by:*

Faculty of Engineering of VMU Agriculture Academy

*Faculty of Forest Sciences and Ecology of VMU
Agriculture Academy*

Mokslinių straipsnių recenzantai / *Reviewers of the articles*

Dr. A. Aboltins	Latvijas gyvybės mokslų ir technologijų universitetas	<i>Latvia University of Life Sciences and Technologies</i>
Doc. dr. I. Adamonytė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. R. Bleizgys	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. L. Česonienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. L. Česonienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. R. Čingienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. habil. R. Daubaras	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. A. Dėdelė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. R. Domeika	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. A. Gavenauskas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. habil. dr. R. Gražulevičienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. E. Jarienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. A. Jasinskis	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. E. Jotautienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. N. Jurkonis	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. Z. Kriauciūnienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. K. Lekavičienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. R. Malinauskaitė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. V. Marozas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Akad. prof. habil. dr. A. S. Maruška	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. R. Mieldažys	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. V. Naujokienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. J. Pekarskas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. A. Radzevičius	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. habil. O. Ragažinskienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. habil. N. Savickienė	Lietuvos sveikatos mokslų universitetas	<i>Lithuanian University of Health Sciences</i>
Dr. J. Stankevičiūtė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. D. Steponavičius	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Akad. prof. dr. E. Šarauskis	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. E. Vaiciukevičius	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. R. Vaisvalavičius	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. G. Vasiliauskas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>

TURINYS

BIOSISTEMŲ INŽINERIJA	8
<i>BIOSYSTEM ENGINEERING</i>	
NIR spektrometrija pagrįstų precizinio tręšimo technologinių procesų įtaka žieminių kviečių derlingumo rodikliams Tadas Žiogas, Marius Kazlauskas, Dainius Steponavičius, Kęstutis Romaneckas, Dovydas Vaicekauskas, Egidijus Šarauskis	9
Smart Solutions for Selective Harvesting of Cereals Based on Mycotoxin Content Inga Sodaitytė, Egidijus Šarauskis, Zita Kriaučiūnienė, Marius Kazlauskas, Manuel Pérez Ruiz, Enrique Apolo-Apolo, Xanthoula Eirini Pantazi, Manuela Díaz, Assem Abu Hatab, Enoch Owusu-Sekyere, Jacob Carballido, Rebecca L. Whetton, Mhd Baraa Almoujahed, Aravind Krishnaswamy Rangarajan, Dimitrios Moshou, Abdul M. Mouazen	13
Precizinės ir tradicinės sėjos technologinių procesų įtaka žieminių kviečių derlingumo ir ekonominiams rodikliams Dovydas Vaicekauskas, Marius Kazlauskas, Dainius Steponavičius, Kęstutis Romaneckas, Vilma Naujokienė, Indrė Bručienė, Tadas Žiogas, Egidijus Šarauskis	17
Juostinio žemės dirbimo ir tiesioginės sėjos technologinių procesų taikymo poveikis aplinkai ir žieminių kviečių derlingumui Gintarė Runaitė, Lina Saldukaitė, Sidona Buragienė, Aida Adamavičienė, Zita Kriaučiūnienė, Egidijus Šarauskis	21
Braškių auginimas vertikaliuose ir horizontaliuose sistemose Gabija Ustilaitė, Egidijus Šarauskis, Davut Karayel	25
Žemės dirbimo supaprastinimo įtaka skirtingų veislių rapsų peržiemojimui ir derlingumui Benas Liutvinskas, Rita Pupalienė	29
Javų kombaino su ašiniu kūlimo-separavimo įrenginiu darbo parametrų įtaka aplinkai nuimant kukurūzų derlių Karolis Mockus, Dainius Steponavičius, Aurelija Kemzūraitė, Dainius Savickas	33
Javų kombaine susmulkintų šiaudų paskleidimo tolygumo lauko paviršiuje tyrimas Antanas Juostas, Eglė Jotautienė, Dainius Balčiūnas, Klaudijus Žiukas	37
Specialios įrangos purkšti po kultūrinių augalų lapais galimybių analizė Remigijus Zinkevičius, Greta Šinkūnaitė	41
Kombaino su vikšrine važiuokle važiavimų skaičiaus įtaka dirvožemio fizikinėms savybėms Jūratė Juodelytė, Andrii Zabrodskiy	44
Invazinių žolinių augalų perdirbimo ir naudojimo energetinėms reikmėms tyrimas Gvidas Gramauskas, Algirdas Jasinskas, Ramūnas Mioldažys, Kęstutis Romaneckas, Nerijus Pedišius	48
Impact of Wind Turbines on Human Health and Environment Islam Yermekov, Yermek Aitaliyev, Sigitas Petkevičius	52
Šaltos plazmos poveikio saldžiosios stevijos (<i>Stevia rebaudiana</i>) biocheminiams ir morfometriniais parametrams pagrindinių komponentų analizė Justinas Venckus, Rasa Žūkienė	55
Šaltalankių auginimo technologijų tyrimas Jonita Šternbergaitė, Rasa Čingienė	59
Beplūgio žemės dirbimo ir tiesioginės sėjos poveikis dirvožemio agrocheminėms savybėms pupų pasėliuose Rasa Kimbirauskienė, Andrius Romaneckas, Algirdas Jasinskas, Mantas Almonaitis, Kęstutis Romaneckas	62
Visą traktorių operatoriaus kūną veikiančios vibracijos tyrimas pervežant grūdus Martynas Andriukevičius, Gediminas Vasiliauskas	66
Aplinkos triukšmo grūdų elevatoriaus aplinkoje tyrimas Donata Mikalauskienė, Gediminas Vasiliauskas	70
Ozono, aerozolio dalelių koncentracijų ir triukšmo lygio kopijavimo metu įvertinimas Vaida Vasiliauskienė	74
Jonizuojančiosios spinduliuotės pokyčių patalpose vertinimas Milda Pečiulienė	78

Ozono dinamikos prie intensyvaus eismo gatvės Vilniuje tyrimas Vaida Vasiliauskienė, Milda Pečiulienė, Dainius Jasaitis	82
Darbuotojų saugai ir sveikatai palankių sprendinių taikomų statybvietėje analizė Vilma Kriaučiūnaitė-Neklejonovienė, Arnoldas Musteikis, Eglė Klumbytė, Donatas Rekus	86
Defektų įtaka statybinių konstrukcijų patikimumui Monika Kalonienė, Rytis Skominas	90
Telšių rajono hidromazgų būklės analizė Dominyka Gailienė	94
APLINKA IR SVEIKATA <i>ENVIRONMENT AND HEALTH</i>	98
Dr. Algimanto Morkūno – nuoseklos mokslinės, pedagoginės, praktinės – taikomosios ir visuomeninės veiklos reikšmė Lietuvoje Ona Ragažinskienė, Nerijus Jurkonis	99
Žmonių mityba bei įprastinių ir ekologiškų maisto produktų reikšmė žmonių sveikatai Zita Kavaliauskaitė, Virginija Dulskienė	102
Introdukuojamo vaistinio augalo rausvosios rodolės (<i>Rhodiola rosea</i> L.) cheminės sudėties analizė Ona Ragažinskienė, Sandra Saunoriūtė, Erika Šeinauskienė, Liudas Ivanauskas, Mindaugas Marksa	106
Kapsulių su kavos rūgštimi modeliavimas ir biofarmacinis vertinimas Monika Poškutė, Monika Stančiauskaitė, Kristina Ramanauskienė	110
Mikroemulsijų su dekspanentoliu ir resveratroliu modeliavimas ir kokybės vertinimas Brigita Pronskutė, Vaida Kurapkienė	113
Hidrofilinių polimerų įtaka kalio jodido atpalaidavimui iš akių lašų <i>in vitro</i> Irma Selvenytė, Asta Marija Inkėnienė, Kristina Ramanauskienė, Rimantas Pečiūra, Ieva Lesnickienė	117
¹³⁷ Cs ir ⁹⁰ Sr radionuklidų tūrinio aktyvumo pokyčių Baltijos ir Juodosios jūros vandenyse palyginamoji analizė Asta Daunaravičienė	121
Integration of Biophilic Criteria into Assessment of Expression and Design of Sustainable Architecture as Healing Environments Gediminas Viliūnas, Aurelija Daugėlaitė, Indrė Gražulevičiūtė-Vileniške	124
EKOLOGIJA, DARNI MIŠKININKYSTĖ <i>ECOLOGY, SUSTAINABLE FORESTRY</i>	128
Negyvos medienos kiekybinis ir kokybinis pasiskirstymas miško ekosistemose Ovidijus Daunoravičius, Žydrūnas Preikša	129
Šaltos ir sniegingos 2020–2021 m. žiemos poveikis kurapkų (<i>Perdix perdix</i> L.) populiacijai Lietuvoje Marius Karlonas, Žydrūnas Preikša	132
Klimato kaitos įtaka vegetacijos sezono trukmei Lietuvoje 1961–2020 m. Danuta Romanovskaja, Eugenija Bakšienė	136
Užšaldyto geriamojo vandens atšildymo sluoksniais poveikis vandens kokybei Raminta Januškaitė, Laima Česonienė	139
Evaluation of the Total Respiration in Organic Agroecosystems Ligita Baležentienė	143
Veido kaukių dėvėjimo įpročiai Lietuvoje Covid-19 pandemijos metu Laima Česonienė, Karina Stanišauskaitė, Raimonda Simanavičiūtė	147
Ūkininkų ūkininkaujančių skirtingo intensyvumo žemės ūkio gamybos sistemose ekologinio požiūrio vertinimas: atvejo analizė Rūtenis Jančius, Algirdas Gavenauskas	151
Granuliuotų organinių komposto trąšų JP RENLIS lokalaus įterpimo įtaka ekologiškai auginamiems augalams ir dirvožemio savybėms Juozas Pekarskas, Algirdas Gavenauskas, Rūtenis Jančius	155

Fitocenozės kitimo tyrimai po ariamos žemės pakeitimo į nederbiamą žemėnaudą Eugenija Bakšienė, Asta Kazlauskaitė-Jadzevičė, Liudmila Tripolskaja	159
Sapropelio skystų biologinių preparatų, įterpiamų į dirvą, įtaka ekologiškai auginamiems žemės ūkio augalams ir dirvožemio savybėms Juozas Pekarskas	162
Environment Impact on Intensity of Photosynthesis of Different Crops of Organic Farming Ligita Baležentienė	166
Skystų biologinių sapropelio preparatų, purškiamų per lapus, įtaka ekologiškai auginamiems žemės ūkio augalams Juozas Pekarskas	169
Impact of Organic Crops' LAI and SLA on Carbon Assimilation and Biomass Formation During Growth Period Ligita Baležentienė	173
Įsėlinių tarpinių pasėlių įtaka dirvožemio savybėms ekologiškai augintų vasarinių rapsų agroecozėje Aušra Marcinkevičienė, Arūnas Čmukas	177
Dilgėlių vandeninės ištraukos įtaka chlorofilų kiekiui žieminių kviečių koleoptilėse Simona Petrauskė, Regina Malinauskaitė	181
Biologinių produktų ir tręšimo azotu įtaka žieminių kviečių agroecozėi Rita Čepulienė, Darija Jodaugienė	185
Mikroaugalų dauginimas bulvių (<i>Solanum tuberosum</i> L.) sėklininkystei Rita Asakavičiūtė, Almantas Ražukas	189
Skirtingų žemės dirbimų poveikis vasarinių kviečių produktyvumui Aušra Sinkevičienė, Vaida Steponavičienė, Lina Skinulienė, Vaclovas Bogužas, Alfredas Sinkevičius, Vaida Čepulienė, Rokas Plepys	192
Skirtingų priešsėlių įtaka dirvožemio hidrofizikinėms savybėms kviečių pasėlyje Karolis Rekštys, Lina Skinulienė, Vaclovas Bogužas, Vaida Steponavičienė, Aušra Sinkevičienė, Ernestas Petrauskas	196
Skirtingų priešsėlių įtaka vasarinių kviečių produktyvumui Tautvydas Martinkus, Lina Skinulienė, Vaclovas Bogužas, Vaida Steponavičienė, Aušra Sinkevičienė, Ernestas Petrauskas	200
Dirvožemio savybių ir krynų derlingumo palyginimas taikant daugiafunkcinių pasėlių auginimo sistemą Aušra Rudinskienė, Aušra Marcinkevičienė, Zita Kriaučiūnienė, Rimantas Velička, Robertas Kosteckas	204
Žemės dirbimo technologijos ir biologinės kilmės produktų įtaka vasarinių miežių (<i>Hordeum vulgare</i> L.) produktyvumui Algirdas Petrėtis, Lina Marija Butkevičienė, Vaida Steponavičienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė	208
Biologinių preparatų ir žemės dirbimo technologijos įtaka dirvožemio savybėms vasarinių kviečių pasėlyje Rūta Klevinskaitė, Lina Marija Butkevičienė, Vaida Steponavičienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė	212
Skirtingo žemės dirbimo poveikis vasarinių kviečių pasėlio piktžolėtumui Alfredas Sinkevičius, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė, Vaida Steponavičienė, Darija Jodaugienė, Aušra Sinkevičienė, Rokas Plepys	216
The Analysis of Computer Software for Selection of the Optimal System of Effective Electricity Supply for Ukraine Autonomous Agricultural Objects Mariia Duras	220

BIOSISTEMŲ INŽINERIJA

BIOSYSTEM ENGINEERING

NIR spektrometrija pagrįstų precizinio tręšimo technologinių procesų įtaka žieminių kviečių derlingumo rodikliams

Tadas Žiogas, Marius Kazlauskas, Dainius Steponavičius, Kęstutis Romanekas, Dovydas Vacekauskas, Egidijus Šarauskis

Vytauto Didžiojo universitetas

Didėjančios mineralinių trąšų kainos bei aukštesni aplinkosauginiai reikalavimai skatina naudoti precizines technologijas pagrįstas NIR (Near infrared – artima infraraudonoji spinduliuotė) spektrometriniais metodais. Šios technologijos tausoja resursus ir mažina derliaus savikainą. Šio darbo tikslas buvo atlikti precizinių tręšimo technologijų analizę ir ištirti precizinės tręšimo technologinių procesų įtaką žieminių kviečių derlingumo ir ekonominiams rodikliams. Eksperimentiniai tyrimai atlikti 2020–2021 m. dviem variantais: kontrolė – tręšimas vienoda norma; precizinis tręšimas – tręšimas kintama norma. Nustačius dirvožemio elektrinio laidumo kintamumą laukas suskirstytas į penkias zonas. Tyrimų rezultatais nustatyta, kad taikant precizinį tręšimą gautas vidutiniškai 103 kg·ha⁻¹ arba apytiksliai 1,3 proc. didesnis derlius negu kontrolėje. Pritaikius precizinio tręšimo technologiją gautas vidutiniškai 11,81 Eur·ha⁻¹ didesnis pelnas nei tręšiant lauką pastovia norma.

Precizinis tręšimas, kintama norma, žieminiai kviečiai, NIR spektrometrija.

Įvadas

Precizinio ūkininkavimo kontekste tikslusis tręšimas šiuo metu yra viena iš sparčiausiai ūkiuose diegiamų sistemų. Vadovaujantis šalies mokslininkų (Steponavičius, 2020) nuomone šia technologija yra aktyviai domimasi. Didėja ūkių, norinčių atsisakyti tradicinio tręšimo, kuomet laikoma, kad visas laukas visame savo plote yra vienodas ir tręšiamas vienoda norma. Atliekant tręšimą kintama norma yra vertinamas lauko nevienodumas ir augalų būklė tam, kad trąšas išberti ir paskleisti lauke būtų galima nevienodai.

Tręšti kompleksinėmis azoto, fosforo, kalio trąšomis (NPK) yra patogų, tačiau dirvožemis ne visada gauna reikiamą kiekį maistinių medžiagų arba ne visais atvejais tam tikros medžiagos būtinės.

Maistinių medžiagų (fosforo ir kalio) kiekis dirvožemyje nustatomas atliekant dirvožemio tyrimus. Tręšimai vykdomi sudarius skaitmeninius žemėlapius pagal gautus dirvožemio tyrimo rezultatus. Azoto poreikis nustatomas matuojant augalų elektromagnetinių bangų atspindžius. Šiems matavimams atlikti naudojamas matomos žalios spalvos spektras (500 nm bangos ilgio spinduliai) ir NIR spinduliai, kurių bangos ilgių spektras yra 750–2500 nm (Nowatzki, 2004).

Prietaisai, nustatantys augalų azoto kiekį, vadinami azoto jutikliais. Jais nustatomas faktinis azoto kiekis esantis augale. Žinodami šią informaciją mes galime įvertinti augalo poreikį ir parinkti tinkamą tręšimo normą. Šie jutikliai gali būti rankiniai ir mobilūs, montuojami ant traktoriaus (Adamchuk ir kt., 2004). Mobiliais ant traktoriaus montuojamais jutikliais nustatytas azoto kiekis vertinamas realiu laiku ir sudaromas skaitmeninis lauko žemėlapis sekančiam tręšimui arba duomenys apdorojami ir esamuojų laiku koreguojama tręšimo norma.

JAV 2007 m. buvo atliktas tyrimas, kad ūkiams, kurie taikė azotinių trąšų tręšimą kintama norma vidutiniškai pavyko sutaupyti nuo 1 iki 22 USD·ha⁻¹ (Robertson ir kt. 2012). Panašūs rezultatai buvo gauti ir Prancūzijoje, atliekant tyrimus laukuose, kuriuose prieš tai buvo ūkininkauta įprastai, netaikant azoto valdymo sistemos. Pritaikius šią sistemą bei palyginus rezultatus buvo pastebėta, kad azotinių trąšų buvo sutaupyta nuo 10% iki

80% skirtingose lauko vietose, nesumažinant derliaus ir jo kokybės (Diacono ir kt., 2013).

Pilnas precizinės tręšimo technologijos išpildymas galimas tuomet, kai kalio ir fosforo maistinės medžiagos paskleidžiamos kintama norma, remiantis dirvožemio tyrimų rezultatais, o augalų vegetacijos metu, pasitelkiant mobilius azoto kiekio augaluose stebėjimo prietaisus, vykdomas tręšimas kintama norma realiu laiku.

Tyrimų tikslas – ištirti NIR spektrometrija pagrįstų precizinio tręšimo technologinių procesų įtaką žieminių kviečių derlingumo rodikliams.

Tyrimų metodika

Eksperimentiniai tyrimai vykdyti 2020–2021 m. Panevėžio rajono ūkininko ūkio 22,4 ha lauke (55°40'30.9"N 24°08'39.9"E). Tyrimų lauko dirvožemis priskiriamas smėlingo priemolio ir molingo priemolio tipui. Žieminiai kviečiai „Skagen“ pasėti rugsėjo 15 d. Sėja vykdyta tiesioginės sėjos sėjama „HORSCH Avatar 6.16 SD“, kurios tarpueilių plotis 16,7 cm.

Eksperimentiniai tyrimai atlikti dviem variantais: kontrolė – tręšimas vienoda norma; precizinis tręšimas – tręšimas kintama norma. Kiekvieno varianto tyrimai atlikti keturiais pakartojimais. Vieno pakartojimo plotis buvo 36 m ir atitiko technologinių juostų tręšimo plotį.

Siekiant įvertinti tręšimo technologijos efektyvumą, priklausantį nuo dirvožemio savybių kitimo, lauke buvo atlikti dirvožemio elektrinio laidumo matavimai. Matavimai atlikti su dirvožemio elektrinio laidumo matuokliu „EM38–MK2“. Elektrinis laidumas išmatuotas darant 24 m tarpus tarp važiavimų. Atlikus elektrinio laidumo matavimus laukas buvo suskirstytas į penkias lauko valdymo zonas: MZ1 – 28,6 mS·m⁻¹; MZ2 – 27,3 mS·m⁻¹; MZ3 – 25,7 mS·m⁻¹; MZ4 – 24,2 mS·m⁻¹; MZ5 – 22,6 mS·m⁻¹.

Tyrimų lauko dirvožemio mėginių ėmimo žemėlapis buvo padalintas į septynis plotelius, vidutiniškai po 3 ha. Iš kiekvieno plotelio, taikant Z raidės formos mėginių paėmimo trajektoriją, buvo paimama nuo 12 iki 22 mėginių, iš 20–30 cm gylio (Guo ir kt., 2018). Remiantis akredituotoje laboratorijoje gautais pH ir maistinių medžiagų, tokių kaip magnio (Mg), kalio (K) ir fosforo (P), tyrimų rezultatais sudaryti maistinių medžiagų (K ir P) kintamos tręšimo normos žemėlapiai.

Tręšimai mineralinėmis granuliuotomis trąšomis atlikti su išcentrine mineralinių trąšų barstomąja „Rauch Axis H50.2“. Skystos trąšos laistytos savaeigiu „Horsch Leeb“ purkštuvu. Azoto kiekis augaluose matuotas mobiliu ant traktoriaus montuojamu „Yara N-Sensor“ prietaisu.

Bandymų lauke 60 vietų iš 1,0 m ilgio eilučių buvo imami žieminių kviečių mėginiai augalų krūmijimosi ir derlingumo rodikliams nustatyti. Kviečių grūdai iš varpų išskulti naudojant laboratorinį „Wintersteiger LD350“ kombainą. Derlius pasvertas laboratorinėmis „Kern KB“ svarstyklėmis, kviečių grūdų baltymingumas nustatytas rankiniu „GrainSense“ analizatoriumi (1 pav.).



1 pav. Javų derliaus kūlimo mašina ir grūdų kokybės nustatymo įranga: 1 – laboratorinis kombainas „Wintersteiger LD350“; 2 – rankinis grūdų analizatorius „GrainSense“

Fig. 1. Grain threshing machine and quality measuring equipment: 1 – laboratory grain threshing machine "Wintersteiger LD350"; 2 – handheld grain analyzer "GrainSense"

Ekonominis precizinės tręšimo technologijos vertinimas atliktas lyginant vieno hektaro derliaus pelną tarp kontrolės ir precizinio tręšimo. Siekiant įvertinti kintamos tręšimo normos įtaką iš pelno atimamos sąnaudos už trąšas. Kviečių kainą priimame 240 Eur·t⁻¹, naudotų trąšų kainos: P₂O₅ – 0,8 Eur·kg⁻¹; K₂O – 0,53 Eur·kg⁻¹; N – 0,7 Eur·kg⁻¹.

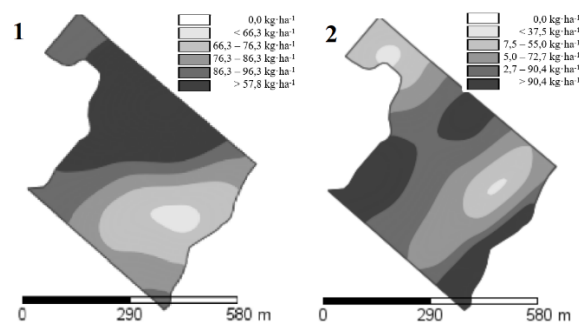
Gautų duomenų imčių vidurkiams palyginti naudojamas dispersinės analizės ANOVA (angl. Analysis of Variance) ir T testas, kuriame studento kriterijumi t įvertinami imčių tūriai (bandymų pakartojimų skaičius) ir bandymų pakartojimų sklaida. Gautų duomenų patikimumas įvertinamas esant 95% pasikliauties intervalui. Ta pačia raide žymimi stulpeliai tarp kurių statistiškai patikimo skirtumo nėra.

Rezultatai ir aptarimas

Precizinė technologija pirmiausia pradėta taikyti remiantis gautais dirvožemio tyrimais ir sudarant skaitmeninius kalio ir fosforo (2 pav.) tręšimo žemėlapius.

Kontroliniame variante K₂O trąšos paskleistos 90 kg·ha⁻¹, O P₂O₅ trąšos – 75 kg·ha⁻¹ norma. Precizinio tręšimo variante paskleistų trąšų norma svyravo tarp 2 paveikslė pateiktų minimalių ir maksimalių verčių.

Atliekant tręšimus azotinėmis trąšomis per visą kviečių vegetacijos laikotarpį atlikti keturi tręšimai (1 – KAS32 +TIO10 (40,3% N); 2 – amonio sulfatas NS 21–24; 3 – amonio salietra; 4 – KAS32 +TIO10 (40,3% N).



2 pav. Skaitmeniniai kintamos tręšimo normos kalio (K₂O) ir fosforo (P₂O₅) žemėlapiai: 1 – K₂O tręšimo žemėlapis (min – 66 kg·ha⁻¹, maks. – 120 kg·ha⁻¹; vidurkis – 90 kg·ha⁻¹); 2 – P₂O₅ tręšimo žemėlapis (min – 36 kg·ha⁻¹; maks. – 125 kg·ha⁻¹; vidurkis – 75 kg·ha⁻¹)

Fig. 2. Digital potassium (K₂O) and phosphorus (P₂O₅) maps of variable rate fertilization: 1 – K₂O fertilization map (min – 66 kg·ha⁻¹; max. – 120 kg·ha⁻¹; average – 90 kg·ha⁻¹); 2 – P₂O₅ fertilization map (min – 36 kg·ha⁻¹; max. – 125 kg·ha⁻¹; average – 75 kg·ha⁻¹)

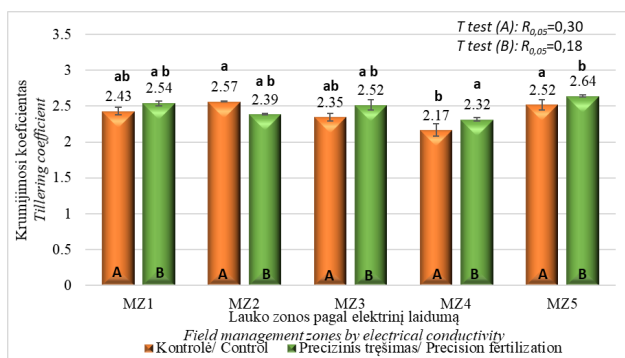
Naudojant „Yara N-Sensor“ buvo nustatytas kviečių azoto poreikis ir realiu laiku pritaikyta kintama tręšimo norma. Visų keturių tręšimų pritaikytų normų vidurkiai ir minimalios bei maksimalios vertės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Tręšimų kintama norma azotinėmis trąšomis vidurkiai ir maksimalios – minimalios vertės

Table 1. Averages and maximum and minimum values of variable rate nitrogen fertilization

Tręšimo nr. Fertilization no.	Min, kg·N·ha ⁻¹ Min, kg·N·ha ⁻¹	Maks, kg·N·ha ⁻¹ Max, kg·N·ha ⁻¹	Vidurkis, kg·N·ha ⁻¹ Average, kg·N·ha ⁻¹
1	35	64	48
2	25	50	33
3	25	65	48
4	20	80	47
Suma Sum	105	259	176

Lauke rudenį atliekant augalų stiebų skaičiavimus nustatytas krūmijimosi koeficientas kontrolės ir kintamos tręšimo normos variantuose. Krūmijimosi koeficiento vidurkis kontrolės variante buvo 2,37, o precizinio tręšimo variante 2,50. Taikant precizinį tręšimą gautas 5,5 % didesnis krūmijimosi koeficientas. Krūmijimosi koeficiento kitimo skirtinguose lauko valdymo zonose rezultatai pateikti 3 paveiksle.

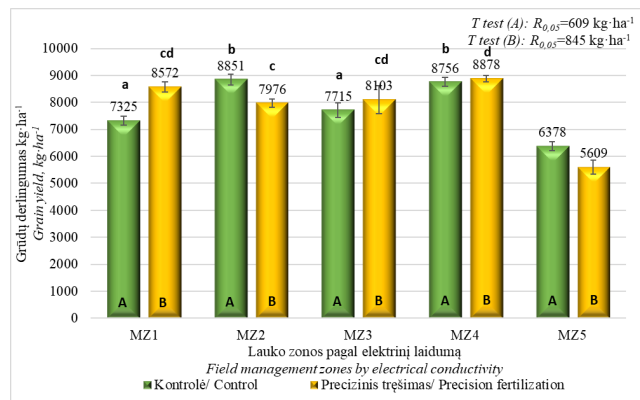


3 pav. Krūmijimosi koeficientas skirtinguose lauko valdymo zonose
Fig. 3. Tillering coefficient in different field management zones

Kontroliniame variante esminis krūmijimosi skirtumas buvo tarp ketvirtos ir penktos zonos, kuomet 4 zonoje koeficientas buvo 0,35 karto mažesnis, lyginant su 5 zona. Tarp kitų zonų esminių skirtumų nebuvo nustatyta.

Pritaikius precizinį tręšimą, esminis skirtumas taip pat buvo tarp tų pačių MZ4 ir MZ5.

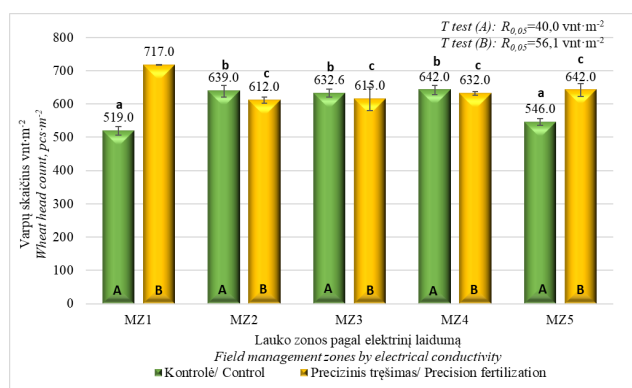
Žieminių kviečių derlius apskaičiuotas remiantis laboratorijoje atliktais tyrimais. Pirmiausia įvertintas kviečių derlingumo skirtumas tarp kontrolinio ir precizinio tręšimo variantų. Kontroliniame variante vidutinis derlingumas buvo $7782 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, o precizinio tręšimo – $7885 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Taikant precizinį tręšimą buvo gautas 1,32% didesnis derlius. Derlingumo pasiskirstymas tarp variantų ir zonų pateiktas 4 paveiksle.



4 pav. Žieminių kviečių derlingumas skirtingose lauko valdymo zonos
Fig. 4. Winter wheat yield in different field management zones

Didžiausias kviečių derlingumas ($8876 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) buvo užfiksuotas MZ4 zonoje, kur dirvožemio elektrinis laidumas buvo $24,2 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$. Mažiausias derlingumas buvo nustatytas MZ5 zonoje, kurioje vyraavo lengvas molingio priesmėlio dirvožemis. Ši zona tiek kontroliniame variante, tiek ir precizinio tręšimo variante turėjo esminius skirtumus lyginant su kitomis zonomis. Išsiskyrė ir MZ2 zona, kadangi joje netaikant precizinio tręšimo buvo gautas $875 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ didesnis derlius. Tam įtakos galėjo turėti tręšimas kintama norma, kadangi toje zonoje buvo pakankamas azoto kiekis augaluose ir kintamo tręšimo variante buvo pritaikyta minimali azotinių trąšų tręšimo norma. Taikant precizinį tręšimą tarp MZ1, MZ3 ir MZ4 statistiškai esminių skirtumų nebuvo nustatyta. Tai lėmė precizinio tręšimo technologija, kadangi pritaikius skirtingas azotinių trąšų normas buvo padidintas pirmos zonos produktyvumas ir suvienodintas lauko derlingumas.

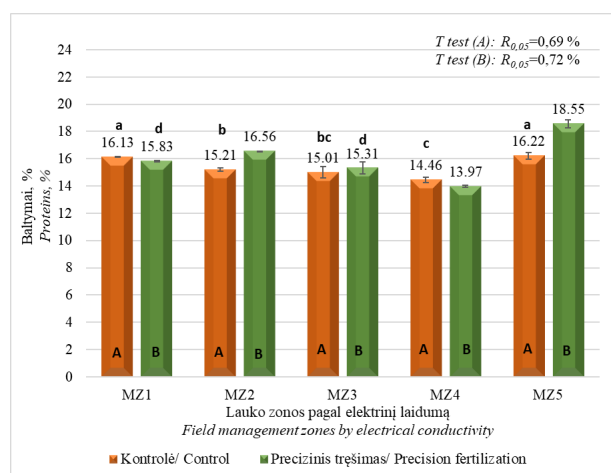
Atliekant paimtų mėginių analizę ir suskaičiavus varpų skaičių mėginiuose, nustatyta, kad taikant precizinį tręšimą buvo gauta 35 varpomis daugiau negu kontroliniame variante. Varpų skaičiaus pasiskirstymas skirtingose zonose pateiktas 5 paveiksle.



5 pav. Varpų skaičius skirtingose lauko valdymo zonos
Fig. 5. Wheat head count in different field management zones

Esminis skirtumas buvo matomas precizinio tręšimo varianto MZ1 zonoje, kurioje buvo rasta 198 varpomis daugiau nei kontroliniame variante. Kontroliniame variante, MZ5 zonoje, varpų skaičius statistiškai taip pat buvo panašus kaip ir MZ1 zonoje. Penktos zonos rezultatus galėjo lemti smėlingas dirvožemis ir drėgmės stygius. Šioje zonoje pastovia tręšimo norma buvo iš viso patręšta $190 \text{ kg} \cdot \text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$ azoto, kai tuo tarpu taikant precizinį tręšimą toje zonoje buvo patręšta apie $250 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ gryno azoto.

Nuėmus žieminių kviečių derlių ir atlikus grūdų kokybės rodiklių analizę buvo nustatytas kiekvieno mėginio grūdų baltymingumas. Lyginant kontrolinio ir precizinio tręšimo variantus nustatyta, kad kontroliniame variante užauginti kviečiai turėjo 0,12% daugiau baltymų nei kviečiai, užauginti pagal precizinio tręšimo technologiją. Kviečių baltymų kitimas priklausomai nuo lauko dirvožemio zonų pateiktas 6 paveiksle.



6 pav. Žieminių kviečių baltymingumas skirtingose MZ
Fig. 6. Protein percentage of winter wheat in different MZ

Kontroliniame variante, nepaisant dirvožemio savybių skirtumo, tarp MZ1 ir MZ5 esminio baltymingumo skirtumo nebuvo. Taikant precizinę technologiją tarp MZ1 ir MZ5 esminis skirtumas yra. MZ5 kuriame buvo didžiausias baltymingumas (18,55%) su visomis MZ zonomis turėjo esminį skirtumą. Nors didesnė azotinių trąšų norma ir nedavė didesnio derliaus, tačiau MZ5 zonoje baltymingumas buvo 2,33% didesnis negu kontroliniame variante.

Skirtingų tręšimo technologijų pajamų vertinimo rodikliai, kuomet įvertinamos tik su tręšimu susijusios sąnaudos, pateikti 2 lentelė.

2 lentelė. Pajamos už žieminius kviečius įvertinus tik išlaidas trąšoms
Table 2. Income from winter wheat, estimating only the cost of fertilizer

Pakartojimai Repetitions	Pajamos, kontrolė Income, control, (Eur·ha ⁻¹)	Pajamos, tręšimas kintama norma Income, variable rate fertilization (Eur·ha ⁻¹)	Pajamų skirtumas, %. Income difference, %.
1	1446,68	1580,03	9,2
2	1365,87	1336,23	-2,2
3	1739,26	1596,54	-8,2
4	1727,05	1813,33	5,0
Vidurkis Average	1569,72	1581,53	100,8

Šis vertinimas parodė, kad precizinės tręšimo technologijos taikymas lauke, kuriame pakankamai skirtingos dirvožemio savybės, pajamas už žieminius kviečius padidino 0,8% arba apie 11.81 Eur·ha⁻¹, lyginant su kontrole.

Išvados

1. Precizinis tręšimas kalio ir fosforo trąšomis atliekamas pagal dirvožemio mėginių savybes ir parengtus skaitmeninius žemėlapius, o precizinis tręšimas azotinėmis trąšomis atliekamas realiu laiku, mobiliais skeneriais nustatius azoto kiekį augaluose.

2. Tręšiant azotinėmis trąšomis kintama norma, kuomet azoto kiekis augaluose buvo nustatytas mobiliu azoto skaneri „Yara N-Sensor“, buvo sutaupyta 14 kg·N·ha⁻¹ lyginant su kontroliniu variantu.

3. Taikant precizinio tręšimo technologinį procesą buvo nustatytas 5,5% didesnis žieminių kviečių krūmijimosi koeficientas negu taikant tradicinį tręšimą pastovia norma.

4. Taikant precizinį tręšimą gautas 103 kg·ha⁻¹ arba 1,32% didesnis derlius negu kontroliniame variante.

5. Pritaikius precizinio tręšimo technologiją gautos vidutiniškai 11,82 Eur·ha⁻¹ didesnės pajamos nei tręšiant lauką pastovia norma.

Literatūra

- Adamchuk, V. I., Hummel, J. W., Morgan, M. T., & Upadhyaya, S. K. (2004). On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and electronics in agriculture*, 44(1), 71-91.
- Diacono, M., Rubino, P., & Montemurro, F. (2013). Precision nitrogen management of wheat. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1), 219-241.
- Guo, L., Linderman, M., Shi, T., Chen, Y., Duan, L., & Zhang, H. (2018). Exploring the sensitivity of sampling density in digital mapping of soil organic carbon and its application in soil sampling. *Remote Sensing*, 10(6), 888.
- Nowatzki, J., Andres, R., & Kylo, K. (2004). *Agricultural remote sensing basics*.
- Robertson, M., Carberry, P., & Brennan, L. (2007). The economic benefits of precision agriculture: case studies from Australian grain farms. *Crop Pasture Sci*, 60, 2012.
- Steponavičius, D. (2020). Tikslioji žemdirbystė yra ūkininkavimo ateitis. Lietuvos mokslų akademija [elektroninis išteklius] Vilnius: Lietuvos mokslų akademija, 2020, birželio 9.
- Steponavičius, D. (2020). Tikslioji žemdirbystė yra ūkininkavimo ateitis. Lietuvos mokslų akademija [elektroninis išteklius] Vilnius: Lietuvos mokslų akademija, 2020, birželio 9.

Tadas Žiogas, Marius Kazlauskas, Dainius Steponavičius, Kęstutis Romanekas, Dovydas Vaicekauskas, Egidijus Šarauskis

Influence of NIR Spectrometry-Based Precision Fertilization Technological Processes on Winter Wheat Yield Indicators

Summary

Rising prices for mineral fertilizers and higher environmental requirements encourage the use of precision technologies based on NIR (Near infrared) spectrometric methods. These technologies save resources and reduces the cost of harvesting. The aim of this work was to perform an analysis of precision fertilization technologies and to investigate the influence of precision fertilization technological processes on winter wheat yield and economic indicators. Experimental research was made in 2020 – 2021 and two cases where compared: control – fertilization at the same rate; precision fertilization – variable rate fertilization. After determination the variability of soil electrical conductivity, the field was divided into five management zones. The results of the research showed that the application of precision fertilization had bigger yield, on average 103 kg·ha⁻¹ or approximately 1,3 % higher yield than control. The application of precision fertilization technology resulted in an average income of 11.81 Eur·ha⁻¹ higher than the application of the field at a constant rate.

Precision fertilization, variable rate, winter wheat, NIR spectrometry.

Gauta 2022 m. balandžio mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Tadas ŽIOGAS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 69195337, el.paštas: tadas.ziogas@vdu.lt.

Tadas ŽIOGAS Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +370 69195337, e-mail: tadas.ziogas@vdu.lt

Marius KAZLAUSKAS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros doktorantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 61240119, el.paštas: marius.kazlauskas@vdu.lt.

Marius KAZLAUSKAS Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, doctoral student. Address: Studentų 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +370 61240119, e-mail: marius.kazlauskas@vdu.lt

Dainius STEPONAVIČIUS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 867427721, el. paštas: dainius.steponavicius@vdu.lt

Dainius STEPONAVIČIUS Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Professor. Address: Studentų 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas distr. Tel. +370 67427721, e-mail: dainius.steponavicius@vdu.lt

Kęstutis ROMANECKAS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37752357, el. paštas: kestutis.romaneckas@vdu.lt.

Kęstutis ROMANECKAS Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences. Professor. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. Tel. +370 37752357, e-mail: kestutis.romaneckas@vdu.lt

Dovydas VAICEKAUSKAS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 62119341, el. paštas: dovydas.vaicekauskas@vdu.lt.

Dovydas VAICEKAUSKAS Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +370 62119341, e-mail: dovydas.vaicekauskas@vdu.lt

Egidijus ŠARAUSKIS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 752357, el. paštas: egidijus.sarauskis@vdu.lt.

Egidijus ŠARAUSKIS Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Professor. Address: Studentų 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas distr. Tel. +370 37 752357, e-mail: egidijus.sarauskis@vdu.lt

Smart Solutions for Selective Harvesting of Cereals Based on Mycotoxin Content

Inga Sodaitytė¹, Egidijus Šarauskis¹, Zita Kriaučiūnienė¹, Marius Kazlauskas¹, Manuel Pérez Ruiz², Enrique Apolo-Apolo², Xanthoula Eirini Pantazi³, Manuela Díaz⁴, Assem Abu Hatab⁵, Enoch Owusu-Sekyere^{5,6}, Jacob Carballido⁴, Rebecca L. Whetton^{7,8}, Mhd Baraa Almoujahed⁸, Aravind Krishnaswamy Rangarajan⁸, Dimitrios Moshou³, Abdul M. Mouazen⁸

¹Vytautas Magnus University, ²University of Seville, ³Aristotle University of Thessaloniki, ⁴Soluciones Agrícolas de Precisión S.L., ⁵Swedish University of Agricultural Sciences, ⁶University of Pretoria, ⁷College Dublin, ⁸Ghent University

Fusarium head blight (FHB) is a fungal disease that affects a variety of cereals. FHB is most commonly caused by the fungal pathogen *Fusarium graminearum*. FHB infected crops can develop a wide variety of mycotoxins, which are very dangerous to humans and animals. FHB is currently being controlled by chemical fungicides, which are very dangerous for the environment and are only effective under certain conditions. Resistant varieties and well-chosen agricultural technologies can help reduce the prevalence of FHB in plants. However, at present there are no fully resistant varieties. The article analyses the possible ways to identify FHB infected areas in winter wheat and barley crops and how this data can be used to map field infestation. For the detection of FHB is used field scanning and analysis of the multispectral or hyperspectral data results on field contamination. According exact field locations affected by FHB, harvesting trajectories can be designed to distinguish between completely uninfected, minimally infected, and heavily infected plants. According to this, the harvest can later be sorted into top quality, medium and low quality.

Fusarium, FHB, wheat, barley, yield, plant disease

Introduction

Due to the widespread incidence of *Fusarium* head blight (FHB) in plants, yield losses in various parts of the world are as high as 70% in some extreme cases. Fusariosis is becoming a major wheat disease in North America, leading to a significant decline in productivity (Cuperlovic-Culf et al., 2016). However, the highest risk is caused by mycotoxins produced by FHB, which has negative influence on food safety. Mycotoxins reduce seed germination and cause disease symptoms if it is used for animal feed (Geißinger et al., 2021). *Fusarium* disease affects crops around the world, including Northern Europe, North and South America, Canada, Australia, and Asia. However, the prevalence of FHB-induced diseases is not uniform. In Australia, for example, conditions are not conducive to the spread of fusariosis due to the country's high temperatures and high humidity.

In 2018–2019 barley was grown in the world in area of 49.5 million ha, and the yield was 140.6 million tons. However, the high incidence of FHB can lead to significant economic losses (Geißinger et al., 2021). The economic impact of FHB was evaluated by Wilson et al. (2017), who developed models to reduce wheat production losses due to FHB. The results showed that in 2015–2016 total FHB losses worldwide amounted to approximately 1.47 million dollars. The most noticeable effect of FHB was a decrease in grain kernel weight that reduced total yield (Bellesi et al., 2019; Wilson et al., 2017).

Therefore, there is a great need in the world for new, more resistant varieties of wheat and barley, as well as new, less toxic fungicides. To achieve these goals, it is also important to develop methods for the rapid and inexpensive detection of reduced resistance of wheat and early detection of infection in crops to allow targeted plant protection planning (Cuperlovic-Culf et al., 2016).

Wheat and barley are sorted into completely uninfected, minimally infected and highly contaminated grains according to their quality. Completely uninfected or under

legal limits grains are used in the food industry. In recent years, the food industry has focused on developing new products to attract customers (Yuksel and Kayacier, 2016). The use of minimally infected barley in animal feed is increasing every year. After the barley is harvested, soft straw remains, which is also used as cattle litter and as fodder. However, only slightly contaminated cereals could be used in feed. Grains can be contaminated with mycotoxins, which are low molecular weight secondary fungal metabolism products produced mainly by *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium* species. They may cause effects in humans and animals when ingested or inhaled. High exposure to mycotoxins through contaminated feed is one of the main risk factors for ruminant health. Trichothecenes produced by *Fusarium* species alter the immune activity of cattle. This toxin is a potent inhibitor of eukaryotic protein biosynthesis, causing vomiting, diarrhea, anemia, and starvation of cattle (Palacio et al., 2016).

Highly contaminated cereal grains, such as winter wheat, are used to produce biofuels. Biofuels are important because they replace petroleum fuels. The use of biofuels benefits the environment, the economy and consumers. In addition to energy benefits, the development of biofuels stimulates the economies of the regions in which bioenergy crops are grown. The EU ranks third in the world for biofuel production, only behind Brazil and the USA (Balat, 2010).

The aim of this work was to analyse the methods of detecting fusariosis in the crop, the damage to the crop yield and the ways to improve the quality of the yield.

Methods for detection of fusariosis in crops

Practice of physically walking the field by an expert, to identify FHB spreading in the crop is time consuming, requires specialist, therefore novel techniques are being developed. In this article three methods for the detection of fusariosis are reviewed. Whetton et al. (2018) conducted a study using a spectrographic sensor to measure wheat and

barley diseases spread in the field and to construct a field map based on the severity in the specific sites of the field. Optical technologies to identify crop infestation can be integrated into agricultural vehicles, thus facilitating the identification of problematic areas in the field. This could be done by attaching the sensors and all the necessary equipment to a metal frame attached to the tractor.

After scanning the field, photographs are made in which the images of the crop are covered with a 100-point grid at equal distances. At the center of each point, a crop health condition was recorded, which was used to calculate the percentage of infestation or the overall incidence of disease in the field (Whetton et al. 2018).

Drones have recently become particularly popular in precision agriculture due to their versatility. Images of low-flying unmanned aerial vehicles are, in many cases, accurate enough to inspect individual plants, which cannot be done with satellites (Tenhunen et al., 2019). The drones are divided into two categories: drones with fixed wings and drones with rotating wings (Ayamga et al., 2021). Drones are commonly used to obtain images and sensor data from fields that cannot be reached quickly or easily by foot or by vehicles (Ayamga et al., 2021). In drones, the navigation and air traffic control system is constantly being developed and improved, and the images with extremely high spatial resolution provide excellent opportunities for data solutions to monitor the crop development process (Panday et al., 2020).

More and more satellite data are available to monitor crop condition during the season. For example, satellite imagery from Sentinel-2 satellites is provided by the European Space Agency (ESA) (Huuskonen and Oksanen, 2018). However, low-resolution images obtained from satellites allow to estimate only the average crop color over an area of a few square meters (Rasti et al., 2021).

Qiu et al., (2019) focused on developing a method for colored image processing of wheat ears to accurately detect FHB infected sites using image processing techniques to develop a reliable and cost-effective system for determining the features of wheat in the field. Based on the results of the detection of damaged ears, a new feature with colors was applied to obtain an image of each ear to help detect diseased parts of it (Qiu et al., 2019).

FHB pathogens infect inflorescences of wheat ears. They destroy the tissue, altering the amount of chlorophyll and water as well as the structure of the grain. Thus, the optical properties of infected inflorescences are different from those of healthy ones. Changes in inflorescences are detected by methods such as hyperspectral and color imaging (Qiu et al., 2019). The wheat detection platform has been improved manually to capture images of wheat. A camera with a large field of view was installed on the platform, so the entire wheat field was captured in each image. In addition, a shelter was designed to provide uniform illumination of the object (Qiu et al., 2019).

Fusariosis causes damage to crop quality

Fusariosis has been shown to be a devastating disease with major economic implications for wheat and barley production. Although the disease is prevalent in most grain-growing regions of the world, it has been found to be very

difficult to control. Yields may decline during an infestation, but the greatest effects of FHB are due to reduced grain quality and the presence of mycotoxins. Even whilst low levels of mycotoxins in grain are not suitable for human or animal consumption (Fernando et al., 2021), there is mycotoxin contamination in human food and animal feed, because there are legal maximum limits allowed. Nevertheless, it may cause negative health implications in humans and animals.

Wheat FHB is one of the most important wheat diseases causing quantitative and qualitative losses. Symptoms of FHB infections are usually primary bleaching of the entire ear or several seeds, and a reddish fungus, and spores on the infected ears. There are also slower grain development and wrinkled, light weight grains (Birr et al., 2020). Infected grains lead to loss of yield and reduced germination of harvested grains. In addition, baking quality is negatively affected by reduced starch content and degradation of different protein fractions (Birr et al., 2020).

Conversely, in barley the infection is not always easily observed in the field. Infected grains may turn brown or visually appear as if the kernels are soaked in water. Infected barley kernels have a brown color similar to that caused by other kernel-destroying organisms (Nakajima, 2010).

Measures to improve crop quality

Mielniczuk and Skwarylo-Bednarz (2020) argue that the use of various methods to limit the development of *Fusarium* disease and mycotoxin contamination of grains before and after harvest is an important element of sustainable agriculture and safe food production. In agriculture, various strategies to improve yields are currently being used to reduce the spread of fusariosis, using chemical and non-chemical, agronomic, physical and biological methods, which includes use of appropriate fungicides, biological preparations, soil management and crop rotations.

Biological methods occupy a special place in the field of plant protection as an element of biocontrol of fungal pathogens, inhibiting their development and reducing the amount of mycotoxins in cereals. Good agricultural practice is the most effective way to control the contamination of cereals with *Fusarium* toxins. However, fluctuations in weather conditions can significantly reduce the effectiveness of plant protection methods against fusariosis and mycotoxin accumulation in grains (Mielniczuk and Skwarylo-Bednarz, 2020). Fusariosis fungi infect cereal ears at different periods, but the most sensitive cereals to the infection with these fungi are during the flowering period and immediately after flowering, especially in warm and humid weather. Symptoms of the disease on the infected ear are seen during the milky ripening of cereals or at the beginning of waxy ripening (Mielniczuk and Skwarylo-Bednarz, 2020).

Wheat must be harvested as soon as possible to reduce the growth and spread of the fungus in favorable weather conditions. One way to reduce the amount of contaminated grain during harvesting is to use in the combine different harvesting configurations with different fan speeds and valve openings to change the speed and volume of air supplied through the system. The fan mechanically blows

out the grains damaged by fusariosis at harvest because they are lighter in weight. Removal of FHB-damaged grains reduces the yield of harvested grains, but improves storage conditions and grain quality which helps to recoup economic losses (Cheli et al., 2017; Wegulo et al., 2015).

Due to the spatial heterogeneity in the field caused by the unevenness of the topography and the microclimate, some parts of the field may be more strongly affected by FHB than others. These areas should be harvested separately and the harvested grain kept away from the rest of the non-contaminated grain. This would improve the overall quality and reduce mycotoxin contamination of the sellable grain. To prevent the development of fungi in the storage, grains should be harvested and stored at a moisture content of 13.5% or less (Wegulo et al., 2015). Harvesting early can reduce spread an intensity of FHB, but in this case very important role has artificial grain drying.

The combine harvesting process is the main commonly used method of harvesting cereals. At harvest, all threshed grains, regardless of their quality, are placed in a single grain hopper. However, the quality of the crop in the field varies, which may be affected by soil fertility, moisture or nutrients in the soil and spread of pests. Czechowski and Wojciechowski (2013) conducted a study during which modified 'Claas Lexion 480' combine. In it grain hopper was divided into two parts and installed a grain quality device, a spectrometer and valves to control the grain flow according to the grain quality. In order to prevent the separated grain fractions from mixing again, a partition wall was installed in the grain tank, forming two independent grain tank chambers. In addition, independent unloading of both chambers was constructed. In this way, the harvesters can harvest consistently and the quality-evaluating equipment divides the grain into separate hoppers. The researchers performed a grain scan and protein determination before distributing the grain to individual hoppers. Such a selective harvesting method could possibly be applied to reduce amount of grains contaminated by mycotoxins by identifying grains damaged by *Fusarium*.

Conclusions

1. Several methods are known for detecting *Fusarium* in the field, i.e., using spectral sensors that can be mounted in a special frame or using a detection platform that incorporates sensors that scan infected areas of the field. Drones can also be used to identify contamination in fields that are not easily accessible by foot or by vehicles and satellites.

2. Wheat grains infected with *Fusarium* may be wrinkled, small, pink, reddish-orange or dark brown. Damaged grain kernels are not suitable for milling, baking or malting. Decreases the harvest and also the quality. The quality parameters of cereals contaminated with toxins deteriorate, and additional problems arise for processors and exporters.

3. Various yield improvement strategies are used to reduce the risk of fusariosis: applied chemical, non-chemical, agronomic, physical and biological methods. Also, during harvesting, the harvesters can use different fan speeds in the hopper, which change the air speed thus blowing out the grain damaged by the fusariosis. Also, one

of the researchers' recommendations for harvesting is to harvest parts of the field that are damaged by *Fusarium* separately from uninfected areas of the field.

Acknowledgement

Authors acknowledge the funding received for POSHMyCo Project (Grant No. 862665) under the ERA-NET, ICT-AGRI-FOOD 2019 Joint Call for proposal.

Literatūra

1. Ayamga, M., Tekinerdogan, B., Kassahun, A. (2021). Exploring the Challenges Posed by Regulations for the Use of Drones in Agriculture in the African Context. *Land*, 10(2), 164. Available online: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/2/164/html>
2. Balat, M. (2010). An Overview of Biofuels and Policies in the European Union. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2(2), 167–181. Available online: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15567240500402701>
3. Bellesi, F. J., Arata, A. F., Martinez, M., Arrigoni, A. C., Stenglein, S. A., Dinolfo, M. I. (2019). Degradation of gluten proteins by *Fusarium* species and their impact on the grain quality of bread wheat. *Journal of Stored Products Research*, 83, 1–8. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.05.007>
4. Birr, T., Hasler, M., Verreet, J., Klink, H. (2020). Composition and Predominance of *Fusarium* Species Causing *Fusarium* Head Blight in Winter Wheat Grain Depending on Cultivar Susceptibility and Meteorological Factors. *Microorganisms*, 8(4), 617. Available online: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/4/617/html>
5. Cheli, F., Pinotti, L., Novacco, M., Ottoboni, M., Tretola, M., Dell'Orto, V. (2017). Mycotoxins in Wheat and Mitigation Measures. *Wheat Improvement, Management and Utilization*. 227–251. Available online: <http://dx.doi.org/10.5772/67240>
6. Cuperlovic-Culf, M., Wang, L., Forseille, L., Boyle, K., Merkley, N., Burton, I., Fobert, P. R. (2016). Metabolic biomarker panels of response to fusarium head blight infection in different wheat varieties. *Plos One*, 11(4), e0153642. Available online: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153642>
7. Fernando, D., Oghenekaro, A. O., Tucker, J., Badea, A. (2021). Building on a foundation: advances in epidemiology, resistance breeding, and forecasting research for reducing the impact of fusarium head blight in wheat and barley. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 43(4), 495–526. Available online: <https://doi.org/10.1080/07060661.2020.1861102>
8. Geißinger, C., Gastl, M., Becker, T. (2021). Enzymes from Cereal and *Fusarium* Metabolism Involved in the Malting Process – A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 81(1), 1–16. Available online: <https://doi.org/10.1080/03610470.2021.1911272>
9. Huuskonen, J and Oksanen, T. (2018). Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 154, 25–35. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.039>
10. Yuksel, F., Kayacier, A. (2016). Utilization of stale bread in fried wheat chips: Response surface methodology study for the characterization of textural, morphologic, sensory, some physicochemical and chemical properties of wheat chips. *LWT – Food Science and Technology*, 67, 89–98. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.029>
11. Mielniczuk, E., Skwaryło-Bednarz, B. (2020). *Fusarium* Head Blight, Mycotoxins and Strategies for Their Reduction. *Agronomy*, 10, 509. Available online: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040509>
12. Nakajima, T. (2010). Fungicides Application against *Fusarium* Head Blight in Wheat and Barley for Ensuring Food Safety. *Fungicides*, 139–156. Available online: <https://hal.inrae.fr/hal-02817815/document#page=150>
13. Palacio, A., Bettucci, L., Pan, D. (2016). *Fusarium* and *Aspergillus* mycotoxins contaminating wheat silage for dairy cattle feeding in Uruguay. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47 (4), 1000–1005. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.06.004>
14. Panday, U. S., Pratihast, A. K., Aryal, J., Kayastha, R. B. (2020). A Review on Drone-Based Data Solutions for Cereal Crops. *Drones*, 4(3), 41. Available online: <https://doi.org/10.3390/drones4030041>

15. Qiu, R., Yang, C., Moghimi, A., Zhang, M., Steffenson, B. J., Hirsch, C. D. (2019). Detection of Fusarium Head Blight in Wheat Using a Deep Neural Network and Color Imaging. Remote Sensing, 11(22), 2658. Available online: <https://doi.org/10.3390/rs11222658>
16. Tenhunen, H., Pahikkala, T., Nevalainen, O., Teuhola, J., Mattila, H., Tyystjärvi, E. (2019). Automatic detection of cereal rows by means of pattern recognition techniques. Computers and Electronics in Agriculture, 162, 677–688. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.05.002>
17. Wegulo, S. N., Baenziger, P. S., Nopsa, J. H., Bockus, W. W., Hallen-Adams, H. (2015). Management of Fusarium head blight of wheat and barley. Crop Protection, 73, 100–107. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.02.025>
18. Whetton, R. L., Waine, T. W., Mouazen, A. M. (2018). Hyperspectral measurements of yellow rust and fusarium head blight in cereal crops: Part 2: On-line field measurement. Biosystems Engineering, 167, 144–15. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.01.004>
19. Wilson, W. W., McKee, G., Njanje, W., Dahl, B., Bangsund, D. (2017). Economic Impact of USWBSI's Scab Initiative to Reduce FHB. Agribusiness & Applied Economics, 774, 173. Available online: <https://ageconsearch.umn.edu/record/264672>
20. Czechowski, M., Wojciechowski, T. (2013). System mechatroniczny do selektywnego zbioru ziarna zbóż. Zeszyty naukowe instytutu pojazdów, 4(95), 41–50. Available online: [http://www.zeszyty.simr.pw.edu.pl/artykuly/zn4\(95\)2013/041-050.pdf](http://www.zeszyty.simr.pw.edu.pl/artykuly/zn4(95)2013/041-050.pdf)

Inga Sodaitytė, Egidijus Šarauskis, Zita Kriaučiūnienė, Marius Kazlauskas, Manuel Pérez Ruiz, Enrique Apolo-Apolo, Xanthoula Eirini Pantazi, Manuela Díaz, Assem Abu Hatab, Enoch Owusu-Sekyere, Jacob Carballido, Rebecca L. Whetton, Mhd Baraa Almoujahed, Aravind Krishnaswamy Rangarajan, Dimitrios Moshou, Abdul M. Mouazen

Sumanūs sprendimai selektyviam javų derliaus nuėmimui pagal mikotoksinų kiekį

Santrauka

Fuzariozė (FHB – Fusarium head blight) yra grybelinė liga, pažeidžianti įvairius grūdinius augalus. FHB dažniausiai sukelia grybelinis patogenas *Fusarium graminearum*. Dėl FHB užkrėstame pasėlyje gali išsivystyti daug įvairių mikotoksinų, kurie yra labai pavojingi žmonėms ir gyvūnams. Šiuo metu su FHB yra kovojama aplinkai labai pavojingais cheminiais fungicidais, kurie yra veiksmingi tik naudojant tam tikromis sąlygomis. Atsparaus veislės ir tinkamai parinkti žemės ūkio technologiniai procesai gali padėti sumažinti FHB paplitimą augaluose. Tačiau šiuo metu nei viena veislė nėra visiškai atspari. Straipsnyje analizuojama, kokie galimi būdai nustatyti fuzariozės užkrėstas vietas žieminių kviečių ir miežių pasėlyje ir kaip pagal šiuos duomenis galima sudaryti lauko užkrėstumo žemėlapius. FHB nustatymui dažniausia naudojami metodai yra lauko skenavimas ir gautų daugiaspektrinių arba hiperspektrinių lauko užkrėstumo duomenų analizavimas. Žinant tiksliai FHB paveiktas lauko vietas galima projektuoti derliaus nuėmimo trajektorijas, kad būtų atskiriami visai neužkrėsti, minimaliai užkrėsti ir stipriai užkrėsti augalai. Pagal tai vėliau galima derlių suskirstyti į aukščiausios, vidutinės ir žemos kokybės.

Fuzariozė, FHB, kviečiai, miežiai, derliaus nuėmimas, augalų liga

Gauta 2022 m. balandžio mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Inga SODAITYTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: inga.sodaityte@stud.vdu.lt

Inga SODAITYTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentu 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail: inga.sodaityte@stud.vdu.lt

Egidijus ŠARAUSKIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: egidijus.sarauskis@vdu.lt

Egidijus ŠARAUSKIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentu 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail: egidijus.sarauskis@vdu.lt

Zita KRIAUČIŪNIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: zita.kriauciuniene@vdu.lt

Zita KRIAUČIŪNIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, Assoc. Professor. Address: Studentu 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail: zita.kriauciuniene@vdu.lt

Marius KAZLAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros doktorantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: marius.kazlauskas@vdu.lt

Marius KAZLAUSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, PhD student. Address: Studentu 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail: marius.kazlauskas@vdu.lt

Manuel PÉREZ-RUIZ. University of Seville, Department of Aerospace Engineering and Fluid Mechanics, Agroforestry Area. Professor. Address: Ctra. Sevilla-Utrera km 1, 41013, Seville (Spain), e-mail: manuelperez@us.es

Enrique APOLO-APOLO. University of Seville, Department of Aerospace Engineering and Fluid Mechanics, Agroforestry Area. Professor. Address: Ctra. Sevilla-Utrera km 1, 41013, Seville (Spain), e-mail: epolo@us.es

Xanthoula Eirini PANTAZI. Aristotle University of Thessaloniki, School of Agriculture, Laboratory of Agricultural Engineering, Professor. Address: Thessaloniki 54124, Greece, e-mail: xpantazi@agro.auth.gr

Manuela DIAZ. Soluciones Agrícolas de Precisión S.L. (Agrosap) Project Manager. Address: 41927 Mairena del Aljarafe, Spain, e-mail: mdiaz@agrosap.es

Jacob CARBALLIDO. Soluciones Agrícolas de Precisión S.L. (Agrosap) Project Manager. Address: 41927 Mairena del Aljarafe, Spain, e-mail: jacob@agrosap.es

Assem ABU HATAB. Nordic Africa Institute, Swedish Foreign Ministry, Department of Economics, Swedish University of Agricultural Sciences, Associate Professor. Address: Box 7013, 750 07 Uppsala, Sweden, e-mail: assem.abouhatab@slu.se

Enoch OWUSU-SEKYERE. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Economics, and University of Pretoria, South Africa, Researcher. Address: Box 7013, 750 07 Uppsala, Sweden, e-mail: enoch.owusu.sekyere@slu.se

Rebecca L. WHETTON^{1,2}. ¹ Ghent University, Department of Environment. Address: Coupure Links 653, 9000 Gent, Belgium. ² University College Dublin, Biosystems Engineering, Post-Doctoral Researcher. Address: Belfield, Dublin, Ireland, e-mail: rebecca.whetton@UGent.be

Mhd Baraa ALMOUJAHED. Ghent University, Department of Environment, PhD Student. Address: Coupure Links 653, 9000 Gent, Belgium, e-mail: mhdbaraa.almoujahed@ugent.be

Aravind Krishnaswamy RANGARAJAN. Ghent University, Department of Environment, Post-Doctoral Researcher. Address: Coupure Links 653, 9000 Gent, Belgium, e-mail: Aravind.KrishnaswamyRangarajan@UGent.be

Dimitrios MOSHOU. Aristotle University of Thessaloniki, School of Agriculture, Laboratory of Agricultural Engineering, Professor. Address: Thessaloniki 54124, Greece. e-mail: dmoshou@agro.auth.gr

Abdul M. MOUAZEN. Ghent University, Department of Environment, Professor. Address: Coupure Links 653, 9000 Gent, Belgium, e-mail: abdul.mouazen@UGent.be

Precizinės ir tradicinės sėjos technologinių procesų įtaka žieminių kviečių derlingumo ir ekonominiams rodikliams

Dovydas Vaicekaskas, Marius Kazlauskas, Dainius Steponavičius, Kęstutis Romanekas, Vilma Naujokienė, Indrė Bručienė, Tadas Žiogas, Egidijus Šarauskis

Vytauto Didžiojo universitetas

Keičiantis supratimui apie žemės ūkio technologijas ir Europos Sąjungoje siekiant įgyvendinti Žaliojo kurso nuostatas, ūkininkai vis stipriau persiorientuoja į tikslias žemdirbystės technologijas. Viena iš šių technologijų yra precizinė sėja, kuri atliekama pagal dirvožemio elektrinį laidumą, susietą su granulimetrine dirvožemio sudėtimi. Iki šiol daugiausia tyrimų yra atlikta taikant precizinę sėjos technologiją sėjant kukurūzus, o šios technologijos pritaikymas sėjant žieminius kviečius yra dar mažai ištirtas. Lietuvoje žieminiai kviečiai – dominuojantis augalas, todėl precizinės sėjos pritaikymas leistų padidinti javų auginimo efektyvumą. Šio tyrimo tikslas ištirti precizinės sėjos technologijos panaudojimą žieminių kviečių sėjai ir palyginti su tradicine žieminių kviečių sėjos technologija. Atlikus tyrimą pagal dirvožemio elektrinį laidumą buvo parinktos penkios skirtingos žieminių kviečių („Skagen“) sėjos normos: 146; 153; 180; 197; 214 kg·ha⁻¹. Sėja tiesioginės sėjos sėjama „Horsch Avatar 6.16 SD“, kuri turi galimybę sėti pagal sėjos žemėlapi. Nuėmus derlių nustatyta, kad taikant precizinę žieminių kviečių sėjos technologiją buvo pasiektas 3,27 % didesnis žieminių kviečių derlius, lyginant su tradicine sėja vienoda norma. Precizinė žieminių kviečių sėjos technologija buvo vidutiniškai 3,95% pelningesnė nei tradicinė sėjos technologija.

Precizinė sėja, kintama sėjos norma, žieminiai kviečiai, dirvožemio valdymo zonos, elektrinis laidumas

Įvadas

Siekiant optimizuoti sėklų sąnaudas ir prisitaikyti prie lauko kintamumo, dirvožemio tipo, dirvožemio struktūros skirtumų ir pan. bei išlaikyti augalininkystės pelningumą, šiuolaikiniame žemės ūkyje jau pradedamos diegti precizinės sėjos arba kintamos normos sėjos technologijos.

Sėklų sudygimas, pasėlių vystymasis ir derliaus potencialas įvairiose lauko vietose gali būti skirtingas, todėl precizinė sėja yra būdas, leidžiantis sėklų kiekius susieti su konkrečia vieta, taip siekiant padidinti augalų derlių ir gamybos efektyvumą (Fulton, 2019; Šarauskis ir kt., 2022). Precizinės sėjos normos kintamumas dažniausiai nustatomas remiantis dirvožemio elektrinio laidumo matavimais, kurie glaudžiai susieti su dirvožemio drėgmės pokyčiais ir granulimetrine dirvožemio sudėtimi (Griffin ir kt., 2013).

Lietuvoje daugiausiai auginama žieminių kviečių (Lietuvos statistika, 2022), todėl precizinės sėjos technologijos pritaikymas šiems augalams Lietuvos ūkiuose yra labai aktualus.

Tyrimų tikslas – eksperimentiniais tyrimais ištirti ir nustatyti tradicinės ir precizinės sėjos technologinių procesų įtaką žieminių kviečių derlingumo ir ekonominiams rodikliams.

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti 2020–2021 m. Panevėžio r. Naujamiečio sen. ūkininko ūkyje. Tyrimų lauko koordinatės (55.674734, 24.145607), lauko plotas 22,4 ha.

Prieš atliekant precizinės sėjos technologijos tyrimą, 2020 m. rugpjūčio 11 d. tiriamajame lauke buvo atliktas dirvožemio elektrinio laidumo nustatymas. Dirvožemio elektrinis laidumas buvo nustatytas naudojant „EM38 – MK“ įrenginį, jį traukiant dirvos paviršiumi kas 24 m tarp gretimų važiavimų. Dirvožemio elektrinis laidumas buvo skenuojamas nuo 0 iki 1,5 metro gylio sluoksnyje.

Atlikus dirvožemio elektrinio laidumo matavimus ir nustatčius dirvožemio elektrinio laidumo vertes, visas tiriamasis laukas buvo suskirstytas į 5 skirtingas dirvožemio valdymo zonas (MZ), nuo mažiausio iki didžiausio elektrinio laidumo. Kadangi laidumas gerai siejasi su

dirvožemio granulimetrine sudėtimi, tai sudarant sėjos žemėlapi buvo pasirinkta remtis molio dalelių kiekiu esančiu dirvožemyje, nes molio dalelių kiekis gerai atspindi dirvožemio produktyvumo savybes (Grisso ir kt., 2009). 2020 m. rugsėjo 16 d. buvo atlikta žieminių kviečių sėja dviem variantais, fiksuota sėjos norma (kontrolė) ir kintama sėjos norma pagal sėjos žemėlapi (precizinė sėja), keturiais pakartojimais. Vieno pakartojimo plotis buvo 36 m. Buvo sėjami „Skagen“ veislės žieminiai kviečiai, kurių 1000 grūdų masė 44,8 g, daigumas 95%. Kontrolinėje tradicinės sėjos technologijoje sėjos norma buvo 180 kg ha⁻¹, o precizinėje sėjos technologijoje sėjos norma varijavo nuo 146 iki 214 kg·ha⁻¹. Abejose technologijose buvo naudojama ta pati 6 m darbinio pločio tiesioginės sėjos sėjamoji „Horsch Avatar 6.16SD“ (Vokietija), kurios sėjos noragėliai išdėstyti 16,7 cm tarpueiliais, sėjos gylis 3 cm.

2021 m. liepos 27 d. buvo paimti augalų mėginiai derlingumo rodikliams nustatyti. Mėginiai paimti išpjauant žieminius kviečius peiliu iš 1,0 m ilgio eilutės. Iš viso paimta 60 mėginių, po 5 iš kiekvieno varianto pakartojimo, atsižvelgiant į dirvožemio elektrinio laidumo zonas. Iš surinktų mėginių buvo nustatytas ir apskaičiuotas varpų skaičius kvadratiname metre, grūdų skaičius varpoje, 1000 grūdų masė, teorinis kviečių derlingumas iš vieno hektaro. Derlingumui nustatyti žieminių kviečių mėginiai buvo iškulti laboratoriniu kūlimo įrenginiu „Wintersteiger LD 350“ (Austrija) (1 pav. a) ir pasverti laboratorinėmis svarstyklėmis „Kern KB 3600 – 2N“ (Vokietija).



1 pav. Kūlimo įrenginiai: a – laboratorinis kūlimo įrenginys „Wintersteiger LD 350“; b – savaeigis javų kombainas „Case IH 9230 Axial Flow“

Fig 1. Threshing equipment: a – laboratory thresher “Wintersteiger LD 350”; b – combine harvester “Case IH 9230 Axial Flow”

Eksperimentinio tyrimo duomenis suvesti į „MS Excel“ programą ir apdoroti naudojant vieno faktoriaus „ANOVA“ funkciją. Duomenys apskaičiuoti parenkant mažiausią reikšmingumo skirtumą ($p < 0,05$) naudojant Sjudento T – testą. 3–6 paveiksluose stulpeliai pažymėti tą pačią raidę neturi esminio skirtumo. Brūkšnelių ilgis stulpelių viršuje reiškia vidurkio standartinę paklaidą.

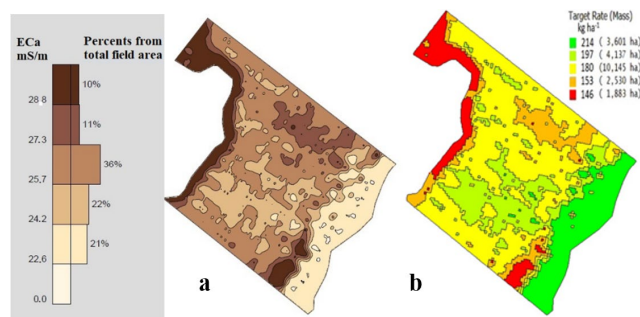
Ekonominis precizinės technologijos vertinimas atliktas nustatant šios technologijos sąlyginį pelno skirtumą, lyginant su kontrolės variantu. Sąlyginis sėjos technologijų pelnas, neįvertinus kitų išlaidų, apskaičiuotas pagal tokią išraišką:

$$\text{Sąlyginis pelnas} = \text{Pajamos} - (\text{sėklos kaina} + \text{tręšimo išlaidos} + \text{augalų apsaugos priemonės})$$

Pajamoms už parduotą derlių apskaičiuoti buvo priimta, kad žieminių kviečių kaina yra 240 Eur·t⁻¹, Tyrimams naudotos žieminių kviečių sėklos kaina buvo 370 Eur·t⁻¹. Tyrimuose tręšos ir augalų apsaugos priemonės buvo naudojamos vienodomis normomis abiejose sėjos variantuose. Išlaidos tręšoms sudarė 233,02 Eur·ha⁻¹, o augalų apsaugos priemonėms – 65 Eur·ha⁻¹. Šiuose skaičiavimuose nebuvo vertinamos technikos degalų sąnaudos, eksploataciniai kaštai, darbo sąnaudos ir pan.

Rezultatai ir aptarimas

Atlikus dirvožemio elektrinio laidumo skenavimą buvo sudarytas dirvožemio elektrinio laidumo žemėlapis ir pagal jį parengtas žieminių kviečių precizinės sėjos kintama sėjos norma žemėlapis (2 pav.)



2 pav. Žemėlapiai:

a – dirvožemio elektrinio laidumo; b – kintamos sėjos normos

Fig 2. Maps: a – soil electrical conductivity; b – variable rate sowing

Dirvožemio elektrinio laidumo žemėlapyje išskirtos 5 skirtingos dirvožemio valdymo zonos (MZ), kurios sėjos žemėlapyje atsispindi 5 skirtingas sėjos normas. 1 lentelėje pateiktos sėjos normos precizinei sėjai pagal dirvožemio elektrinio laidumo kintamumą ir išskirtas dirvožemio MZ.

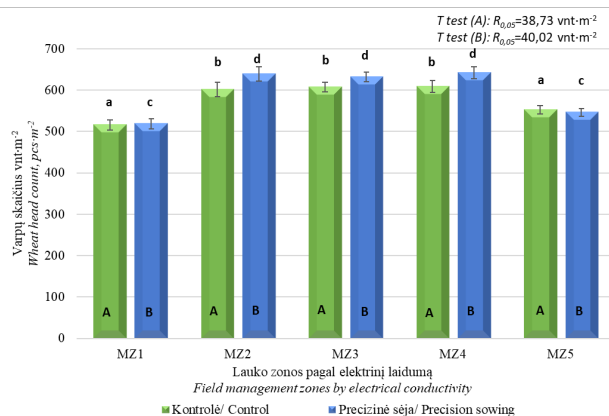
Didžiausias dirvožemio elektrinis laidumas rodo didžiausią molio dalelių kiekį, atitinkantį sunkų dirvožemį, kuris geriau išlaiko drėgmę. Tokiame dirvožemyje tikėtina, kad geriau krūmijasi augalai, o tai leidžia sėti mažesnį sėklų kiekį, pvz. MZ1 – 146 kg·ha⁻¹. Mažiausio elektrinio laidumo dirvožemio zonose tikėtinas prastesnis augalų krūmijimasis ir mažesnis užauginamų varpų kiekis, todėl čia (MZ5) parinkta pati didžiausia sėjos norma – 214 kg·ha⁻¹. Kontroliniame variante su fiksuota sėjos norma buvo sėjama vidutiniškai 180 kg·ha⁻¹.

1 lentelė. Precizinės sėjos kintama norma pagal dirvožemio elektrinį laidumą ir dirvožemio valdymo zonas

Table 1. Precision variable sowing rate according to the soil electrical conductivity and soil management zones

Dirvožemio valdymo zona Soil management zone	Dirvožemio elektrinis laidumas Soil electrical conductivity	Kintama sėjos norma Variable sowing rate
	mS·m ⁻¹	kg·ha ⁻¹
MZ1	28,6	146
MZ2	27,3	153
MZ3	25,7	180
MZ4	24,2	197
MZ5	22,6	214

Tyrimų rezultatai parodė, kad vidutinis varpų skaičius kontroliniame variante buvo 596 vnt·m⁻², o precizinės sėjos variante – 607 vnt·m⁻². Varpų skaičiaus skirtumas tarp technologijų buvo apie 1,81 %, kas sudarė 11 varpų. Varpų skaičiaus kitimas skirtingose dirvožemio valdymo zonose pavaizduotas 3 pav.

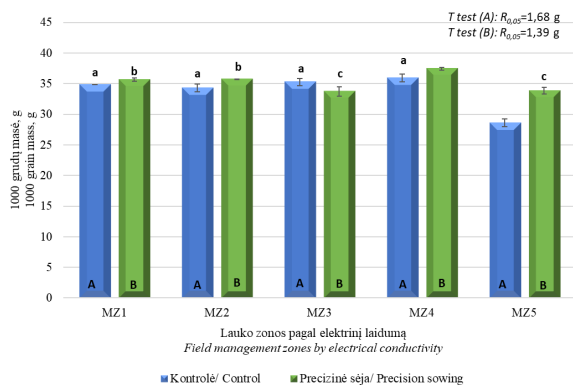


3 pav. Varpų skaičius (vnt·m⁻²) skirtingose dirvožemio valdymo zonose

Fig 3. Number of heads (pcs·m⁻²) in different soil management zones

Esminiai varpų skaičiaus skirtumai buvo nustatyti kontroliniame variante tarp MZ1, MZ5 lyginant su MZ2, MZ3, MZ4 zonomis. Precizinės sėjos variante analogiškai, kaip ir kontroliniame variante esminio skirtumo nebuvo tarp MZ1 ir MZ5, taip pat tarp MZ2, MZ3 ir MZ4. Kintamos sėjos normos varianto MZ4 ir MZ5 zonoje buvo išsėtos didesnės žieminių kviečių sėjos normos (MZ4 zonoje 197 kg·ha⁻¹ ir MZ5 zonoje 214 kg·ha⁻¹), negu kontroliniame variante su fiksuota 180 kg·ha⁻¹ norma, tačiau žymesnio varpų skaičiaus skirtumo šiose zonose nenustatyta. Šiems rezultatams įtakos galėjo turėti klimatinės sąlygos. Tikėtina, kad lengvesnėje MZ5 zonoje precizinės sėjos variante augalai galėjo atmesti papildomus stiebus ir dėl šios priežasties varpų skaičius nepadidėjo.

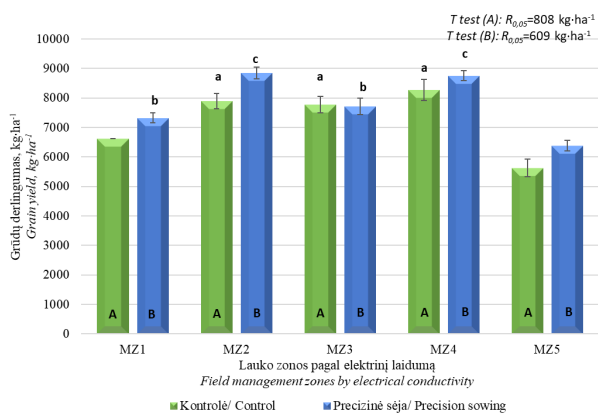
Įvertinus varpų skaičių, po to buvo apskaičiuota žieminių kviečių 1000 grūdų masė, o gauti rezultatai pateikti 4 pav.



4 pav. 1000 grūdų masė (g) skirtingose dirvožemio valdymo zonomis
Fig 4. Mass of 1000 grains (g) in different soil management zones

Atlikus palyginamuosius skaičiavimus, nustatyta, kad kontrolinio varianto MZ5 zonoje buvo nustatytas esminis skirtumas su visomis kitomis zonomis. Didžiausia 1000 grūdų masė (37,44 g) nustatyta precizinės sėjos varianto MZ4 zonoje ir buvo esminis skirtumas su visomis kitomis zonomis. Precizinės sėjos varianto MZ1 ir MZ2 zonos turi esminius skirtumus su MZ3, MZ4 ir MZ5 zonomis. Taikant precizinės sėjos technologiją išvengta ženkliai išsiskiriančių zonų ir vidutinė 1000 grūdų masė buvo apie 35,1 g, o kontroliniame variante vidutinė 1000 grūdų masė buvo apie 34,0 g, o tai sudarė apie 3,1 % skirtumą tarp sėjos variantų.

Biologinis žieminių kviečių derlingumas nustatytas laboratoriniais tyrimais. Gauti rezultatai pateikti 5 pav.

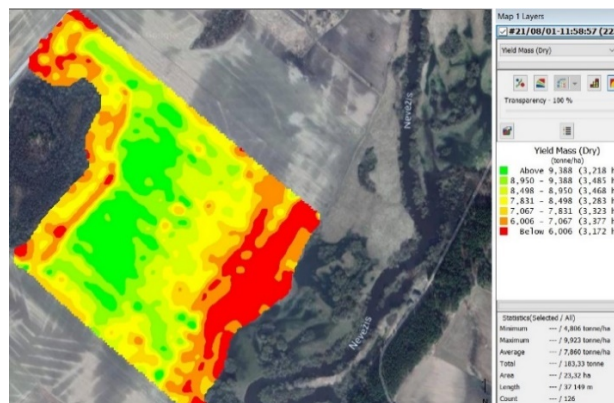


5 pav. Grūdų derlingumas (kg·ha⁻¹) skirtingose dirvožemio valdymo zonomis
Fig 5. Grain yield (kg·ha⁻¹) in different soil management zones

Kontroliniame variante esminiai derlingumo skirtumai buvo nustatyti tarp MZ1 ir MZ5 zonų ir šias zonas lyginant su kitomis zonomis. Kontrolinio varianto MZ5 zonoje buvo gautas mažiausias derlingumas (5623 kg·ha⁻¹). Nors sėjos norma buvo ta pati (180 kg·ha⁻¹), tačiau prastesniame smėlingame dirvožemyje buvo pasiektas mažesnis grūdų derlingumas. Precizinės sėjos varianto MZ5 zonoje buvo gautas esmingai mažiausias derlingumas, lyginat su kitomis zonomis. Esmingai didžiausias grūdų derlingumas buvo pasiektas MZ2 ir MZ4 zonomis, kuriose sėjos norma buvo 153 ir 197 kg·ha⁻¹. Precizinės sėjos varianto ir kontrolinio varianto MZ3 zonoje derlingumas buvo labai panašus, nes šioje zonoje sėjos norma buvo vienoda – 180 kg·ha⁻¹. Vidutinis precizinės sėjos varianto grūdų derlingumas, nepriklausomai nuo MZ, buvo 7782 kg·ha⁻¹, kai

kontroliniame variante – 7536 kg·ha⁻¹, arba tai buvo 246 kg·ha⁻¹ mažiau. Taikant precizinės sėjos technologiją buvo pasiektas 3,27 % didesnis žieminių kviečių derlingumas.

Atliekant derliaus nuėmimo procesą kombaino kompiuteryje buvo sudaromas faktinis derlingumo žemėlapis (6 pav.).



6 pav. Javų kombaino „CASE IH 9230 AXIAL FLOW“ sudarytas žieminių kviečių derlingumo žemėlapis

Fig 6. Harvest map of winter wheat harvested by „CASE IH 9230 AXIAL FLOW“

Sudarytame žemėlapyje derlingiausios zonos žymimos žalia spalva, o prasčiausios derliaus zonos žymimos raudona spalva. Javų kombaino užfiksuotas mažiausias derlingumas 4806 kg·ha⁻¹, o didžiausias fiksuotas derlingumas yra 9923 kg·ha⁻¹. Vidutinis viso lauko kombaininis derlingumas buvo 7860 kg·ha⁻¹, kai apskaičiuotas biologinis viso lauko žieminių kviečių derlingumas buvo 7634 kg·ha⁻¹. Derlingumo rezultatų skirtumui įtakos turėjo skaičiavimams imtų mėginių imtis.

Tradicinės fiksuotos normos ir precizinės sėjos technologijų ekonominiai rodikliai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Sėjos technologijų ekonominis vertinimas
Table 2. Economic evaluation of sowing technologies

Pakartojimai Replications	Sąlyginis pelnas, kontrolė Profit, control (Eur·ha⁻¹)	Sąlyginis pelnas, Precizinė sėja Profit, precision sowing (Eur·ha⁻¹)	Sąlyginio pelno skirtumas, % Profit difference, %
1	1336,33	1382,05	3,42%
2	1303,76	1297,03	-0,52%
3	1604,43	1669,33	4,05%
4	1533,84	1658,12	8,10%
Vidurkis Average	1444,59	1501,63	3,95%

Atlikus tradicinės fiksuotos normos ir precizinės sėjos technologijų ekonominį įvertinimą, nustatyta, kad taikant precizinę sėjos technologiją buvo gautas 3,95 % didesnis sąlyginis pelnas iš vieno hektaro, lyginant su tradicine fiksuotos sėjos normos technologija.

Išvados

1. Taikant precizinės sėjos kintama norma technologiją buvo gautas vidutiniškai 1,81 % didesnis varpų skaičius iš vieno kvadratinio metro, lyginant su tradicinės sėjos fiksuota sėjos norma technologija.

2. Sėjant žieminius kviečius kintama norma 1000 grūdų masė buvo 3,1 % didesnė negu sėjant fiksuota sėjos norma.

3. Precizinės sėjos technologija leido pasiekti 3,27 % didesnę žieminių kviečių derlingumą nei taikant tradicinę sėją.

4. Taikant precizinės sėjos technologiją gautas 3,95 % didesnis sąlyginis pelnas, lyginant su tradicine sėjos technologija.

Padėka. Projektas bendrai finansuotas iš Europos regioninės plėtros fondo lėšų (projekto Nr. 01.2.2-LMT-K-718-03-0041) pagal dotacijos sutartį su Lietuvos mokslo taryba (LMTLT)

Literatūra

1. Fulton, J. (2019). Variable-rate seeding systems for precision agriculture. In Precision agriculture for sustainability. Stafford J., Ed.; Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Silsoe Solutions, UK, 297p.
2. Šarauskis, E., Kazlauskas, M., Naujokienė, V., Bručienė, I., Steponavičius, D., Romaneckas, K., Jasinskas, A. (2022) Variable Rate Seeding in Precision Agriculture: Recent Advances and Future Perspectives. Agriculture, 2022, 12(2), 305, 1–24.
3. Lietuvos statistikos departamentas. (2022). *Žemės ūkio augalų pasėtas plotas*. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=36784441-a07f-4c39-9946-774b5c062973#/>
4. Grisso, R.B., Alley, M., Wisor, W.G., Holshouser, D., Thomason, W. (2009). *Precision farming tools: Soil electrical conductivity*. Virginia Cooperative Extension, 1–6.
5. Griffin, S., Hollis, J. (2013). *Using profile soil electrical conductivity survey data to predict wheat establishment rates in the United Kingdom*. In Precision agriculture '13. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. 491–497.

Dovydas Vaicekaskas, Marius Kazlauskas, Dainius Steponavičius, Kęstutis Romaneckas, Vilma Naujokienė, Indrė Bručienė, Tadas Žiogas, Egidijus Šarauskis

Influence of Precision and Conventional Sowing Technological Processes on Winter Wheat Yield and Economic Indicators

Summary

As the understanding of agricultural technology changes and the European Union moves towards a Green Deal, farmers are taking precision farming technologies into account. One of these technologies is precision sowing based on the electrical conductivity of the soil and the granulometric composition of the soil. To date, most research has been conducted using precision sowing technology in maize, and the application of this technology in winter wheat sowing has been little studied. In Lithuania, winter wheat is the dominant crop, therefore the application of precision sowing would increase the productivity of farms. The aim of this study was to investigate the use of precision sowing technology for winter wheat and to compare it with traditional winter wheat sowing technology. Five different sowing rates for winter wheat (Skagen) were selected according to the soil electrical conductivity study: 146; 153; 180; 197; 214 kg·ha⁻¹. Sowing was performed with the Horsch Avatar 6.16 SD direct seed drill, which has the option of sowing according to the sowing map. After the harvest, the precision sowing process for winter wheat was found to result in a 3.27% increase in winter wheat yield compared to conventional sowing. Precision winter wheat sowing technology was on average 3.95% more profitable than traditional sowing technology.

Precision sowing, variable rate sowing, winter wheat, soil management zone, electrical conductivity

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Dovydas VAICEKAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +37062119341, el. paštas: dovydas.vaicekaskas@stud.vdu.lt.

Dovydas VAICEKAUSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +37062119341, e-mail dovydas.vaicekaskas@stud.vdu.lt.

Marius KAZLAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros doktorantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +37061240119, el. paštas: marius.kazlauskas@vdu.lt.

Marius KAZLAUSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, doctoral student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +37061240119, e-mail marius.kazlauskas@vdu.lt.

Dainius STEPONAVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +37037752357, el. paštas: dainius.steponavicius@vdu.lt.

Dainius STEPONAVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +37037752357, e-mail dainius.steponavicius@vdu.lt.

Kęstutis ROMANECKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +37037752357, el. paštas: kestutis.romaneckas@vdu.lt.

Kęstutis ROMANECKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, professor. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. Tel. +37037752357, e-mail kestutis.romaneckas@vdu.lt.

Vilma NAUJOKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +37037752357, el. paštas: vilma.naujokiene@vdu.lt.

Vilma NAUJOKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, associate professor. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +37037752357, e-mail vilma.naujokiene@vdu.lt.

Indrė BRUČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros doktorantė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +37037752357, el. paštas: indre.bruciene@vdu.lt.

Indrė BRUČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, doctoral student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +37037752357, e-mail indre.bruciene@vdu.lt.

Tadas ŽIOGAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +37037752357, el. paštas: tadas.ziogas@stud.vdu.lt.

Tadas ŽIOGAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +37037752357, e-mail tadas.ziogas@stud.vdu.lt.

Egidijus ŠARAUSKIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +37037752357, el. paštas: egidijus.sarauskis@vdu.lt.

Egidijus ŠARAUSKIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. +37037752357, e-mail egidijus.sarauskis@vdu.lt.

Juostinio žemės dirbimo ir tiesioginės sėjos technologinių procesų taikymo poveikis aplinkai ir žieminių kviečių derlingumui

Gintarė Runaitė, Lina Saldukaitė, Sidona Buragienė, Aida Adamavičienė, Zita Kriaučiūnienė, Egidijus Šarauskis

Vytauto Didžiojo universitetas

Augalininkystė dažnai įvardijama kaip viena iš reikšmingiausių žemės ūkio sričių, kuri aprūpina žmoniją maisto žaliavomis. Tačiau tai turi ir esminę problemą – aplinkos taršą. Siekiant išvengti arba sumažinti žemės ūkyje vykstančių procesų poveikį aplinkai, ieškoma sprendimų, kurie būtų ne tik ilgalaikiai ir tvarūs, tačiau padėtų tęsti ir plėtoti ūkininkų veiklą, neįtakodami pasėlių derliaus. Dėl šių priežasčių pradėta plačiau taikyti įvairias tausojančias technologijas, kurios pasižymi ne tik mažesniu poveikiu aplinkai, bet ir mažesnėmis dyzelinių degalų, laiko, energijos sąnaudomis ir ŠESD emisijomis į aplinką. Šio tyrimo tikslas buvo ištirti ir įvertinti juostinio žemės dirbimo ir sėjos mašinų bei tiesioginės sėjos mašinų panaudojimo skirtingai paruoštose dirvose, o taip pat įvertinti efektyvumą derlingumo, energijos ir poveikio aplinkai atžvilgiu. Tyrimai vykdyti su žieminiiais kviečiais (*Triticum aestivum* L.), kurie buvo auginami taikant tris skirtingas žemės dirbimo technologijas – tradicinę (TĮ), minimalų (MĮ), be įdirbimo (NĮ) ir dvi sėjos mašinas – juostinio dirvos įdirbimo ir sėjos (JIS) ir tiesioginės sėjos (TS).

Juostinis žemės dirbimas, sėja, žieminiai kviečiai, energijos sąnaudos, ŠESD, aplinkos tarša

Įvadas

Pastaruoju metu itin daug kalbama apie žmogaus poveikį gamtai bei jo veiklos pasekmes, o žemės ūkis įvardijamas kaip vienas taršiausių sektorių Lietuvoje, tačiau taikant gamtai palankų ūkininkavimą žemės ūkis gali būti vienas iš pagrindinių šios problemos sprendimo būdų (Konstantinavičiūtė et al., 2017). Prognozuojama, kad jeigu nebus vykdoma išmetamo teršalų kiekio mažinimo politika, vidutinė temperatūra pasaulyje per šį šimtmetį gali kilti nuo 1,1 iki 6,4 °C.

Didžiausią poveikį aplinkos taršai turi motorinių transporto priemonių bei žemės ūkio mašinų CO₂ dujų, sukeliančių šiltnamio efektą bei klimato kaitą, išmetimas į aplinką (CO₂ emisija) (Al-Mansour and Jejcic 2017). Siekiant tausoti dirvožemį ir aplinką vis plačiau pradėtos taikyti technologijos, kurios pasižymi maža aplinkos tarša, nedidelėmis dyzelinių degalų, energijos ir darbo laiko sąnaudomis (Pandey and Agrawal 2014).

Anot mokslininkų CO₂ emisijos iš dirvožemio yra proporcingos mechanškai supurento dirvožemio tūriui (Reicosky and Archer, 2007). Feizienės ir kt. (2012) teigimu, CO₂ emisijas lemia tai, kokių gylių ir intensyvumu yra mechanškai dirbama žemė. CO₂ emisiją tiesiogiai didina intensyvus žemės dirbimas. Kiti mokslininkai teigia, kad intensyvus žemės dirbimas didina CO₂ išskyrimą į atmosferą (Arlauskas, 1994; Maikštėnienė et al., 2007).

Pagal Singh et al., (2008) apie 30% visų energijos sąnaudų augalininkystėje sudaro žemės dirbimas. Kiekviena žemės dirbimo technologinė operacija sukelia skirtingą ir nevienodą poveikį aplinkai, nes ištekliai naudojami skirtingai (Sørensen et al., 2014).

Anot Soni et al., (2013) taikant intensyvų, tradicinį žemės dirbimą plūgu, išsiskiria didžiausi ŠESD emisijos kiekiai, lyginant su kitomis žemės dirbimo technologijomis. Skirtingų žemės dirbimo technologijų analizė yra būtina, norint pasirinkti mažiausias energijos sąnaudas ir neigiamą poveikį aplinkai turinčias žemės dirbimo technologines operacijas ir apskritai mažinančias žemės ūkio mašinų naudojimą (Rusu, 2014).

Taikant supaprastintą žemės dirbimą sumažėja dirvožemio erozija, gerėja jo struktūra ir patvarumas bei kitos fizikinės savybės (Jodaugienė, 2002; Buragienė et al., 2011, Steponavičienė, 2017). Dirvą prieš sėją įdirbant

minimaliai, mikroorganizmų veikla tampa intensyvesnė, mažiau gadinama jos struktūra, derliaus liekanos sumaišomos viršutiniame dirvos sluoksnyje (Avižienytė, 2013).

Nustatyta, kad efektyviausia ir aplinkosauginiu aspektu labiausiai aplinką ir dirvožemį tausojanti žemės dirbimo ir sėjos technologija yra juostinis žemės dirbimas ir sėja. Ši technologija, lyginant su kitomis, labiau tausoja dirvožemį, jo struktūrą, sumažina laiko (net apie 3–4 kartus), kuro (sunaudoja 38,96 l/ha mažiau nei gilus žemės arimas), trąšų (apie 30%) ir sėklų (apie 20%) sąnaudas, mažiau išskiria ŠESD (CO₂), mažina vėjo ir vandens sukeltą dirvos eroziją, tarpueiliuose likusi ražiena geriau sulaiko augalams reikalingą drėgmę. Taikant juostinę žemės dirbimo technologiją, užtikrinama tinkama sėklos įterpimo kokybė, o derlius padidėja net 10–20%, lyginant su arimine žemės dirbimo technologija (Mugauskienė, 2017).

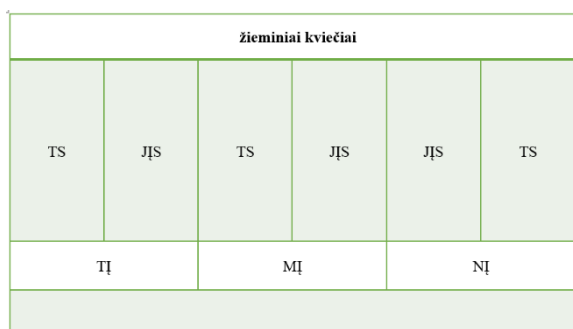
Kadangi vis dar nėra atlikta pakankamai tyrimų juostinio žemės dirbimo ir sėjos poveikiui artoje dirvoje nustatyti, šio darbo tikslas buvo ištirti ir įvertinti juostinio žemės dirbimo ir sėjos mašinų bei tiesioginės sėjos mašinų panaudojimo skirtingai paruoštose dirvose, o taip pat įvertinti technologijų efektyvumą derlingumo, energijos ir poveikio aplinkai atžvilgiu.

Tyrimų metodika

Ekspimentiniai tyrimai vykdyti VDU Žemės ūkio akademijos bandymų stotyje. Tyrimams skirtame lauke buvo auginti žieminiai kviečiai (*Triticum aestivum* L.), o priešsėlis – žieminiai rapsai. Dirvožemio savybių tyrimai atlikti pagal iš anksto nustatytą grafiką: prieš žemės dirbimą ir sėją; po sėjos; praėjus 4 savaitėms po sėjos; vegetacijos pabaigoje; atsinaujinus vegetacijai; prieš derliaus nuėmimą ir derliaus nuėmimo metu. Tyrimams naudojamo lauko ilgis 150 m., o plotis 25 m. Visas tyrimų laukas suskirstytas į 3 ruožus, kurių dirvožemis įdirbtas skirtingai: 1) tradicinis (TĮ); 2) minimalus (MĮ); 3) be įdirbimo (NĮ); sėjai naudotos dvi sėjos mašinos (juostinio dirvos įdirbimo ir sėjos (JIS) ir tiesioginės sėjos (TS). Kiekviename iš šių ruožų dviem skirtingais būdais pasėti žieminiai kviečiai t.y. 1) tiesioginė sėja; 2) juostinė sėja, tyrimų lauko planas pateiktas 1 pav.

Kiekviename apskaitiniame laukelyje, kas 20 m buvo įkalta po 4 žiedus, kuriuose buvo matuojamos CO₂ emisijos.

CO₂ dujų emisijos matuotos dujų analizatoriumi „Honold G200–X“. Dirvožemio drėgmė, temperatūra ir elektrinis laidumas matuotas su W.E.T Sensor Kit HH2 Mousture Metter prietaisu. Dirvos kietis ir poringumas matuotas elektroniniu kietmačiu. Naudotos sėjamosios: 1) Mzūri Pro-Till juostinio žemės dirbimo ir sėjos mašina; 2) Vaderstad tiesioginės sėjos sėjamoji.



1 pav. Eksperimentinių tyrimų lauko planas

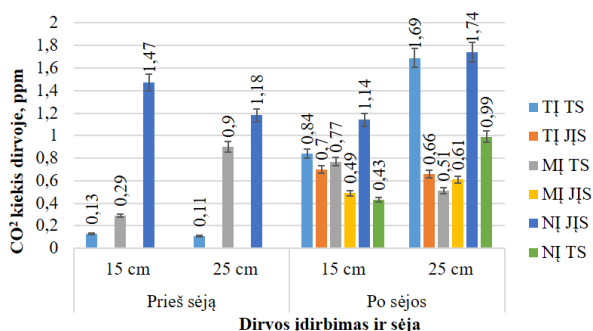
Fig. 1. Field plan for experimental research

Pastaba: TĮ – arimas; MĮ – skutimas; NĮ – ražiena; TS – tiesioginė sėja; JJS – juostinis žemės dirbimas ir sėja Note: TĮ – plowing; MĮ – discing; NĮ – stubble; TS – direct sowing; JJS – strip-till

Augalų sudygimas buvo vertinamas 5 apskaitinio laukelio vietose, 1 m ilgio ištisinėje eilutėje. Kadangi tarpueilis sėjant su Vaderstad 12 cm, tai į 1 m² įėjo 8,3 eilutės.

Rezultatai ir jų aptarimas

Juostinio žemės dirbimo poveikis CO₂ emisijoms. Skirtingas žemės dirbimas skirtingai veikia dirvožemio temperatūrą. Vienas iš dirvožemį apibūdinančių rodiklių yra jo paviršiaus ir paviršinio sluoksnio temperatūra (Mačiulytė and Rimkus, 2016).



2 pav. CO₂ kiekio kitimas prieš ir po sėjos

Fig. 2. Changes in CO₂ before and after sowing

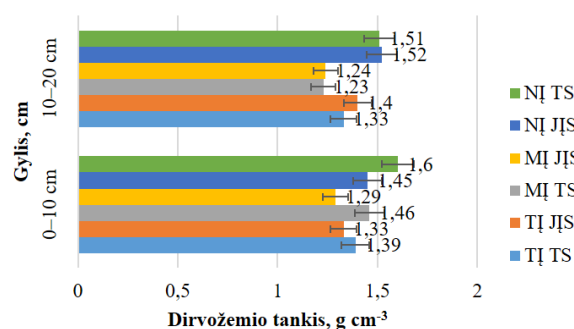
Pastaba: TĮ – arimas; MĮ – skutimas; NĮ – ražiena; TS – tiesioginė sėja; JJS – juostinis žemės dirbimas ir sėja

Note: TĮ – plowing; MĮ – discing; NĮ – stubble; TS – direct sowing; JJS – strip-till

Poveikio aplinkai atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad po sėjos CO₂ dujų koncentracija dirvožemyje labiausiai pakito artoje dirvoje. Čia CO₂ koncentracija nuo 0,11 ppm 25 cm gylyje kito net iki 1,69 ppm artoje dirvoje taikant TS, o taikant juostinę sėją CO₂ koncentracija buvo mažesnė – 0,66 ppm. Tačiau galima pastebėti, kad skustose dirvoje tiek

taikant tiesioginę sėją, tiek juostinę sėją CO₂ lygis sumažėjo, lyginant su CO₂ kiekiu skustose dirvoje prieš sėją (2 pav.).

Dirvožemio tankis, poringumas, drėgmė. Atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad lauko dirvožemio tankis (3 pav.) buvo optimalus žieminių kviečių augimui tiek taikant juostinę, tiek ir tiesioginę sėją. Tačiau neįdirbto dirvožemio apskaitiniuose laukeliuose (ražiena) tiek tiesioginės sėjos atveju (prie 0–10 cm 1,6; prie 10–20 cm 1,51 g cm⁻³), tiek juostinės sėjos atveju (prie 0–10 cm 1,45; prie 10–20 cm 1,52 g cm⁻³) viršijo ne tik optimalias augalų augimo tankio sąlygas (0,8–1,2 g cm⁻³), bet ir žiemkenčių augimo sąlygas, kurios yra 1,3–1,4 g cm⁻³.



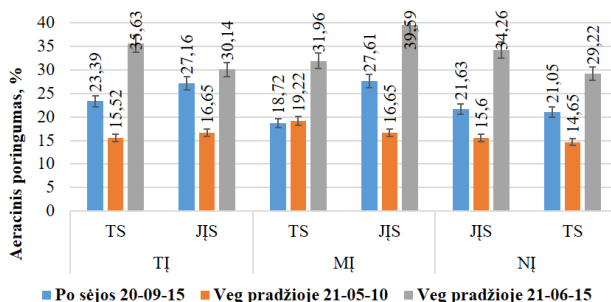
3 pav. Dirvožemio tankis, g cm⁻³

Fig. 3. Soil density, g cm⁻³

Pastaba: TĮ – arimas; MĮ – skutimas; NĮ – ražiena; TS – tiesioginė sėja; JJS – juostinis žemės dirbimas ir sėja

Note: TĮ – plowing; MĮ – discing; NĮ – stubble; TS – direct sowing; JJS – strip-till

Dirvožemio aeracinio poringumo rezultatai pateikti 4 pav.



4 pav. Aeracinis poringumas, %

Fig. 4. Aeration porosity, %

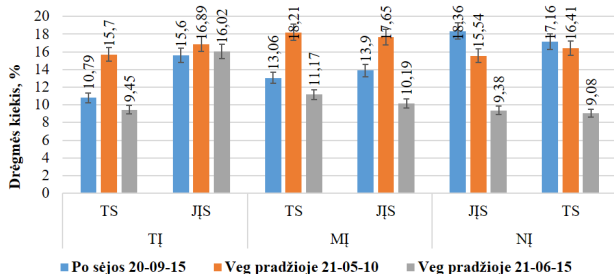
Pastaba: TĮ – arimas; MĮ – skutimas; NĮ – ražiena; TS – tiesioginė sėja; JJS – juostinis žemės dirbimas ir sėja

Note: TĮ – plowing; MĮ – discing; NĮ – stubble; TS – direct sowing; JJS – strip-till

Pagal gautus duomenis, matyti, kad didžiausias aeracinis poringumas buvo pasiektas vėlesnėje vegetacijos pradžioje 2021 m. birželio 15 d. Visais laikotarpiais, visuose bandymų laukeliuose didžiausias aeracinis poringumas buvo taikant juostinį žemės dirbimą ir sėją. Palankiausias dirvos aeracinės sąlygos būna tada, kai bendrasis poringumas sudaro apie 50–60 % dirvos tūrio. Dirvos geriausias oro režimas būna tada, kai aeracinis dirvos poringumas sudaro 20–25 %.

Kritinis augalų augimui dirvos aeracinis poringumas yra 10 % (Arvidsson, 2010).

Išanalizavus gautus duomenis nustatyta, kad didžiausias drėgmės kiekis tiriamuoju laikotarpiu buvo po sėjos, taikant juostinę sėją ražienoje (18,36%). Didesnis drėgmės kiekis nustatytas visais trim laikotarpiais, taikant juostinę žemės dirbimą ir sėją (5 pav).



5. pav. Drėgmės kitimas 0–10 cm gylyje

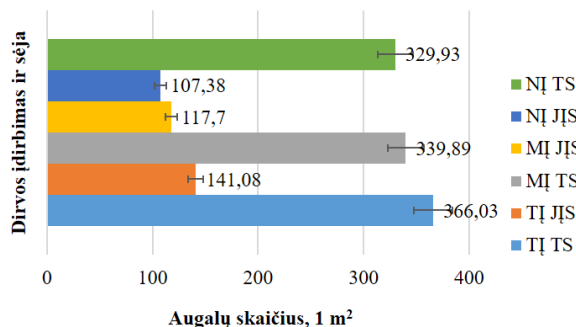
Fig. 5. Humidity change at a depth of 0–10 cm

Pastaba: Tl – arimas; Ml – skutimas; Nl – ražiena; TS – tiesioginė sėja; JlS – juostinis žemės dirbimas ir sėja

Note: Tl – plowing; Ml – discing; Nl – stubble; TS – direct sowing; JlS – strip-till

Derlius. Žemės ūkio augalų derlingumas priklauso nuo daugelio veiksnių, bet vienas svarbiausių – žemės dirbimo sistema (Velykis ir Satkus, 2012).

Žieminių kviečių derlius buvo nuimtas 2021 m. liepos 26 dieną specialiu eksperimentiniams tyrimams skirtu kombainu. Iš kiekvieno apskaitinio laukelio paimta po 4 grūdų mėginius bei apskaičiuoti grūdų drėgnio aritmetiniai vidurkiai.



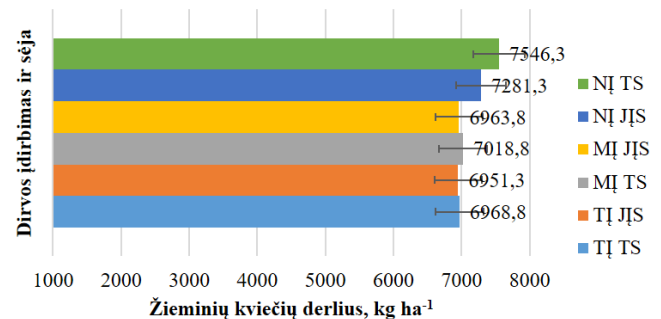
6 pav. Žieminių kviečių derlius 2021-07-26

Fig. 6. Winter wheat harvest 2021-07-26

Pastaba: Tl – arimas; Ml – skutimas; Nl – ražiena; TS – tiesioginė sėja; JlS – juostinis žemės dirbimas ir sėja Note: Tl – plowing; Ml – discing; Nl – stubble; TS – direct sowing; JlS – strip-till

Išanalizavus gautus tyrimų rezultatus (6 pav.) nustatyta, kad didžiausias derlius (7546,3 kg ha⁻¹) gautas iš Nl taikant TS, kuris yra neįdirbtas ir pasėtas taikant tiesioginę sėją. Mažiausias derlius (6951,3 kg ha⁻¹) buvo gautas taikant tradicinę ariminę žemės dirbimo technologiją bei juostinės sėjos mašiną. Taip pat labai panašūs rezultatai buvo gauti taikant JlS ir skutimo žemės dirbimo technologiją (6963,8 kg ha⁻¹), kaip beje ir taikant tiesioginę sėjos būdą ir tradicinį žemės dirbimo būdą (6968,8 kg ha⁻¹). Pasėlių derliaus rezultatai pateikti 3 pavyksle.

Pasėlių tankumas. Šalia kiekvieno apskaitiniuose laukeliuose įkalto žiedo 1 m ilgio eilutėse, lygiagrečiai su sėjos eilutėmis, buvo suskaičiuoti augalų stiebai. Kiekvieno variante buvo atliekama po 5 pakartojimus atsitiktinai pasirinktose laukelio vietose. Stiebai skaičiuojami iš abiejų linių pusų. Vėliau apskaičiuojamas vidutinis produktyvių stiebų kiekis 1 m² (7 pav.).



7 pav. Žieminių kviečių pasėlių tankumas

Fig. 7. Density of winter wheat crops

Pastaba: Tl – arimas; Ml – skutimas; Nl – ražiena; TS – tiesioginė sėja; JlS – juostinis žemės dirbimas ir sėja

Note: Tl – plowing; Ml – discing; Nl – stubble; TS – direct sowing; JlS – strip-till

Apskaičiavus žieminių kviečių augalų sudygimo vidurkį, matyti, kad augalai taikant visus žemės dirbimo būdus (arimas, skutimas, ražiena) geriau sudygo taikant tiesioginę sėją nei juostinę. Geriausiai augalai sudygo artoje dirvoje, taikant tiesioginę sėją (366,03 vnt. m⁻²), o blogiausiai sudygo neįdirbtose dirvoje, taikant juostinę sėją ((107,38 vnt. m⁻²) 7 pav.).

Išvados

1. Supaprastintas žemės dirbimas turėjo teigiamą įtaką žieminių kviečių derlingumui, didesnis derlius gautas taikant Nl JlS – 7281,3 kg ha⁻¹, negu taikant tradicinį žemės dirbimo būdą Tl JlS – 6951,3 kg ha⁻¹.

2. Nl TS variante buvo nustatyta mažesnė CO₂ koncentracija 0,99 ppm dirvožemyje negu Nl JlS (1,14 ppm).

3. Didžiausias žieminių kviečių derlingumas nustatytas Nl TS. Nors ir žieminių kviečių sudygimas buvo geriausias artoje dirvoje taikant tiesioginę sėją (Tl TS 366,03 vnt. m⁻²), tačiau derlius šiame apskaitiniame laukelyje buvo kone mažiausias (6968,8 kg ha⁻¹).

4. Ražienoje taikant juostinę sėją (Nl JlS) kviečiai sudygo prasčiausiai (107,38 vnt. m⁻²), tačiau šio laukelio derlingumas buvo antras didžiausias (7281,3 kg ha⁻¹).

Literatūra

- Al-Mansour, F., & Jecic, V. (2017). A model calculation of the carbon footprint of agricultural products: The case of Slovenia. *Energy*, 136, 7–15.
- Arlauskas M. 1994. Žemės dirbimo minimalizavimas. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 1. P. 39–43.
- Arvidsson J. 2010. Energy use efficiency in different tillage systems for winter wheat on a clay and silt loam in Sweden. *European Journal of Agronomy*. 33(3), 250–256.
- Avižienytė D. 2013. Ilgalaikio skirtingo žemės dirbimo poveikis agroecozinei taikant intensyvias technologijas ir augalų kaitą: daktaro disertacija. Akademija, Kauno r. 57 p.
- Buragienė S., Šarauskis E., Romanekas K., Sakalauskas A., Užupis A., Katkevičius E. 2011. Soil temperature and gas emissions from soils

- under different tillage machinery systems. Journal of Food, Agriculture and Environment. Vol. 9. P. 480–485.
6. Feizienė D., Feiza V., Kadžienė G., Vaideliene A., Povilaitis V., Deveikytė I. 2012. CO₂ fluxes and drivers as affected by soil type, tillage and fertilization. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science. Vol. 62. Issue 4. P. 311–328.
 7. Jodaugienė D. 2002. Ilgamečio arimo ir purenimo įtaka dirvožemiui ir žemės ūkio augalų pasėliams supaprastinto žemės dirbimo sistemoje: daktaro disertacijos santrauka. Akademija. P. 5–21.
 8. Konstantinavičiūtė I., Byčenkienė S., Kavšinė A., Smilgius T., Zaikova I., Juška R., Žiukelytė I., Lenkaitis R., Juraitė T., Kazanavičiūtė V., Jezukevičius S., Tijiūnaitė R., Kairienė E., Kavšinė A., Žiukelytė I., Merkelienė J., Čeičytė L., (2017). Lithuania's national inventory report 2017 greenhouse gas emissions (1990-2015).
 9. Mačiulytė V., Rimkus E. 2016. Dirvožemio terminis režimas Lietuvoje. Geologija. T. 2(1). P. 1–13.
 10. Maikštėnienė S., Šlepetienė A., Masilionytė L. 2007. Verstuvinio ir nevertuvinio pagrindinio žemės dirbimo poveikis glėžiškų rudžių savybėms ir agrosistemų energetiniam efektyvumui. Žemdirbystė. T. 94(1). P. 3–23.
 11. Mugauskienė, V. (2017). Agroakademija: Erozijos grėsmė mūsų dirvožemiams.
 12. Pandey, D., & Agrawal, M. (2014). Carbon footprint estimation in the agriculture sector. In Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors, Volume 1 (pp. 25 – 47). Springer, Singapore.
 13. Reicosky D. C., Archer D. W. 2007. Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. Soil and Tillage Research. Vol. 94. P. 109–121.
 14. Rusu, T. (2014). Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. International Soil and Water Conservation Research, 2(4), 42–49.
 15. Singh, K. P., Prakash, V., Srinivas, K., & Srivastava, A. K. (2008). Effect of tillage management on energy-use efficiency and economics of soybean (Glycine max) based cropping systems under the rainfed conditions in North-West Himalayan Region. Soil and Tillage Research, 100(1–2), 78–82.
 16. Soni, P., Taewichit, C., & Salokhe, V. M. (2013). Energy consumption and CO₂ emissions in rainfed agricultural production systems of Northeast Thailand. Agricultural Systems, 116, 25–36.
 17. Sørensen, C. G., Halberg, N., Oudshoorn, F. W., Petersen, B. M., & Dalgaard, R. (2014). Energy inputs and GHG emissions of tillage systems. Biosystems Engineering, 120, 2–14.
 18. Steponavičienė V. 2017. Agroekosistemų tvarumas ir anglies sąkaupos dirvožemyje taikant ilgalaikes kompleksines priemones: daktaro disertacija. Akademija, Kauno r. 52 p.
 19. Velykis A., Satkus A. 2012. Supaprastinto sunkių priemonių dirbimo įtaka vasarinių miežių piktžolėtumui ir derlingumui. Žemės ūkio mokslai. T. 19(4). P. 236–24.

Gintarė Runaitė, Lina Saldukaitė, Egidijus Šarauskis, Sidona Buragienė, Aida Adamavičienė, Zita Kriaučiūnienė

Strip Tillage and Direct Sowing Technological Processes Impact for Environment and Winter Wheat Yield

Summary

Crop production is often identified as one of the most important areas of agriculture that supplies humanity with raw materials. However, it also has a fundamental problem: environmental pollution. In order to avoid or reduce the environmental impact of agricultural processes, solutions are being sought that are not only long-term and sustainable, but also help farmers to continue and develop their activities without affecting crop yields. For these reasons, a wider range of sustainable technologies has been introduced, which not only have a lower environmental impact, but also a lower consumption of diesel fuel, time, energy and GHG emissions. The aim of this study was to investigate and evaluate the use of strip tillage and seed drills and direct seed drills in differently prepared soils, and to analyze the efficiency in terms of yield, energy and environmental impact. The studies were performed with winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grown using three different tillage techniques (Traditional (TJ), Minimum (MJ), no tillage (NJ) and two sowing machines (strip tillage and sowing (JS) and direct sowing (TS).

Strip tillage, sowing, direct sowing, winter wheat, energy consumption, yield, GHG, environmental pollution

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Gintarė RUNAITĖ VDU Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 62326598 paštas: gintare.runaite@gmail.com. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentu 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. +370 64320813 e-mail: gintare.runaite@gmail.com

Lina SALDUKAITĖ VDU Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros doktorantė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 624 80320, el. paštas: linasaldukaite1992@gmail.com. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, PhD student. Address: Studentu 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. +370 624 80320, e-mail: linasaldukaite1992@gmail.com.

Sidona BURAGIENĖ VDU Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros vyresnioji mokslo darbuotoja. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 752357, el. paštas: sidona.buragiene@gmail.com. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Senior Research Fellow. Address: Studentu 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. +370 37 752357, e-mail: sidona.buragiene@gmail.com

Aida ADAMAVIČIENĖ VDU Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 788108, el. paštas: aida.adamaviciene@vdu.lt. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Associate Professor. Address: Studentu 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. +370 37 788108, e-mail: aida.adamaviciene@vdu.lt.

Zita KRIAUČIŪNIENĖ VDU Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 788165, el. paštas: zita.kriauciuniene@vdu.lt. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Associate Professor. Address: Studentu 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. +370 37 788165, e-mail: zita.kriauciuniene@vdu.lt.

Egidijus ŠARAUSKIS VDU Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 752357, el. paštas: egidijus.sarauskis@vdu.lt. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Professor. Address: Studentu 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. +370 37 752357, e-mail: egidijus.sarauskis@vdu.lt.

Braškių auginimas vertikaliuose ir horizontaliuose sistemose

Gabija Ustilaitė¹, Egidijus Šarauskis¹, Davut Karayel^{1,2}

¹Vytauto Didžiojo universitetas, ²Akdeniz University

Didėjant pasaulyje žmonių populiacijai reikia, kad kuo efektyviau būtų išnaudojamas kiekvienas žemės plotas, skirtas maistinių augalų auginimui. Nuolat augantys gyventojų skaičiai ir klimato kaitos procesai liudija, jog ilgainiui privalėsime rasti būdų, kaip ūkininkauti tausojant gamtą ir visuomenės sveikatą, vienas iš sprendimų galėtų būti vertikalus ūkininkavimas. Šio darbo tikslas buvo ištirti braškių auginimą vertikaliuose ir horizontaliuose sistemose, ištyrinant dirvožemio savybių pokyčius, braškių auginimo produktyvumą. Tyrimai buvo atlikti lyginant vidutinio vėlyvumo ir ankstyvų veislių augintas braškes dvejose skirtingose sistemose: vertikaliuose – vamzdžiuose ir horizontaliuose – loveliuose. Tyrimai atlikti su W.E.T. Sensor Kit „HH2 Moisture Meter“ prietaisu, kuriuo išmatuota dirvožemio drėgmė, temperatūra ir elektrinis laidumas. Taip pat atliktas braškių derliaus kiekio įvertinimas. Braškių derlius buvo skintas 6 kartus per derliaus sezoną. Vidutinio vėlyvumo vamzdžiuose augintų braškių derlius siekė 1,328 kg/m², kai ankstyvų braškių derlius siekė 0,985 kg/m². Loveliuose vidutinio vėlyvumo braškių derlius buvo 1,454 kg/m², o ankstyvųjų braškių 1,261 kg/m².

Dirvožemis, temperatūra, drėgnis, vertikali sistema, horizontali sistema, derlius.

Įvadas

Per pastarąjį dešimtmetį su maisto gamyba ir vartojimu susiję aplinkosaugos iššūkiai atsidūrė politinio diskurso priešakyje. Tai susiję su susirūpinimu dėl žemės ūkio, skatinančio klimato kaitą, bet ir dėl ilgalaikio aprūpinimo maistu ir augančių gyventojų aprūpinimo maistu. Vienas iš sprendimų gali būti tas, kad tiek miestuose, tiek ir gyvenvietėse, kuriuose nėra pakankamai žemės galima taikyti vertikalus ūkininkavimą (Petrovics, 2021).

Vertikalūs miesto ūkiai – naujas, pasaulį dar tik neseniai pradėjęs užkariauti maisto auginimo būdas, kuomet maistas yra auginamas specialiai tam sukurtose patalpose, užtikrinant visas būtinas sąlygas jų auginimui. Ūkių veikimo principas yra pagrįstas tuo, jog aukštesnėse, permatomose vitrinose, keliais aukštais (dėl ko sakoma, jog ūkis vertikalus) yra sodinamos įvairios augalų rūšys. Čia taip pat automatiškai užtikrinamas jų drėkinimas ir tinkamas šviesos šaltinis. Pradedant gūžinėmis salotomis, baigiant egzotiniais vaisiais – tokio tipo ūkiai gali pasiūlyti, atrodo, viską, ko geidžia širdis. Vertikalių miesto ūkių misija – įsitvirtinti įvairiuose didmiesčių kampeliuose ir užtikrinti stabilų šviežių produktų pasiūlą miestų gyventojams, nenueinant toli nuo savo namų (Jarmalavičiūtė, 2020).

Kadangi maisto paklausa nuolat auga, kad būtų išmaitintas nuolat augantis pasaulio gyventojų skaičius, tradiciniai ūkininkavimo metodai iki šiol ne visada sugeba patenkinti poreikius. Dėl pažangių technologijų atsiranda tvaresni ir veiksmingesni metodai. Vienas konkuruojančių ir tuo pačiu papildančių tradicinį ūkininkavimo būdą ateityje gali būti vis plačiau pradedamas taikyti vertikalusis ūkininkavimas (Abel et al., 2020).

Vertikalių želdinių sistemos (VGS) populiarėja perpildytuose miestuose visame pasaulyje. Tinkamų augalų rūšių pasirinkimas daro didelę įtaką VGS sėkmei. VGS augalų selekcijos principai beveik neaptarti esamoje literatūroje. Išsamiai ištirti tik veiksniai, turintys įtakos augalų selekcijai. Dahanayake et al. (2017) aptarė augalų savybes ir augalų parinkimo principus. Be to, „EnergyPlus“ modeliavimas buvo atliktas remiantis Honkongo atvejo tyrimu, siekiant parodyti skirtingų augalų charakteristikų poveikį energijos taupymui. Autoriai pabrėžia tinkamų augalų rūšių pasirinkimo svarbą didinant VGS naudą energijai. Rezultatai rodo, kad norint padidinti energijos

naudą, geriau naudoti žemesnius VGS augalus. (Dahanayake et al., 2017).

Dicksonas Despommier (2011) savo knygoje „Vertikalus ūkis: maitinti pasaulį 21-ajame amžiuje“ išvardijo daugybę vertikaliųjų ūkininkavimo naudų aplinkai ir socialinei veiklai:

Nepertraukiama augalininkystė – vertikali ūkininkavimo technologija gali užtikrinti augalininkystę ištisus metus.

- Herbicidų ir pesticidų pašalinimas – kontroliuojamos auginimo sąlygos vertikaliame ūkyje leidžia sumažinti cheminių pesticidų naudojimą arba visiškai jų atsisakyti.
- Vandens tausojimas ir perdirbimas – vertikaliuose ūkiuose naudojami hidroponiniai auginimo būdai sunaudoja apie 70 % mažiau vandens nei įprastai žemdirbystei, o aeroponiniai metodai, naudoja dar mažiau vandens.
- Nekenksmingas aplinkai – auginant pasėlius uždaroje patalpoje sumažinamas traktorių ir kitos didelės galios mašinų ir įrangos, dažniausiai naudojamos lauko ūkiuose poreikis, taip sumažinamas iškastinio kuro deginimas ir aplinkos teršimas (Birkby, 2016).

Tyrimų tikslas – ištirti braškių auginimą vertikaliuose ir horizontaliuose sistemose, nustatyti dirvožemio savybių pokyčius, braškių auginimo produktyvumą.

Tyrimų metodika

Eksperimentiniai moksliniai tyrimai buvo vykdomi 2021 m. vasarą Alytaus raj. Medukštos km. Braškių auginimui pagamintos dvi sistemos. Vertikalios 20 cm skersmens ir 1,0 m ilgio vamzdžiuose. Šiai sistemai išpjaustytos kiaurymės į kurias susodinti braškių daigai. Horizontalios sistemos pagamintos iš medinių lovelių. Abi sistemos užėmė tą patį plotą ir susodintas daigų kiekis buvo vienodas (1 pav.).

Braškių daigai sistemose buvo sunumeruoti eilės tvarka, horizontaliuose sistemose nuo 1 iki 15 viršutiniame lovelyje, viduriniame nuo 16 iki 30 ir apatiniame nuo 31 iki 45 braškių daigo. Vertikaliuose – viename vamzdyje susodinta 15 braškių daigų ir jie sunumeruoti nuo viršaus į apačią eilėmis: nuo 1 (viršuje) iki 5 (apačioje), nuo 6 (viršuje) iki 10 (apačioje) ir nuo 11 (viršuje) iki 15 (apačioje).

Taip pat pritaikyta laistymo sistema. Laistymui buvo naudojama sistema, kuri dažniausiai naudojama laistymui šiltnamiuose. Laistymo vamzdeliai įsmeigti prie kiekvieno daigo per kuriuos laistomi augalai.

2021 gegužės 3 d. pasodintos braškės į šiam tyrimui pagamintą vertikalią sistemą vamzdžiuose ir horizontalią sistemą loveliuose su laistymo sistemomis. Buvo sodinamos dviejų veislių braškės – ankstyvoji „Lambada“ ir vidutinio vėlyvumo – „Deluxe“. Braškių derliaus nuėmimo metu braškės buvo sveriamos nuo visų braškių daigų.



1 pav. Vertikalios ir horizontalios braškių sistemos
Fig. 1. Vertical and horizontal strawberries systems

Dirvožemio savybėms, tokioms kaip dirvožemio temperatūra, drėgnumas ir elektrinis laidumas įvertinti buvo naudojamas W.E.T. Sensor Kit „HH2 Moisture Metter“ prietaisas. Jo pagrindinės specifikacinės charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Prietaiso „HH2 Moisture Metter“ pagrindiniai specifikacijos duomenys

Table 1. Basic specification data of the HH2 Moisture Metter

Parametras	Matavimo ribos	Matavimo tikslumas	Rezoliucija
Dirvožemio temperatūra	Nuo -5 iki 50 °C	1,5 °C	0,1 °C
Elektrinis laidumas	Nuo 0 iki 200 ms m ⁻¹	10 ms m ⁻¹	0,1 ms m ⁻¹
Dirvožemio drėgnumas	Nuo 0 iki 100 %	3 %	0,1 %

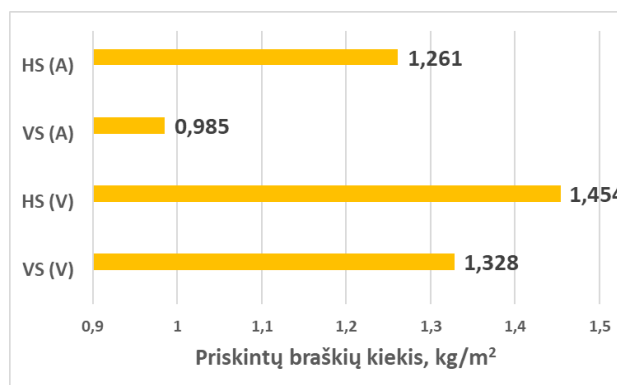
Rezultatai ir aptarimas

Vidutinio vėlyvumo braškės tiek vamzdžiuose, tiek loveliuose pradėjo žydėti 2021 m. gegužės mėnesio 15–16 d., ankstyvos pradėjo žydėti gegužės mėn. 9–10 d.

Visą braškių derliaus nuėmimo laiką braškės buvo sveriamos. 2 pav. pateikti rezultatai apie visą braškių derliaus kiekį, nuskintą per du mėnesius. Didžiausias braškių derlius buvo priskintas iš loveliuose (horizontali sistema) augintų vėlyvųjų braškių (1,454 kg/m²), kiek mažiau 1,328 kg/m² – vėlyvųjų vamzdžiuose (vertikali sistema). Mažiau buvo priskinta ankstyvųjų augintų braškių vertikaliai (0,985 kg/m²) ir horizontaliai (1,261 kg/m²). Tam galėjo turėti įtakos:

- 2021 metų pavasaris buvo šaltas (vidutinė gegužės mėnesio temperatūra siekė apie 11,1 °C);

- Liepos mėnesio aukšta vidutinė oro temperatūra siekė apie 22,1 °C, tai buvo pati karščiausia vasara nuo 1961 m.;
- Aktyviosios augalų vegetacijos pradžia 2021 metais prasidėjo gegužės 10 d.

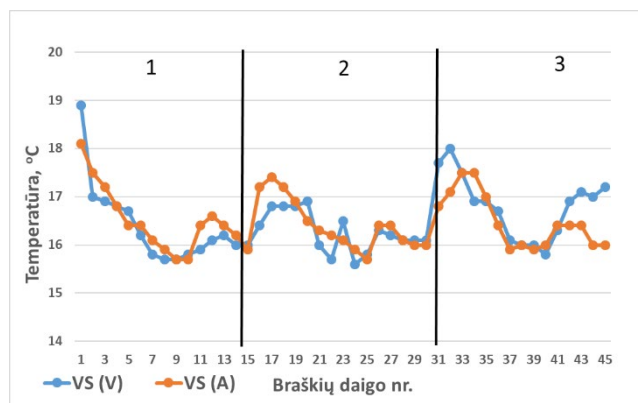


2 pav. Braškių derlius: HS (A) – Horizontali sistema (ankstyvos); VS (A) – vertikali sistema (ankstyvos); HS (V) – Horizontali sistema (vėlyvos); VS (V) – vertikali sistema (vėlyvos)

Fig. 2. Strawberry harvest: HS (V) – horizontal system (late); VS (V) – vertical system (early); HS (A) – horizontal system (early); VS (V) – vertical system (early).

Augalams augti ir vystytis reikia palankių sąlygų, t. y. turi būti pakankamai šviesos, šilumos, oro, vandens ir maistingųjų medžiagų. Kai šie veiksniai optimalūs, gaunamas didžiausias augalų derlius, tačiau sukurti optimalias sąlygas yra sunku, nes padidinus ar sumažinus vieną charakteristiką pasikeičia ir kitos. Pavyzdžiui, didėjant temperatūrai, reikia daugiau vandens ir maistingųjų medžiagų, o trūkstant šilumos – sulėtėja augalų medžiagų apykaita ir derlius užauga menkesnis (Adamonytė et. al., 2018).

Dirvožemio savybės, tokios kaip dirvožemio drėgmė, temperatūra ir elektrinis laidumas buvo matuojami naudojant rankinį W.E.T. Sensor Kit „HH2 Moisture Metter“ prietaisą. 3 paveiksle pateikta vertikalioje sistemoje auginamų braškių dirvožemio temperatūros matavimų rezultatai.



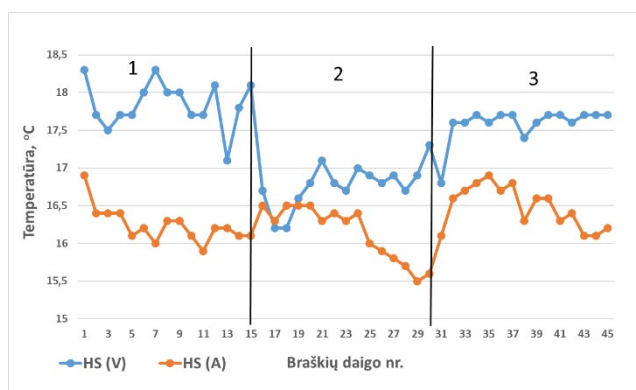
3 pav. Dirvožemio temperatūros rezultatai vertikalioje sistemoje: 1 – vamzdis; 2 – vamzdis; 3 – vamzdis; VS (A) – vertikali sistema (ankstyvos); VS (V) – vertikali sistema (vėlyvos)

Fig. 3. Results of soil temperature in vertical systems; 1 – tube; 2 – tube; 3 – tube; VS (V) – vertical system (early); VS (V) – vertical system (early)

Tiek ankstyvųjų braškių, tiek vidutinio vėlyvumo braškės buvo auginamos trijuose vamzdžiuose. Temperatūra buvo

matuota birželio mėnesio 13 dieną, lauko temperatūra siekė 16 °C, lijo. Pagal pateiktą grafiką matome, kad temperatūra visuose vamzdžiuose buvo maždaug vienoda. Pirmame taške pirmuosiuose vamzdžiuose (vėlyvų braškių) matome beveik 19 °C temperatūrą, ankstyvų braškių truputį daugiau nei 18 °C. Ties 8-tu daigu matome temperatūros nukritimą iki 15,7 °C. Antruosiuose vamzdžiuose matome taip pat maždaug vienodą temperatūrą. Trečiuose vamzdžiuose matome ties 41, 42, 43, 44, 45 daigu temperatūros išsiskyrimą. Vidutinio vėlyvumo braškių dirvožemio temperatūra pakyla iki 17,2 °C, o ankstyvų braškių nukrenta iki 16 °C.

4 paveikslėlyje matome pagal horizontalią sistemą auginamų braškių dirvožemio temperatūros matavimo rezultatus. Šiame grafike matome žymų temperatūrų skirtumą. Visuose loveliuose temperatūra skiriasi bent per 2–3 °C. Aukščiausia temperatūra išmatuota pirmame vėlyvų braškių lovelyje 18,3 °C, žemiausia 15,5 °C ankstyvų braškių antrame lovelyje.



4 pav. Dirvožemio temperatūros rezultatai horizontaliose sistemose: 1 – lovelis; 2 – lovelis; 3 – lovelis; HS (A) – Horizontali sistema (ankstyvos); HS (V) – Horizontali sistema (vėlyvos)

Fig. 4. Results of soil temperature in horizontal systems. 1 – trough; 2 – trough; 3 – trough; : HS (V) – horizontal system (late); HS (A) – horizontal system (early)

Drėkinimas turi didelę įtaką žemės ūkio augalų vystymuisi ir derlingumui. Kai dirvožemis pakankamai drėgnas, augalai sunaudoja energiją drėgmei ir maisto medžiagoms paimti, padidėja derlius ir jo kokybė. Kritulių trūkumas pavasarį ir vasaros pradžioje gali sukelti augalams stresą. Vandens poreikis priklauso nuo augalo rūšies. Vienų rūšių augalai gali augti tik vandenyje, kitiems pakanka minimalaus jo kiekio dirvoje. Tačiau kiekvienos rūšies augalams reikia optimalaus aplinkoje esančio drėgmės kiekio. Esant dideliems nukrypimams nuo optimalaus, augaluose formuojasi vandens deficito stresas, kurio pasekmės – fotosintezės procesų efektyvumo ir derliaus sumažėjimas (Miseckaitė, 2016).

Dirvožemio drėgmei palaikyti buvo įrengta laistymo sistema (5 pav.). Lašelinis drėkinimas – tai lėtas vandens tiekimas (lašas po lašo) į augalo šaknų sistemos zoną, kad joje normali drėgmė būtų visą vegetacijos laikotarpį. Vanduo su slėgiu teikiamas kiekvienam augalui atskirai arba eilėje sodinamiems augalams.



5 pav. Braškių laistymo sistema

Fig. 5. Strawberry irrigation system

Pagal birželio mėnesio atliktus dirvožemio matavimus (2 lentelė) matyti, kad didesnis dirvožemio drėgmės kiekis buvo išmatuotas loveliuose tiek ankstyvų, tiek vidutinio vėlyvumo braškių. Didesnis drėgmės kiekis išmatuotas prie daigų, kurie pasodinti pačioje apačioje arti žemės (47,5 %, 46,2 %, 45,6 %).

2 lentelė. Dirvožemio drėgmės (%) matavimų rezultatai skirtingose sistemose

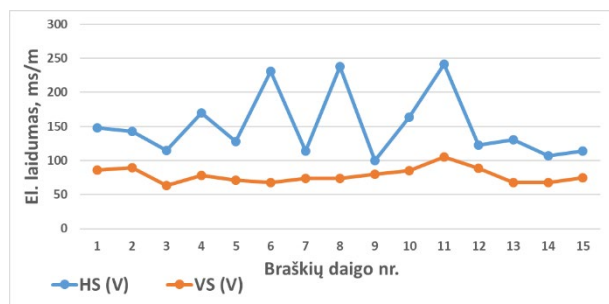
Table 2. Results of soil moisture (%) measurements in different systems

Nr.	HS (V)	VS (V)	VS (A)	HS (V)
1	23,9	30,9	25,8	39,2
2	32,6	30,6	26,8	34,5
3	30	36,5	30,7	36,5
4	36,3	32,8	27,6	35,3
5	35,6	45,6*	38,2*	32,9
6	38,8	30,6	21,3	35
7	35,5	35,4	18	36
8	43,3	30,3	24,2	43,8
9	40,2	30,1	27,9	36
10	40,7	46,2*	40,5*	38,3
11	40,1	28,6	21,6	37
12	38,4	30,5	26	39,4
13	37,8	34,8	30,2	37,6
14	39,4	30,2	38,1	44,8
15	39	44,8*	47,5*	40,8
Vid.	36,8	34,5	29,6	37,8

Pastaba * – braškių daigai prie žemės; HS (V) – horizontali sistema (vėlyvos); VS (V) – vertikali sistema (vėlyvos); HS (A) – horizontali sistema (ankstyvos); VS (V) – vertikali sistema (ankstyvos)

Note * – strawberry seedlings near the ground; HS (V) – horizontal system (late); VS (V) – vertical system (early); HS (A) – horizontal system (early); VS (V) – vertical system (early).

Elektros laidumo dėka galima išmatuoti dirvožemyje esančių tirpių druskų koncentraciją ir nustatyti medžiagos gebėjimą valdyti srovę. Dirvožemio elektrinio laidumo matavimų rezultatai pateikti 6 pav.



6 pav. Vertikaliuose ir horizontaliuose sistemose auginamų braškių dirvožemio elektrinio laidumo rezultatai: HS (V) – horizontali sistema (vėlyvos); VS (V) – vertikali sistema (vėlyvos)

Fig. 6. Results of soil electrical conductivity in vertical and horizontal systems: HS (V) – horizontal system (late); VS (V) – vertical system (late)

Tyrimų rezultatai parodė, kad taikant horizontalią sistemą dirvožemio elektrinis laidumas prie visų daigų buvo didesnis negu vertikaloje sistemoje.

Išvados

1. Kasdien besikeičianti mūsų planeta atneša vis naujų iššūkių ateičiai – sausras, nederlingi dirvožemiai, kintantis klimatas regionuose, todėl vienas iš sprendimų papildomai apsirūpinti maistu gali būti vertikalus ūkininkavimas.
2. Pagal vertikalios sistemos vamzdžiuose augintų vidutinio vėlyvumo braškių derlius siekė 1,328 kg/m², kai ankstyvų braškių derlius siekė 0,985 kg/m². Pagal horizontalią sistemą loveliuose augintų vidutinio vėlyvumo

braškių derlius buvo 1,454 kg/m², o ankstyvųjų braškių 1,261 kg/m².

3. Didžiausias drėgmės kiekis nustatytas prie braškių daigų augintų vamzdžiuose arčiau žemės 47,5 %, 46,2 %, 45,6 %.

4. Dirvožemio elektrinis laidumas horizontalioje sistemoje buvo didesnis negu vertikaloje sistemoje.

Literatūra

1. Abel, C., Willsea, J., Gregory, M., Kaven, M. 2020. *The Environmental, Economic, and Social Impacts of Vertical Farming over Conventional Methods*. BE 230 – Spring 2020 Engr. Analysis of Biological Systems Dr. Safferman.
2. Adamonytė, I., Bastienė, N., Gasiūnas, V., Misevičienė, S., Aleknevičienė, V. (2018). *Dirvožemio drėgmės režimo reguliavimo poveikis augalų derlingumui*. Mano ūkis. Prieiga per internetą: <https://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2018/12/dirvozemio-dregmes-rezimo-reguliavimo-poveikis-augalu-derlingumui/>
3. Birkby, J. (2016). *Vertical Farming*. ATTRA Sustainable Agriculture.
4. Dahanayake, K. C., Chow, C. L., & Long Hou, G. (2017). *Selection of suitable plant species for energy efficient Vertical Greenery Systems (VGS)*. Energy Procedia, 142, 2473–2478.
5. Despommier, D. (2011). *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century*. Picador, New York.
6. Jamalavičiūtė, M. (2020). *Besikeičianti planeta – kaip auginsime maistą ateityje?* Prieiga per internetą: <https://nula.shop/blogs/news/besikeicianti-planeta-kaip-auginsime-maista-ateityje>
7. Miseckaitė, O. (2016). *Kaip sudaryti optimalias drėgmės sąlygas*. Mano ūkis. Prieiga per internetą: <https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2016/10/kaip-sudaryti-optimalias-dregmes-salygas/>
8. Pestrovics, D., Giezen, M. (2021). *Planning for sustainable urban food systems: An analysis of the up-scaling potential of vertical farming*. Journal of Environmental Planning and Management, 785–808.

Gabija Ustilaite, Egidijus Šarauskis, Davut Karayel

Strawberry Growing in Vertical and Horizontal Systems

Summary

As the world's population grows, every area of land used for food crops needs to be used as efficiently as possible. The ever-growing population and the processes of climate change show that in the long run, we will have to find ways to farm in a way that respects nature and public health, and one of the solutions could be a vertical farming. The aim of this work was to investigate the cultivation of strawberries in vertical and horizontal systems investigating changes in soil properties, productivity of strawberry. The studies were performed comparing strawberries grown in medium-late and early varieties in two different systems: vertical – in tubes and horizontal – in troughs. Measurements were performed with W.E.T. Sensor Kit HH2 Moisture Metter, which measures soil moisture, temperature, and electrical conductivity. An assessment of strawberry yield was also evaluated. The strawberry crop was harvested 6 times during the harvest season. The yield of strawberries grown in medium-late tubes was 1.328 kg/m², while the yield of early strawberries was 0.985 kg/m². The yield of medium late strawberries was 1.454 kg/m² and that of early strawberries was 1.261 kg/m².

Soil, temperature, moisture content, vertical system, horizontal system, yield.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Gabija USTILAITĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 624) 38 791, el. paštas: ustilaite.gabija@gmail.com.

Gabija USTILAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel. (8 624) 38 791, e-mail: ustilaite.gabija@gmail.com.

Egidijus ŠARAUSKIS. VDU Žemės ūkio akademijos Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto profesorius. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 752357, el. paštas: egidijus.sarauskis@vdu.lt.

Egidijus ŠARAUSKIS. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Agricultural Engineering, Institute of Agricultural Engineering and Safety, Professor. Address: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Phone: +370 37 752357, e-mail: egidijus.sarauskis@vdu.lt.

Davut KARAYEL. Akdeniz universiteto Žemės ūkio fakulteto Žemės ūkio mašinų ir technologijų inžinerijos katedros profesorius. Adresas: 07070 Antalya, Turkey, Tel.: +90 242 310 6532, el. paštas: dkarayel@akdeniz.edu.tr

Davut KARAYEL. Akdeniz University. Faculty of Agriculture. Department of Agricultural Machinery and Technology Engineering. Address: 07070 Antalya, Turkey, Phone: +90 242 310 6532, e-mail: dkarayel@akdeniz.edu.tr

Žemės dirbimo supaprastinimo įtaka skirtingų veislių rapsų peržiemojimui ir derlingumui

Benas Liutvinskas, Rita Pupalienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje pateikiami duomenys apie galimybę supaprastinti žemės dirbimą auginant žieminius rapsus. Lauko eksperimentas vykdytas 2019–2020 metais Mindaugo Liutvinsko ūkyje, esančiame Kuršėnų seniūnijoje, Šiaulių rajone. Rudenį prieš žiemojimą ir pavasarį atsinaujinus augalų vegetacijai įvertintas žieminių rapsų pasėlių tankumas (apskaičiuotas 0,25 m² plotu aikštelėse 4 vietose kiekviename eksperimento laukelyje), iš šių duomenų nustatytas pasėlio peržiemojimo procentas. Rudenį prieš žiemojimą įvertintas rapsų pasirošimas žiemojimui atliekant biometrinius augalų tyrimus. Nustatytas sėklų derlingumas. Meteorologinės sąlygos sėjos metu buvo palankios, visų tirtų veislių rapsai sudygo gerai tiek tradiciniu būdu, tiek ir supaprastintu būdu įdirbtoje žemėje. Veislė ir žemės dirbimas neturėjo esminės įtakos tirtiems rapsų biometriniais rodikliams augalų vegetacijos pabaigoje rudenį. Storesnį šaknies kaklelį turėjo rapsai, sėti supaprastintai dirbtoje dirvoje, tačiau tik vienos veislės rapsų šaknies kalvis buvo esmingai storesnis. Dvi tirtos veislės išaugino ilgesnę pagrindinę šaknį supaprastintai dirbtoje dirvoje, o kitos trys – ilgesnę tradiciniu būdu dirbtoje dirvoje. Rapsų skrotelės lapų skaičiui rudenį žemės dirbimas neturėjo esminės įtakos, bet įtaką turėjo veislė. Viršūninis pumpuras neviršijo gerai pasiruošusių žiemoti rapsų viršūninio pumpuro aukščio (30 mm), esminė tiriama veiksnio įtaka šiam rodikliui nenustatyta. Rapsų žiemojimui sąlygos buvo palankios, peržiemojo 92,1–97,1 proc. augalų, tiriami veiksniai esminės įtakos neturėjo. Supaprastintai dirbtoje žemėje augintų žieminių rapsų sėklų derlingumas buvo nežymiai didesnis, palyginus su tradiciniu žemės dirbimu. Sėklų derlingumui esminės įtakos turėjo veislė. Supaprastintas žemės dirbimas gali būti sėkmingai taikomas auginant žieminius rapsus. Tai svarbu ir aplinkosauginiu požiūriu.

Žieminiai rapsai, tradicinis žemės dirbimas, supaprastintas žemės dirbimas.

Įvadas

Lietuvoje auginamų rapsų plotai kasmet didėja. Tai lemia auganti paklausa rapsų aliejui, kuris gali būti naudojamas labai plačiai – maisto, kosmetikos, energetikos, farmacijos pramonėse. Norint patenkinti rinkoje esančią paklausą, ūkininkams aktualu ne tik padidinti auginamus plotus, bet ir išauginti kuo didesnį derlių. To pasiekti padeda tinkamas žemės dirbimas, skirtingos rapsų veislės, subalansuotas tręšimas ir augalų apsauga.

Paskutinius 200 metų fiksuojami klimato pokyčiai išsiskiria tuo, kad pagrindinė kaitos priežastis – žmonių veikla (Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, 2017). Keičiantis klimatui svarbu taikyti tvarias žemės dirbimo technologijas. Tradicinis (ariminis) dirbimas reikalauja daug darbo laiko, energetinių sąnaudų, dažnai blogina dirvožemio savybes bei didina aplinkos taršą. Vis dažniau ariminį žemės dirbimą pakeičia beariminis (supaprastintas) žemės dirbimas arba tiesioginė sėja. Pastebėjus, jog beariminis dirbimas ir tiesioginė sėja leidžia pasiekti didesnę ekonominę efektyvumą, vis daugiau ūkininkų šiuos dirbimo būdus pritaiko savo ūkiuose.

Rapsų peržiemojimas ne visada būna sėkmingas. Tam įtakos turi meteorologinės sąlygos, taikoma agrotechnika. Taip pat didelę įtaką pasiruošimui žiemoti ir peržiemojimui bei derlingumui gali daryti skirtingos rapsų veislės. Vis modernėjanti selekcijos pramonė leidžia pritaikyti tinkamą rapsų veislę pagal vyraujančią klimatą ar dirvožemio granulimetrinę sudėtį. Nuo skirtingų žieminių rapsų veislių priklauso ir jų sėjos laikas, vegetacijos periodas, ligų plitimas, augalų biometriniai duomenys, derlingumas ir kt. Šiuo metu daugiausia auginama hibridinių veislių rapsų. Nustatyta, kad hibridinių veislių rapsai mažiau reaguoja į žemės dirbimą ir sėjos laiką – tiek pasėti į supaprastintai, tiek pasėti į tradiciškai (ariant) dirbtą dirvą gerai auga, vystosi, peržiemoja ir dera (Velička ir kt., 2014). Mokslininkų atliktų tyrimų duomenimis, žieminiai rapsai yra laikomi puikiai pasiruošusiais žiemoti, kai prieš žiemojimą jie turi 6–8 lapus, 20 cm ilgio pagrindinę šaknį

bei bent 10 mm skersmens šaknies kaklelį (Waaen ir kt., 2013).

Tyrimo objektas. Taikant tradicinį (ariminį) ir supaprastintą (beariminį) žemės dirbimą auginami skirtingų veislių žieminiai rapsai.

Tyrimo hipotezė. Skirtingi žemės dirbimo būdai ir veislė turės įtakos žieminių rapsų biometriniais duomenims prieš žiemojimą, peržiemojimui ir sėklų derlingumui.

Tyrimų metodika

Lauko tyrimai vykdyti 2019–2020 m. ūkininko Mindaugo Liutvinsko ūkyje, Kuršėnų mieste, Šiaulių rajono savivaldybėje.

Eksperimento veiksniai A veiksnys – veislė, B veiksnys – žemės dirbimas. Lauko eksperimentui vykdyti pasirinktos šios žieminių rapsų hibridinės veislės – „DK Extract“, kuri sukurta Prancūzijoje, 2007 metais registruota Lenkijoje. Antroji veislė buvo taip pat Bayer Group prekinio ženklo Dekalb hibridinių rapsų veislė – „DK Exterrier“, kuri 2016 metais registruota Vengrijoje. Selekcijos šalis – Prancūzija. Trečiasis eksperimento variantas taip pat Dekalb hibridinių rapsų veislė „DK Expansion“. Šios veislės selekcijos šalis Prancūzija, 2015 metais registruoja šioje šalyje. Ketvirtoji veislė buvo pasirinkta Rapool šeimos hibridinių rapsų veislė „Mercedes“, kuri sukurta Vokietijoje, Norddeutsche Pflanzenzucht Hans-Georg Lembke KG sėklininkystės įmonėje. Penktoji – įmonės Syngenta hibridinė žieminių rapsų veislė „SY Alibaba“. Eksperimente lygintos 2 žemės dirbimo sistemos: 1. Tradicinis žemės dirbimas (su arimu) ir 2. Supaprastintas žemės dirbimas (beariminis).

Laukelių ilgis – 200 m, plotis – 30 m. Laukelių apsauginės juostos – 2 m pločio, apsauginės juostos tarp pakartojimų – 9 m pločio. Eksperimentas atliktas 5 pakartojimais. Žieminių rapsų priešsėlis – žieminiai kviečiai. Tyrimo atlikimo vietoje vyraujantis dirvožemis yra tipingas pasotintasis rudžemis *Eutric Cambisol*. Dirvožemio armuo artimas neutraliam (pH – 6,5), vidutinio humusingumo (2,02 proc.), didelio fosforingumo (231 mg kg⁻¹), kalingas (180 mg kg⁻¹). Žieminių rapsų sėjai dirva pradėta ruošti kitą dieną po žieminių kviečių

nukūlimo. Rugpjūčio 20 dieną pusė lauko suarta pasitelkiant Lemken Diamant 12 plūgą, po kelių valandų nukultivuota naudojant Vaderstad NZ Agressive 800, o kita pusė lauko išdirbta universaliu skutikliu Vaderstad TopDown 500. Tą pačią dieną bandymų laukas apsėtas. Sėklos norma: visuose bandymų laukeliuose sėjome po 3 kg ha⁻¹ sėklos, sėjos tarpueilių plotis 12,5 cm, sėkla įterpta į 1–2 cm gyliu. Eksperimento laukeliuose naudotos mineralinės trąšos ir augalų apsaugos priemonės pagal įprastą žieminių rapsų auginimo technologiją. Žieminių rapsų sėklų derlius nuimtas 2020 m. liepos 20 d. Rapsai nukulti pilnai subrendę, naudojant kombainą Claas Lexion 670.

Atliekant tyrimą žieminių rapsų augimo metu vyrovusi temperatūra ir kritulių kiekis buvo surinkti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos duomenų bazės, artimiausios hidrometeorologinės stotelės nuo bandymo lauko. Kritulių kiekis 2019 – 2020 m. laikotarpiu buvo menkesnis, nei standartinė klimato norma. Pavasaris buvo vėsesnis, nei įprasta, tačiau tai buvo privalumas – esant ganėtinai nedideliame kritulių kiekiui, drėgmės atsargos ne taip greitai išgaravo. Šalčiausias periodas žieminiams rapsams buvo palankus, nes vyravo teigiamos temperatūros. Šiltas birželis, liepa bei rugpjūtis buvo palankūs žieminių rapsų augimui ir brendimui, rapsai galėjo subrandinti stambias ir aliejingas sėklas.

Pateikti eksperimento duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu, naudojant statistinę programą ANOVA iš programų paketo „SELEKCIJA“. Duomenys įvertinti pagal Fišerio kriterijų F ir R 0,05 – mažiausią esminį skirtumą. Skirtumų esmingumo lygmuo – 95 proc., P<0,05. Vidurkiai, pažymėti ne ta pačia raide, (a, b, c, d) skiriasi esmingai (Raudonius, 2017).

Tyrimų rezultatai ir aptarimas

Baigiantis rapsų vegetacijai rudenį buvo nustatyta rapsų šaknies kaklelio skersmuo, lapų skaičius, pagrindinės šaknies ilgis, vidutinė vieno augalo masė, viršūninio pumpuro aukštis. Geriausiai žieminiai rapsai pasiruošia žiemojimui, užsigrūdina, jei rudens vegetacijos pabaigoje augalas turi 6 – 8 lapus, viršūninis pumpuras būna pakilęs ne aukščiau kaip 3 cm, o šaknies kaklelio skersmuo būna ne mažiau 0,8 – 1 cm (Crnobarac et al., 2015). Žieminių rapsų sėkmingas žiemojimas be meteorologinių sąlygų, užsigrūdinimo taip pat priklauso nuo veislės, rapsų sėjos laiko, sėklos normos, nuo kurios priklauso pasėlio tankumas ir augalų auginimo technologijos (Keidan, 2018).

Žemės dirbimo būdas ir veislė turėjo esminės įtakos žieminių rapsų lapų skaičiui. Didžiausią lapiją užaugino ‘SY Alibaba’ veislės žieminiai rapsai – 8,1 vnt., taikant

tradicinį žemės dirbimą. Lyginant su mažiausiai lapijos užauginusia veisle ‘DK Expansion’ taikant tokį pat žemės dirbimą, matome jog ši veislė išvystė 22,2 proc. mažiau lapų. Kalbant apie ‘Mercedes’ ir ‘DK Extract’ veislių žieminius rapsus galime pastebėti, jog užaugino beveik vienodą antžeminę dalį, taikant tiek supaprastintą tiek ir tradicinį žemės dirbimo būdą, tačiau 11,1 proc. mažiau nei ‘SY Alibaba’ veislės rapsai. ‘DK Exterrier’ veislės rapsai užaugino 7,4 proc. didesnę lapiją nei ‘DK Expansion’ rapsai taikant tradicinį žemės dirbimo būdą.

Tiek veislė, tiek žemės dirbimo būdas turėjo esminės įtakos šaknies kaklelio skersmeniui. Storiausią šaknies kaklelį 12,6 mm, užaugino ‘SY Alibaba’ veislės žieminiai rapsai pasėti į supaprastintą žemės dirbimą. Lyginant su tradiciniu žemės dirbimu, ši veislė 14,3 proc. užaugino storesnį šaknies kaklelį taikant supaprastintą žemės dirbimą. Mažiausiai išvystė ‘Mercedes’ veislės rapso šaknies kaklelis, jis tiek supaprastintame tiek ir tradiciniame žemės dirbime siekė 9,2 mm. Lyginant tris likusias veisles – ‘DK Extract’, ‘DK Exterrier’ ir ‘DK Expansion’, nustatyta, jog storesnį šaknies kaklelį užaugino visos paminėtos veislės taikant supaprastintą žemės dirbimą.

Žieminių rapsų pasiruošimą žiemojimui galime nustatyti ne tik suskaičiavus lapų kiekį, išmatavus šaknies kaklelio storį, bet taip pat labai svarbu ir viršūninis pumpuro aukštis, kuris neturėtų būti aukštesnis nei 3 cm. Jeigu žieminių rapsų viršūninis pumpuras bus pakilęs nuo žemės paviršiaus daugiau negu 3 cm, tai stipriai sumažins tikimybę rapsams gerai peržiemoti. Žiemos metu esant plonai sniego dangai, virš jos kyšantys viršūniniai pumpurai yra labai lengvai pažeidžiami šalčio, jie nušąla, o tokie augalai pavasarį neatnaujinama vegetacijos ir žūsta (Novickienė ir kt., 2010). Atliekant eksperimentą nustatyta, kad pagal šį rodiklį visų veislių augalai taikant tiek supaprastintą, tiek tradicinį žemės dirbimą žiemojimui buvo pasiruošę gerai (1 lentelė). Viršūninio pumpuro aukščiui nei skirtingos žeminio rapso veislės, nei skirtingas žemės dirbimo būdas neturėjo esminės įtakos. Aukščiausią viršūninį pumpurą 21,5 mm užaugino ‘DK Expansion’ veislės rapsai taikant beariminį žemės dirbimo būdą. ‘SY Alibaba’, ‘DK Exterrier’ ir ‘Mercedes’ veislės rapsai taikant ariminį būdą užaugino šiek tiek aukštesnį viršūninį pumpurą nei taikant supaprastintą žemės dirbimą. Žemiausią pumpurą užaugino ‘DK Exterrier’ veislės žieminiai rapsai taikant tradicinį žemės dirbimo būdą, jis siekė vos 18mm, o tai 16,3 proc. žemesnis pumpuras lyginant su ‘Mercedes’ veisle tokiu pačiu žemės paruošimo būdu.

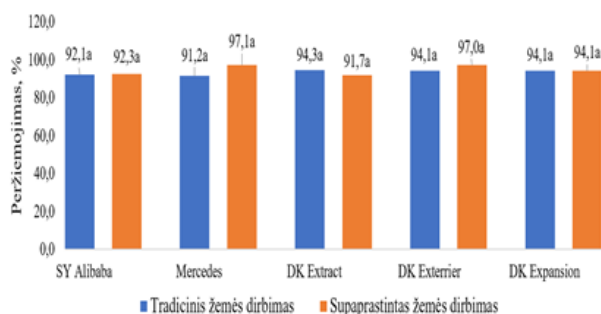
1 lentelė. Rapsų biometriniai rodikliai prieš žiemojimą**Table 2.** Biometrical indexes of rape before wintering

Rapsų veislės (A veiksnys) <i>Rape cultivar (factor A)</i>	Žemės dirbimas (B veiksnys) <i>Soil tillage (factor B)</i>	Lapų skaičius, vnt. <i>Number of leaves, units</i>	Viršūninio pumpuro aukštis, mm <i>Height of apical bud, mm</i>	Šaknies kaklelio skersmuo, mm <i>Root collar diameter, mm</i>	Pagrindinės šaknies ilgis, cm <i>Length of main root, cm</i>
'SY Alibaba'	tradicinis	8,1a	21,2a	10,8b	16,8de
	supaprastintas	7,8ab	20,3a	12,6a	20,3a
'Mercedes'	tradicinis	7,2bcd	21,5a	9,2c	16,0e
	supaprastintas	6,6de	21,4a	9,2c	17,8de
'DK Extract'	tradicinis	7,2bcd	20,7a	10,4bc	18,2bcd
	supaprastintas	6,9cde	19,4a	10,6bc	18,0scc
'DK Exterrier'	tradicinis	6,8cde	18,0a	10,2bc	19,9abs
	supaprastintas	6,7cde	21,2a	11,0b	18,2bcd
'DK Expansion'	tradicinis	6,3e	20,4a	11,3ab	20,6a
	supaprastintas	6,7cde	22,4a	11,6ab	17,2de

Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b), skiriasi esmingai ($P < 0,05$).

Note: treatment averages signed with not the same letters differ significantly ($P < 0.05$).

Lauko eksperimente augintos hibridinės žieminių rapsų veislės. R. Velička ir kt. (2010) nustatė, kad žemės dirbimas neturi esminės įtakos hibridinių veislių rapsų pasiruošimui žiėti, peržiemojimui ir derlingumui. Hibridinės rapsų veislės yra atsparesnės nepalankioms augimo sąlygoms, geriau pasiruošia žiemojimui ir geriau peržiemoja. Atliktame lauko eksperimente visos pasėtos žieminių rapsų veislės buvo hibridinės, todėl ir palyginus vėlai pasėti rapsai peržiemojo puikiai, nes hibridinės veislės sparčiau vystosi augimo pradžioje (Butkevičienė, 2012). Geras augalų peržiemojimas glaudžiai susijęs tiek su augalų biologinėmis savybėmis, tiek ir su auginimo technologijomis. Kasmet šiltėjant klimatui Lietuvoje, vėla pradėti žieminius rapsus sėti vėliau, nes jie geriau peržiemoja ir suformuoja daugiau produktyvių elementų. (Velička ir kt., 2009). Analizuojant žieminių rapsų peržiemojimo duomenis (1 pav.), galime daryti išvadą, jog nei veislė, nei pasirinktas žemės dirbimo būdas neturėjo esminės įtakos žieminių rapsų peržiemojimui. Didžiausią peržiemojimo procentą turėjo 97,1 proc. 'Mercedes' ir 97 proc. 'DK Exterrier' veislės rapsai pasėti, į supaprastintai dirbtą žemę. Tačiau matome, jog taikant tradicinį žemės dirbimą 'Mercedes' veislės rapsai žiemojo neesmingai prasčiausiai – 91,2 proc.

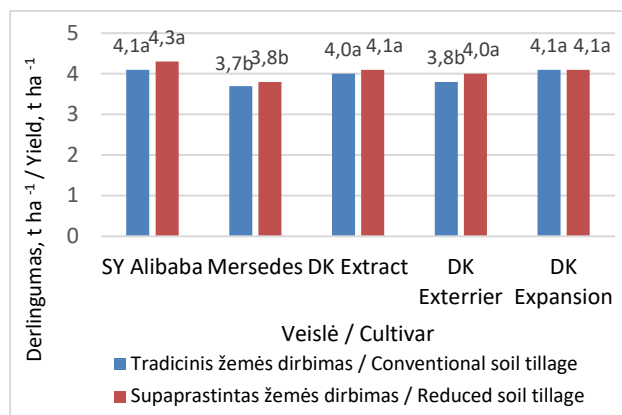
**1 pav.** Žemės dirbimo ir veislės įtaka žieminių rapsų peržiemojimui**Fig 1.** The influence of soil tillage and cultivar on oilseed rape overwintering

Pastaba: Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b), skiriasi esmingai ($P < 0,05$).

Note: treatment averages signed with not the same letters differ significantly ($P < 0.05$).

Norint gauti stabilų, gausų žieminių rapsų derlių, augalai turi būti pajėgūs prisitaikyti prie kintančių klimato sąlygų. Augalo reikmes atitinkantis tręšimas, tinkamas žemės dirbimas, atspari nepalankiems aplinkos veiksniams veislė – visa tai gali keisti ūkininkas. Eksperimente gauti žieminių rapsų sėklų derlingumo duomenys pateikti 2 paveiksle.

Vertinant rapsų derlingumą, galime daryti išvadą, jog taikytas skirtingas žemės dirbimo būdas neturėjo esminės įtakos žieminių rapsų derlingumui, tačiau skirtingos veislės turėjo. Didžiausią sėklų derlių 4,3 t ha⁻¹ užaugino 'SY Alibaba' veislės žieminiai rapsai naudojant supaprastintą žemės dirbimą. Lyginant su 'Mercedes' veislės rapsais taikant tradicinį žemės dirbimo būdą, ši veislė užaugino 13,9 proc. mažesnę derlių nei 'SY Alibaba' veislės rapsai – 3,7 t ha⁻¹. 'DK Expansion' veislė užėmė antrąją vietą pagal derlingumą ir skirtinguose žemės dirbimo technologijose užaugino identišką 4,1 t ha⁻¹ sėklų derlių. Žvelgiant į 'DK Extract' ir 'DK Exterrier' veislių rapsus, galime matyti, jog joms labiau tiko supaprastintas žemės dirbimo būdas: nors esminės įtakos nepadarė, tačiau užaugino šiek tiek didesnę derlių nei taikant tradicinį žemės dirbimą ir siekė 4,1 t ha⁻¹ – 4,0 t ha⁻¹.

**2 pav.** Žemės dirbimo ir veislės įtaka žieminių rapsų sėklų derlingumui**Fig 2.** The influence of soil tillage and cultivar on oilseed rape seed yield

Pastaba: Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b), skiriasi esmingai ($P < 0,05$).

Note: treatment averages signed with not the same letters differ significantly ($P < 0.05$).

Atlikus eksperimentą ūkyje galima daryti išvadą, kad tokiomis sąlygomis buvo geriausia auginti 'SY Alibaba' veislės žieminius rapsus, nes jie davė didžiausią sėklų derlingumą taikant supaprastintą žemės dirbimą. Supaprastintas žemės dirbimas auginant šiuolaikines hibridines rapsų veisles yra tinkamas pasirinkimas.

Literatūra

1. Butkevičienė, L. M. Skirtingu laiku sėtų žieminių rapsų ir jų hibridų vystymosi ir derėjimo dėsninumai. Disertacija. Kaunas. Akademija. 2012. 120 p.
2. Crnobarac, J.; Marinković, B.; Jeromela et al. The effect of variety and sowing date on oilseed rape yield and quality. *International Scientific Publications*, 2015, vol. 3., p. 241–245
3. Keidan, M. Žieminių rapsų technologinių parametrų optimizavimas ekologinėje žemdirbystėje: mokslo daktaro disertacija. Kaunas, Akademija, 2018.
4. *Klimato kaitos priežastys ir pasekmės. LIETUVOS HIDROMETEOROLOGIJOS TARNYBA* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 m. balandžio 11 d.]. 2017. Prieiga per internetą: <http://www.meteo.lt/lt/klimato-kaita>.
5. Novickienė, L. Gavelinė, V. Miliuvienė, L. Comparison of winter oilseed rape varieties: cold acclimation, seed yield and quality. *Žemdirbystė=Agriculture*. 2010, vol. 97(3), p. 77–86.
6. Velička, R.; Anisimovienė, N.; Pupalienė, R. et al. Preparation of oilseed rape for over-wintering according to autumnal growth and cold acclimation period. *Žemdirbystė=Agriculture*, 2010, vol. 97, No. 3. p. 69–76.
7. Waalen, W. M. ir kt. Freezing tolerance of winter canola cultivars is best revealed by a prolonged freeze test. *Crop science*. 2011. vol. 51(5), p. 1988–1996.

Benas Liutvinskas, Rita Pupalienė

Influence of Tillage Simplification on Over-Wintering and Yield of Different Cultivars of Oilseed Rape

Summary

The article presents data on the possibility of simplifying the soil cultivation for winter oilseed rape. The field experiment was carried out in 2019–2020 in Mindaugas Liutvinskas farm, located in Kuršėnai eldership, Šiauliai district. In the autumn before wintering and in the spring after the renewed plant vegetation, the density of winter oilseed rape was estimated (calculated at 0.25 m² sites in 4 locations in each experimental plot). The percentage of overwintering of the crop was determined by calculation. In the autumn before wintering, the readiness of oilseed rape for wintering was assessed by biometric plant surveys. Seed yield was determined. Cultivar and tillage did not have a significant effect on the studied rapeseed biometrics at the end of plant vegetation in autumn. The meteorological conditions at the time of sowing were favorable, and oilseed rape of all cultivars germinated well in both the traditional and reduced tillage. No significant differences were found between the experimental treatments when estimating the crop density in the spring. Conditions for rapeseed wintering were favorable, 92.1–97.1 percent of plants overwintered, the factors studied did not have a significant effect. Rape sown in soil with reduced tillage had a thicker root collar, but only one cultivar of rapeseed had significantly thicker root collar. Two of the studied cultivars had a longer main root in plots with reduced tillage and the other three cultivars it had longer in traditionally tilled soil. The number of rapeseed leaves in the autumn was not significantly affected by tillage, but the variety had significant effect. The top bud did not exceed the top bud height (30 mm) of the rapeseed, well prepared for winter. No significant influence of the studied factors on this indicator was found. The yield of winter oilseed rape seeds grown in plots where reduced cultivation was used was slightly higher compared to traditional tillage. Reduced soil tillage can be successfully applied for winter oilseed rape growing. This is also important from an environmental point of view.

Winter oilseed rape, conventional tillage, reduced tillage

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Benas LIUTVINSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. +370 75 23 19, el. paštas: benas.liutvinskas@stud.vdu.lt.
Benas LIUTVINSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Msc student. Address: Studentu g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 75 23 19, e-mail: benas.liutvinskas@stud.vdu.lt.
Rita PUPALIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė, žemės ūkio mokslų daktarė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. + 370 75 23 19, el. paštas: rita.pupaliene@vdu.lt.
Rita PUPALIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of agricultural sciences, assoc. prof. Address: Studentu g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 75 23 19, e-mail rita.pupaliene@vdu.lt.

Javų kombaino su ašiniu kūlimo-separavimo įrenginiu darbo parametrų įtaka aplinkai nuimant kukurūzų derlių

Karolis Mockus, Dainius Steponavičius, Aurelija Kemzūraitė, Dainius Savickas

Vytauto Didžiojo universitetas

Šiuolaikinis žemės ūkis neįsivaizduojamas be traktorių ir savaeigių žemės ūkio mašinų. Jų varikliams reikalingi dyzeliniai degalai ir alyvos, kurie gaminami iš iškastinio kuro, t. y. iš naftos. Todėl tokios žemės ūkio technikos naudojimas taip pat daro poveikį aplinkai. Šiame tyrime analizuotas javų kombaino su ašiniu kūlimo-separavimo įrenginiu technologinių parametrų poveikis šiltnamio efektą sukeliančių dujų (*ŠESD*) emisijoms ir globalinio atšilimo potencialui (*GWP*). Javų kombaino eksperimentiniai tyrimai atlikti 2020 m. Akmenės r. kukurūzų grūdų derliaus nuėmimo metu. Tyrime buvo nagrinėjamas javų kombaino darbinio greičio ir tiekiamo į jį kukurūzų burbuolių srauto poveikis aplinkos orui. Įvertinus tyrimų rezultatus, buvo apskaičiuota, kad *GWP* dalį vienai tonai kukurūzų burbuolių iškulti galima sumažinti tiekiant į kombainą ne mažesnę kaip 17 kg s^{-1} kukurūzų burbuolių srautą. Tuomet kombaino darbinis greitis turi būti $\geq 5,8 \text{ km h}^{-1}$. Tolimesnis javų kombaino darbinio greičio, o tuo pačiu ir kuliamų burbuolių srauto didinimas *GWP* rezultatus veikia nereikšmingai.

Kukurūzų derliaus dorojimas, kombaino darbo parametrai, degalų sąnaudos, ŠESD emisijos.

Įvadas

Pagal Tarptautinę klimato kaitos komisiją (Tubiello *et al.*, 2013; Waheed *et al.*, 2018), vertinant *ŠESD* emisijas, žemės ūkis yra antras pagal dydį, kuris sudaro nuo 24 % iki 30 % viso išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų (*ŠESD*, angl., *GHG – Greenhouse Gas*) kiekio. Žemės ūkio praktika prisideda ne tik prie CO_2 , bet ir prie kitų šiltnamio efektą sukeliančių dujų CH_4 ir N_2O emisijų (Flessa *et al.*, 2002). Globalinio atšilimo potencialas (angl. *GWP – Global Warming Potential*) yra dažniausiai naudojamas dydis, skirtas palyginti skirtingų *ŠESD* poveikį per tam tikrą laikotarpį (Greenhouse..., 2021). Be to, *GWP* yra bendras matavimo vienetas, leidžiantis tyrėjams ir analitikams susumuoti skirtingus išmetamųjų teršalų įverčius, o politikos formuotojai gali palyginti ir numatyti išmetamųjų teršalų mažinimo galimybes įvairiuose sektoriuose (Greenhouse..., 2021).

Visuose traktoriuose ir savaeigėse ž. ū. mašinose naudojami dyzeliniai vidaus degimo varikliai, kurių galia gali siekti 500 kW ir daugiau. Priklausomai nuo darbo sąlygų ir pobūdžio savaeigės žemės ūkio mašinos (pvz., javų, bulvių ar cukrinių runkelių derliaus doravimo kombainai, žolės smulkintuvai) gali sunaudoti virš 50 l ha^{-1} degalų (Nik *et al.*, 2009). Žemės ūkyje dyzelinių degalų naudojimas prisideda ne tik prie *ŠESD* emisijų, bet ir prie oro taršos didinimo.

Kadangi viena iš pagrindinių ir svarbiausių savaeigių žemės ūkio mašinų yra javų kombainai, todėl juos detaliau analizuosime šiame straipsnyje. Jei dirbant kombainams *ŠESD* emisijas ir oro teršalus galima kontroliuoti įdiegiant pažangias vidaus degimo variklio katalizatorių ir filtrų technologijas, tai CO_2 išsiskyrimas į aplinką tiesiogiai koreliuoja su sunaudotų dyzelinių degalų kiekiu. Pavyzdžiui, nepaisant to, kad javų kombainas Baltijos regione vidutiniškai dirba tik $\sim 220 \text{ h}$ per metus, per tą laiką sunaudoja nemažą kiekį $> 8000 \text{ t}$ dyzelinių degalų. Šių degalų įtaka globaliniam atšilimui sudaro apie $\sim 26 \text{ t}$ per metus, skaičiuojant CO_2 ekvivalentu (Savickas *et al.*, 2020). Analizuojant javų kombainų su galingais varikliais ($> 500 \text{ AG}$) telematiką, jų metinis indėlis į globalinį atšilimą deginant dyzeliną buvo dar didesnis – $\sim 40 \text{ t}$ per metus CO_2 ekvivalento vienam kombainui (Savickas *et al.*, 2021).

Auginamų grūdams kukurūzų plotai Lietuvoje didėja. 2017 m. auginta 37918 ha, 2018 m. – 41860 ha, o 2019 m. –

46230 ha plotuose. 2020 m. grūdams skirti kukurūzai buvo auginami jau virš 50 tūkst. ha plotuose (Kukurūzų..., 2020). Nuimti grūdai naudojami pašarui bei etanolio gamybai. Šalyse, žemės ūkyje taikančiose modernias technologijas, tarp jų ir Lietuvoje, kukurūzų grūdams nuimti naudojami savaeigiai javų kombainai su tangentiniais arba ašiniais kūlimo aparatais (Pužauskas, 2018). Kukurūzų derliaus nuėmimui, dėl mažesnio grūdų žalojimo, vieni iš tinkamiausių yra kombainai su ašiniu kūlimo-separavimo įrenginiu (Poničan *et al.*, 2009). Pastarųjų kombainų darbo parametrų įtaka aplinkai dar nėra pakankamai tyrinėta. Tyrimais būtų tikslinga nustatyti į aplinką patenkančias *ŠESD* emisijas, jų poveikį *GWP* bei šio rodiklio mažinimo galimybes. Todėl šiame javų kombainų poveikio aplinkai tyrime buvo pasirinktas javų kombainas su ašiniu kūlimo-separavimo įrenginiu.

Tyrimų tikslas – ištirti javų kombaino su ašiniu kūlimo-separavimo įrenginiu darbo parametrų įtaką aplinkai nuimant kukurūzų grūdų derlių.

Tyrimų metodika

Tyrimai buvo atlikti Lietuvoje (Akmenės r.) 2020 m. lapkričio mėn. 20 d. Bandymų lauko tikslios koordinatės: platuma – 56.3666, ilguma – 22.5925. Javų kombainu Case IH 8250 Axial-Flow (2019 m. gamybos), su pusiau vikšrine važiuokle, nuimtas kukurūzų grūdų derlius. Kombaine sumontuotas ašinis kūlimo-separavimo įrenginys, kurio rotorius skersmuo 762 mm, ilgis 2638 mm, pobūgnių separacijos plotas – $2,98 \text{ m}^2$. Grūdų bunkerio talpa $14\,400 \text{ litrų}$. Tuščio kombaino masė – 20 t.

Javų kombaino dyzelinio 6 cilindų FPT Cursor 13 vidaus degimo variklio galia siekė 420 kW (Tier 4B). Variklio cilindų darbinis tūris 12900 cm^3 . Degalų bako talpa – 1 125 l. Kombaine įrengta azoto oksidų mažinimo išmetamosiose dujose sistema AdBlue®, kurios bako talpa 166 l. Kombainas buvo eksploatuojamas su 6 m (8 eilučių) pločio burbuolių skabytuve.

Prieš kukurūzų derliaus nuėmimą buvo nustatytas burbuolių derlius. Tuo tikslu pirmiausia buvo apskaičiuotas kukurūzų stiebų skaičius penkiose atsitiktinai pasirinktose penkių metrų kukurūzų eilučių atkarpose. Taip buvo nustatytas vidutinis stiebų skaičius viename kukurūzų eilutės metre. Žinant tarpus tarp eilučių, kurie bandymų lauke buvo 0,75 m, nustatytas vidutinis stiebų skaičius vieno

kvadratinio metro plote. Tada vidutinei kukurūzų burbulės masė (su ją dengiančiais lapais) nustatyti iš kiekvienos atsitiktinai atrinktos kukurūzų eilutės buvo paimta po 10 burbulių. Kukurūzų burbulės buvo paimtos iš kas penkto stiebo. Kadangi tai buvo daroma 5 skirtingose eilutėse, iš viso buvo surinkta 50 kukurūzų burbulių. Jas atskirai pasvėrus nustatyta vidutinė vienos kukurūzų burbulės masė. Žinant vidutinį stiebų skaičių viename m^2 ir vidutinę vienos kukurūzų burbulės masę, buvo apskaičiuota vidutinė burbulių masė vieno kvadratinio metro plote. Burbulės masė siekė 202 ± 31 g. Pagal šią metodiką atlikus tyrimą nustatyta, kad kukurūzų burbulių derlius siekė $1,75 \pm 0,12$ kg m^{-2} , kai jų grūdų drėgnis – $30,0 \pm 4,0$ %. Įvertinus kukurūzų burbulių derlių ir skabytuvės plotį, apskaičiuota, kad javų kombainui važiuojant 1 km h^{-1} greičiu į jo kūlimo-separavimo įrenginį tiekiamas $q = 2,91$ kg s^{-1} burbulių srautas.

Grūdų drėgnis nustatytas džiovinant juos 24 valandas indukciniame krosnyje $103^\circ C$ temperatūroje, kol buvo pasiekta pastovi jų masė (ASAE standartas S352.2, 1988).

Į javų kombainą tiekiamų kukurūzų burbulių srautas q buvo apskaičiuotas taip:

$$q = v \times H_w \times W_m, \text{ kg } s^{-1} \quad (1)$$

v – javų kombaino darbinis greitis, m s^{-1} ;

H_w – javų kombaino burbulių skabytuvės plotis, m;

W_m – kukurūzų burbulių derlius, kg m^{-2} .

Javų kombaino vidaus degimo variklio išmetamųjų dujų sudėties analizei buvo naudojamas nešiojamasis dujų analizatorius Autoplus5-2 (Kane International Ltd, JK). Šiame tyrime buvo fiksuota O_2 ir CO_2 dujų bei azoto oksidų NO ir nesudegusių hidrokarbonatų HC koncentracija variklio išmetamosiose dujose kukurūzų derliaus nuėmimo metu. Dujų analizatoriaus matavimo specifikacija pateiktos 1 lentelėje.

Bandymai atlikti su dujų analizatoriumi, kuris pasirinktas dėl savo mažo dydžio, lengvos masės, universalumo ir patogumo naudoti realiomis lauko sąlygomis. Reikia pabrėžti, kad šis prietaisas pasitvirtino ir yra plačiai naudojamas kitų autorių tyrimuose (Wang *et al.*, 2018; Basha *et al.*, 2020).

1 lentelė. Dujų matavimo prietaiso charakteristikos

Table 1. Gas measurement characteristics

Dujos	Matavimo vienetai	Tikslumas	Matavimo ribos
CO_2	0,1 %	± 5 % nuskaitymo $\pm 0,5$ % tūrio	0–16 %
O_2	0,01 %	± 5 % nuskaitymo $\pm 0,1$ % tūrio	0–21 %
NO	1 ppm	± 5 % nuskaitymo ± 25 ppm tūrio	0–5000 ppm

Atliekant šio tyrimo bandymus, analizatoriaus zondas buvo įkištas į javų kombaino išmetimo vamzdį ir lanksčia žarna sujungtas su matavimo prietaisu pritvirtintu kombaino kabinoje. Derliaus nuėmimo metu, pakeitus kombaino važiuojimo greitį, išmetamųjų dujų sudėtis stabilizavosi per 1 minutę. Tada į prietaiso vidinę atmintį 10 sekundžių intervalais buvo įrašoma 20 dujų analizatoriaus verčių. Po lauko bandymų analizatoriaus reikšmės tolesnei analizei

buvo perkeltos į kompiuterį, naudojant įrangos gamintojo pateiktą programinę įrangą. Bandymų metu dujų analizatorius turėjo galiojantį kalibravimo pasą. Kalibravimas buvo atliktas naudojant kalibravimo dujas.

Tyrimai kartoti po 15 kartų. Apskaičiuoti aritmetiniai vidurkiai ir jų pasikliauties intervalai, esant 95 % tikimybei.

Valandinių degalų sąnaudų ir variklio apkrovos skaitinės vertės fiksuotos gamykliniame kombaino sistemos kompiuteryje. Skaičiuojant $\dot{S}ESD$ ir GWP javų kombaino degalų sąnaudų duomenys buvo konvertuoti iš litrų per valandą į kg h^{-1} . Naudotas $0,832$ kg l^{-1} dyzelinių degalų tūrio ir masės perskaičiavimo koeficientas k (Savickas *et al.*, 2020; Agarwal *et al.*, 2022).

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos, atliekant lauko bandymus, buvo įvertintos naudojant metodiką, aprašytą EMEP/EEA Oro teršalų išmetimo aprašo vadovo 1.A.4 skyriuje (Winther *et al.*, 2019):

$$E_{CO_2, CH_4 \text{ ar } N_2O} = k \times D \times EF_{CO_2, CH_4 \text{ ar } N_2O}, \text{ kg } h^{-1}; \quad (2)$$

$E_{CO_2, CH_4 \text{ ar } N_2O}$ – atitinkamų GHG dujų (CO_2 , CH_4 ar N_2O) emisijos, kg h^{-1} ;

D – javų kombaino degalų sąnaudos, l h^{-1} ;

$EF_{CO_2, CH_4 \text{ ar } N_2O}$ – teršalo emisijos koeficientas, kg kg^{-1} sunaudotų dyzelinių degalų (2 lentelė).

Visos $\dot{S}ESD$ emisijos turi įtakos GWP (kg), kuris buvo apskaičiuotas ir išreikštas CO_2 ekvivalentu taip:

$$GWP = E_{CO_2} + 25 \times E_{CH_4} + 298 \times E_{N_2O}, \text{ kg}. \quad (3)$$

2 lentelė. $\dot{S}ESD$ emisijų koeficientai žemės ūkyje naudojamiems varikliams juose sudeginant 1 t dyzelinių degalų (Pirjola *et al.*, 2017)

Table 2. GHG emission factors for agricultural transportation by combusting 1 t of diesel fuel

$\dot{S}ESD$ emisijų koeficientai		
CO_2 , kg kg^{-1}	N_2O , kg kg^{-1}	CH_4 , kg kg^{-1}
3,160	0,000139	0,000013

Kiekvienų $\dot{S}ESD$, išreikštų CO_2 ekvivalentais, santykiai yra tokie: 1 kg $CO_2 = 1$ kg CO_2 eq, 1 kg $CH_4 = 25$ kg CO_2 eq ir 1 kg $N_2O = 298$ kg CO_2 eq (Huang *et al.*, 2020; Liao *et al.*, 2021).

Dyzelinių degalų kiekis D_t , sunaudotas vienai tonai kukurūzų burbulių iškulti, keičiant javų kombaino greitį derliaus nuėmimo metu, nustatytas taip:

$$D_t = \frac{D}{q_{th}}, \text{ l } t^{-1}; \quad (4)$$

D_t – javų kombaino degalų sąnaudos, l t^{-1} ;

D – javų kombaino degalų sąnaudos, l h^{-1} ;

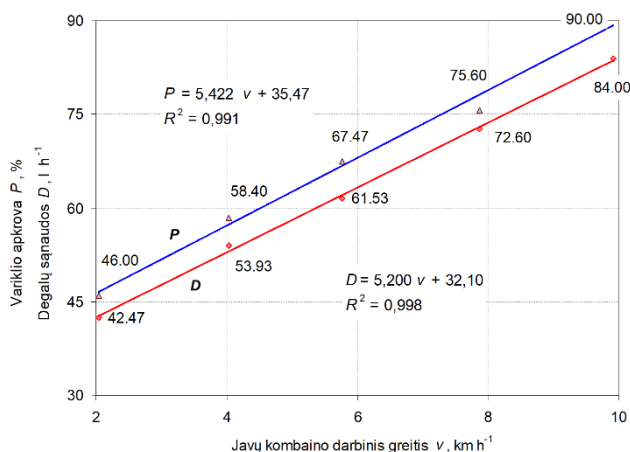
q_{th} – į javų kombainą tiekiamų burbulių srautas, t h^{-1} :

$$q_{th} = \frac{q \times 3600}{1000}, \text{ t } h^{-1}.$$

Atlikus tyrimus, buvo sudarytos tirtu javų kombaino variklio apkrovos P , degalų sąnaudų D , išmetamųjų dujų CO ir CO_2 koncentracijų, azoto oksidų NO ir nesudegusių hidrokarbonatų HC bei GWP priklausomybės nuo kombaino darbinio greičio v arba tiekiamo kūlimui burbulių srauto q .

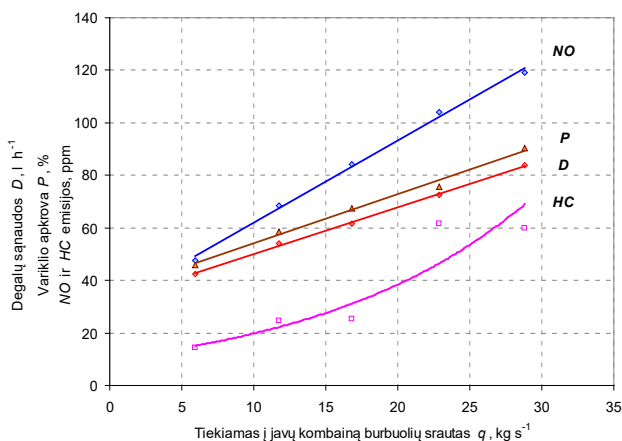
Rezultatai ir aptarimas

Tyrimų metu javų kombaino darbinis greitis keistas nuo 2,1 km h⁻¹ iki 9,9 km h⁻¹. Tuomet tiek variklio apkrova P , tiek ir valandinės degalų sąnaudos D didėjo tiesinėmis priklausomybėmis (1 pav.). Šiame greičio intervale tiekiamas į kūlimo-separavimo įrenginį kukurūzų burbuolių srautas padidėjo 4,85 karto: nuo 5,9 kg s⁻¹ iki 28,8 kg s⁻¹ (2 pav.). Atkreiptinas dėmesys į tai, kad tiekiant į kombainą mažiau nei 15 kg s⁻¹ burbuolių srautą variklio apkrova siekia tik 60 %.



1 pav. Javų kombaino darbinio greičio v įtaka vidaus degimo variklio apkrovai P ir valandinėms degalų sąnaudoms D

Fig. 1. Influence of combine harvester travel speed v on the combine harvesters engine load P and hourly fuel consumption D



2 pav. Tiekiamo burbuolių srauto q įtaka variklio apkrovai P , degalų sąnaudoms D , NO ir HC emisijoms:

Fig. 2. Influence of feed rate q on the engine load P , fuel consumption D , NO, and HC emissions:

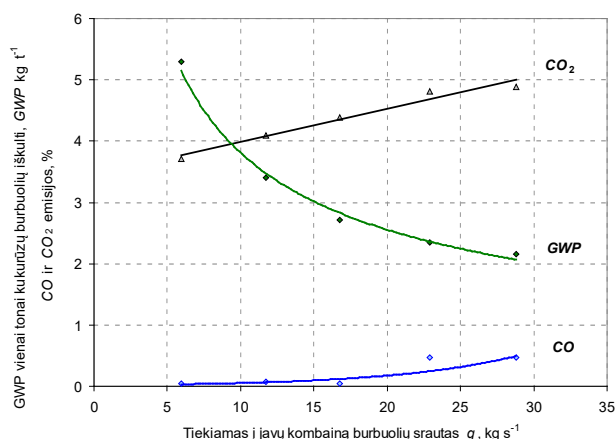
$$NO = 3,129 q + 30,79; R^2 = 0,996; P = 1,864 q + 35,47; R^2 = 0,991;$$

$$D = 1,788 q + 32,10; R^2 = 0,998; HC = 10,19 e^{0,066 q}; R^2 = 0,903.$$

Nors tyrimų kombaine ir buvo įrengta azoto oksidų mažinimo išmetamosiose dujose sistema AdBlue®, NO koncentracijos fiksuotos jau esant nedidelei variklio apkrovai. Kuliant 5,9 kg s⁻¹ burbuolių srautą, variklis buvo apkrautas 46,0 %, o NO emisijos siekė 47,7±1,8 ppm. Toliau palaipsniui (maždaug kas 6 kg s⁻¹) didinant tiekiamą į kombainą burbuolių srautą, NO emisijų skaitinės vertės didėjo tiesiškai. Pasiekus didžiausią šiame tyrime kombaino

variklio apkrovą ($P=90,5\%$) NO emisijos buvo išaugusios 2,5 karto ir siekė 119,0±1,3 ppm. Minėtame variklio apkrovos (nuo 46,0 % iki 90,5 %) diapazone, išmetamosiose dujose didėjo HC koncentracija. Šiuo atveju tyrimų rezultatai aproksimuoti eksponentine funkcija, kuri rodo, kad esant nedidelėms tiekiamų burbuolių srauto (iki $q=15$ kg s⁻¹) skaitinėms reikšmėms, HC koncentracija kito nežymiai, o q padidėjus iki virš 20 kg s⁻¹ stebėtas ženklus HC didėjimas.

Išanalizavus tyrimų rezultatus, stebėtas CO₂ ir CO emisijų didėjimas didinant q (3 pav.). Pasiekus maksimalias variklio apkrovos P ir burbuolių srauto q skaitines reikšmes, CO₂ ir CO koncentracijos išmetamosiose dujose pasiekė, atitinkamai, 4,88±0,05 % ir 0,47±0,25 %. Tuo metu O₂ koncentracija išmetamosiose dujose, padidinus q nuo 5,9 kg s⁻¹ iki 28,8 kg s⁻¹, sumažėjo nuo 14,19±0,02 % iki 12,12±0,02 %.



3 pav. Tiekiamo burbuolių srauto q įtaka CO₂, CO emisijoms ir GWP:

Fig. 3. Influence of feed rate q on CO₂, CO emissions, and GWP:

$$CO_2 = 0,053 q + 3,458; R^2 = 0,962;$$

$$CO = 0,0164 e^{0,118 q}; R^2 = 0,742; GWP = 14,42 q^{-0,578}; R^2 = 0,991.$$

Išmetamųjų dujų analizė parodė, kad didinant javų kombaino važiavimo greitį kūlimo metu (tuo pačiu didėjant tiekiamų burbuolių srautui) GWP dalis, tenkanti vienos tonos kukurūzų burbuolių iškūlimui, mažėja (3 pav.). Tiriamam javų kombainui apskaičiuota, kad GWP dalį vienai tonai kukurūzų burbuolių iškulti galima sumažinti tiekiant į kombainą ne mažesnę kaip 17 kg s⁻¹ kukurūzų burbuolių srautą. Tuomet kombaino darbinis greitis turi būti ≥5,8 km h⁻¹. Tolimesnis javų kombaino darbinio greičio, o tuo pačiu ir kuliamų burbuolių srauto didinimas (virš $q=17$ kg s⁻¹) GWP rezultatus veikia nereikšmingai. Taip yra dėl tyrime naudoto javų kombaino variklio specifikacijos ir savybių. Pasiekus artimą optimaliai variklio apkrovos dariniame režime ribą, degalų sąnaudos ir tuo pačiu GWP, tenkantys vienai tonai kukurūzų burbuolių iškulti, reikšmingai nebemažėja.

Išvados

1. Javų kombaino darbinį greitį padidinus nuo 2,1 km h⁻¹ iki 9,9 km h⁻¹, tiekiamas į kūlimo-separavimo įrenginį kukurūzų burbuolių srautas q padidėjo 4,85 karto: nuo 5,9 kg s⁻¹ iki 28,8 kg s⁻¹. Tuo metu didėjo ir variklio

apkrova, valandinės degalų sąnaudos bei CO , CO_2 , NO ir HC koncentracijos išmetamosiose dujose.

2. GWP dalį vienai tonai kukurūzų burbulių iškulti galima sumažinti tiekiant į kombainą ne mažesnę kaip 17 kg s^{-1} kukurūzų burbulių srautą. Tuomet kombaino darbinis greitis turi būti $\geq 5,8 \text{ km h}^{-1}$.

Literatūra

- Agarwal, A. K., & Chandra, K. (2022). Di-ethyl ether-diesel blends fuelled off-road tractor engine: Part-I: Technical feasibility. *Fuel*, 308, 121972.
- ASAE Standard S352.2 APR1988 (R2017). 1988. *Moisture measurement. Unground grain and seeds*.
- Basha, J. S., Al Balushi, M., Al Shibli, K., Al Fazari, M., Al Rumhi, S., Al Mansouri, S., & Al Balushi, R. (2020). An emission control strategy in a low capacity single cylinder compression ignition engine powered with dee blended fuels. *Materials Science for Energy Technologies*.
- Flessa, H., Ruser, R., Dörsch, P., Kamp, T., Jimenez, M. A., Munch, J. C., & Beese, F. (2002). Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO_2 , CH_4 , N_2O) from two farming systems in southern Germany. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 91(1-3), 175–189.
- Greenhouse gas emissions. Understanding Global Warming Potentials. (2021). Prieiga per internetą: Understanding Global Warming Potentials | US EPA: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>
- Huang, R., Liu, J., He, X., Xie, D., Ni, J., Xu, C., ... & Gao, M. (2020). Reduced mineral fertilization coupled with straw return in field mesocosm vegetable cultivation helps to coordinate greenhouse gas emissions and vegetable production. *Journal of Soils and Sediments*, 20(4), 1834–1845.
- Kukurūzų derlius Lietuvos ūkininkų nenuvylė. (2020). Prieiga per internetą: Kukurūzų derlius Lietuvos ūkininkų nenuvylė (valstietis.lt): <https://www.valstietis.lt/naujienos/kukuruzu-derlius-lietuvos-ukininku-nenuvyle/111767>
- Liao, P., Sun, Y., Zhu, X., Wang, H., Wang, Y., Chen, J., ... & Huang, S. (2021). Identifying agronomic practices with higher yield and lower global warming potential in rice paddies: a global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 322, 107663.
- Nik, M. E., Khademolhosseini, N., Abbaspour-Fard, M. H., Mahdina, A., & Alami-Saied, K. (2009). Optimum utilisation of low-capacity combine harvesters in high-yielding wheat farms using multi-criteria decision making. *Biosystems Engineering*, 103(3), 382–388.
- Pirjola, L., Rönkkö, T., Saukko, E., Parviainen, H., Malinen, A., Alanen, J., & Saveljeff, H. (2017). Exhaust emissions of non-road mobile machine: Real-world and laboratory studies with diesel and HVO fuels. *Fuel*, 202, 154–164.
- Poničan, J., Angelovič, M., Jech, J., Žitňák, M., Galambosova, J., & Findura, P. (2009). The effect of the design concept of combine harvester threshing mechanism on the maize crop threshing quality. *Contemporary Agricultural Engineering*, 35(4): 268–274.
- Pužauskas, E. (2018). *Kuliamų kukurūzų burbulių judėjimo pobūgnio pavišiumi ir grūdų separacijos procesų analizė*. Daktaro disertacija. Kauno r.: Aleksandro Stulginskio universitetas.
- Savickas, D., Steponavičius, D., & Domeika, R. (2021). Analysis of telematics data of combine harvesters and evaluation of potential to reduce environmental pollution. *Atmosphere*, 12(6), 674.
- Savickas, D., Steponavičius, D., Kliopova, I., & Saldukaitė, L. (2020). Combine harvester fuel consumption and air pollution reduction. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231(3), 1–11.
- Tubiello, F. N., Salvatore, M., Rossi, S., Ferrara, A., Fitton, N., & Smith, P. (2013). The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture. *Environmental Research Letters*, 8(1), 015009.
- Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., & Chen, W. (2018). Forest, agriculture, renewable energy, and CO_2 emission. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4231–4238.
- Wang, C., Ye, Z., Yu, Y., & Gong, W. (2018). Estimation of bus emission models for different fuel types of buses under real conditions. *Science of the Total Environment*, 640, 965–972.
- Winther, M., Dore, C., Lambrecht, U., Norris, J., Samaras, Z., & Zierock, K. H. (2019). Non road mobile machinery. *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook; EEA: Copenhagen, Denmark*, 1–81. Prieiga per internetą: [1.A.4 Non road mobile machinery 2019 – European Environment Agency \(europa.eu\): https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-non-road-1/view](https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-non-road-1/view).

Karolis Mockus, Dainius Steponavičius, Aurelija Kemzūraitė, Dainius Savickas

Impact of Operating Parameters of Combine Harvester with Axial Threshing-Separation Equipment on the Environment During Corn Harvesting

Summary

Modern agriculture is unimaginable without tractors and self-propelled agricultural machinery. Their engines require diesel fuel and oils that are produced from fossil fuels, i. y. from oil. Therefore, the use of such agricultural machinery also has an impact on the environment. This study analyzes the impact of technological parameters of a combine harvester with an axial threshing-separation unit on greenhouse gas (GHG) emissions and global warming potential (GWP). Experimental studies of the combine harvester were carried out in 2020 Akmenė district at the time of harvesting the corn grain. The study examined the effect of the operating speed of the combine harvester and the feed rate of corn ears to the ambient air. Based on the results of the studies, it has been estimated that the proportion of GWP per tonne of corn ears can be reduced by feeding at least 17 kg s^{-1} corn ears to the combine. The operating speed of the combine must then be $\geq 5.8 \text{ km h}^{-1}$. Further increase in the working speed of the combine and thus in the feed rate has a negligible effect on the GWP reduction.

Corn harvesting, combine harvester's technological parameter, fuel consumption, GHG emissions.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Karolis MOCKUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 636) 55 149, el. paštas: karolismockus19@gmail.com

Karolis MOCKUS. Vytautas Magnus University, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. (8 636) 55 149, e-mail: karolismockus19@gmail.com

Dainius STEPONAVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros technologijos (mechanikos inžinerija) mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 674) 27 721, el. paštas: Dainius.Steponavicius@vdu.lt

Dainius STEPONAVIČIUS. Vytautas Magnus University, Department of Agricultural Engineering and Safety, doctor of technological (mechanical engineering) sciences, professor. Address: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. (8 674) 27 721, e-mail: Dainius.Steponavicius@vdu.lt

Aurelija KEMZŪRAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros technologijos mokslų daktarė, mokslo darbuotoja. Adresas: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 612) 56 163, el. paštas: Aurelija.Kemzuraite@vdu.lt

Aurelija KEMZŪRAITĖ. Vytautas Magnus University, Department of Agricultural Engineering and Safety, doctor of technological sciences, scientific researcher. Address: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. (8 612) 56 163, e-mail: Aurelija.Kemzuraite@vdu.lt

Dainius SAVICKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros technologijos mokslų doktorantas, jaunesnysis mokslo darbuotojas. Adresas: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 614) 14 710, el. paštas: Dainius.Savickas@vdu.lt

Dainius SAVICKAS. Vytautas Magnus University, Department of Agricultural Engineering and Safety, PhD of technological sciences, junior scientific researcher. Address: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. (8 614) 14 710, e-mail: Dainius.Savickas@vdu.lt

Javų kombaine susmulkintų šiaudų paskleidimo tolygumo lauko paviršiuje tyrimas

Antanas Juostas, Eglė Jotautienė, Dainius Balčiūnas, Klaudijus Žiukas

Vytauto Didžiojo universitetas

Šiaudai visada rasdavo savo pritaikymą ir buvo puikiai panaudojami kaip papildomas produktas: kraikas gyvuliams, statybinė ar izoliacinė medžiaga. Gyvulininkystės veikla užsiimantys ūkiai šiaudus surenka, parduoda arba naudoja pašarams arba kraikui. Augalininkystės ūkiuose, javų derliaus nuėmimo metu kombainais, šiaudai dažniausiai būna smulkinami, apariami ir taip panaudojami kaip organinė trąša. Šiaudai paskleisti laukuose gerina dirvožemio agrofizikines savybes, mažina eroziją, mineralinių trąšų išplovimą, papildo dirvožemį humusu, gerina dirvos struktūrą, gerina dirvos mikro ir makro faunos vystymąsi. Įvertinant šiaudų teikiamas naudas, svarbu tolygiai paskleisti susmulkintus šiaudus lauko paviršiuje.

Tyrimo tikslas, įvertinti javų kombaino smulkintų šiaudų paskleidimo tolygumą dirvos paviršiuje. Tyrimai atlikti žieminių kviečių lauke, kombainui važiuojant skirtingais greičiais. Gauti rezultatai parodė, kad vidutinė šiaudų paskleidimo tolygumo kreivė, kombainui važiuojant 5 km h⁻¹ greičiu, labai panašiai atkartoja vidutinę šiaudų paskleidimo kreivę, kaip ir javų nuėmimo kombainui važiuojant 6 km h⁻¹ greičiu. Trijuose, arčiausiai nuo kombaino centro, šiaudų surinkimo juostos skyriuose, šiaudų paskleista atitinkamai 73,7 % ir 69,1 % bendro smulkintų šiaudų kiekio.

Javų kombainas, šiaudų smulkintuvas, paskleidimo tolygumas, smulkinimo kokybė

Įvadas

Augalininkystės ekologinio ūkio esmė yra žemės ūkio produktų gamyba, apimanti geriausią aplinkosaugos praktiką, gamtos išteklių išsaugojimą, gamybos būdą, naudojant natūralias medžiagas ir procesus. Ekologiniai žemės ūkiai nuolat plečiasi visuose pasaulio žemynuose. Šiuose ūkiuose žemės ūkio produktai auginami nenau- dojant sintetinių trąšų, pesticidų, augimo stimuliatorių (Bond&Grundy, 2001). Ūkininkaujama naudojant sėjo- mainą, natūralias trąšas bei tausoiant kuo daugiau dirvožemį. Tad naudojant naujausią techniką ūkininkai nori įsitikinti, kad ji ne tik kokybiškai atliks techno- loginius procesus, bet svarbiausia nepakenks dirvože- miui. Kad mašina susidorotų su skirtingomis dirvožemio, klimato ir pasėlių sąlygomis, svarbu tinkamai pritaikyti ir optimizuoti šių mašinų nustatymus (Craessaertset et al., 2010).

Didelę derliaus dalį nuima javų kombainai. Javai yra svarbiausi augalai žmonių mityboje ir užima maždaug du trečdalius viso pasaulio dirbamos žemės. Kombainas šiais laikais yra tikra mobili pasėlių perdirbimo gamykla, atliekanti užduotis, kurias anksčiau vykdė kelios daž- niausiai stacionarios mašinos: javų stiebų pjovimas, kūli- mas, atskyrimas, valymas ir surinkimas grūdų bunkeryje. Kūlimo aparate grūdai iškuliama iš varpų, naudojant smūgių, kirpimo ir (arba) suspaudimo derinį. Šiaudų separatoriuje (rotoriniame ar klavišinių kratiklių) laisvi grūdai atskiriami iš šiaudų. Valytuve lengvesnės javų medžiagos, tokios kaip pelai, pneumatiniu būdu atskiriamos nuo grūdų, o šiaudų gabaliukai atskiriami naudojant vibruojančius sietus.

Šiaudai visada buvo naudojami kaip papildomas produktas: kraikas gyvuliams, statybinė ar izoliacinė medžiaga. Šiais laikais šiaudai tapo svarbiu papildomų pajamų šaltiniu grūdų augintojams. Šiaudų smulkinimo ir jų paskleidimo (Yagelsky, ir Rodimtsev, 2015; Maslov ir Trubilin, 2016) kokybė yra svarbus kūlimo derliaus nuėmimo javų kombainais kokybės parametras.

Be automatinų kūlimo sistemų jau yra ir kombainų su automatine šiaudų smulkintuvo valdymo sistema, kuri matuoja pasėlių drėgmės lygį patekus į kūlimo sistemą, kad būtų galima nustatyti smulkintuvo peilių veikimo greitį, kad būtų maksimaliai efektyvus, skirtingo drėgno šiaudų smul- kinimas (Agequipmentintelligence, 2020; Lenaerts et al., 2012).

Trumpi derliaus nuėmimo laikotarpiai ir dažnai automatinų sistemų neidealios valdymo sąlygos apsunkina kombainų valdymo parametų tikslumą. Tad mokslininkai įvairiais metodais tiria šių sistemų veikimą.

Tyrimo tikslas – nustatyti ir įvertinti kombaino šiaudų smulkintuvo darbo kokybinius rodiklius vykdant žieminių kviečių derliaus nuėmimą skirtingais važiuojimo greičiais.

Tyrimų metodika

Tyrimas atliktas 2021 m. rugpjūčio mėn. D. Balčiūno ekologiniame ūkyje. Tyrimui pasirinktas ūkyje esantis CLAAS firmos Lexion 760 kombainas. Lexion 760 – kombainas komplektuotas: Perkins 503 AG, atitinkantis TIER4 išmetamųjų dujų reikalavimus, 1150 l. degalų baku, pilna automatine kūlimo, šiaudų separavimo ir grūdų valymo CEMOS AUTOMATIC sistema, grūdų kokybės kamera, 2 rotorių šiaudų separavimo sistema, 13 500 l. grūdų bunkeriu bei kita įranga. Tyrimui parinktas kombainas buvo agregatuotas su Claas Vario pjaunamąja V1050, kurios darbinis užgriebio plotis – 10.5 m.

Tyrimai atlikti, populiariausių Lietuvos laukuose auginamų, žieminių kviečių lauke. Tiriamų šiaudų vidutinis drėgnumas buvo 16,48 %. Šiaudų smulkinimo ir tolygaus paskleidimo analizei buvo pasirinkti du 5 ir 6 km h⁻¹ kombaino darbiniai greičiai. Šiaudų smulkinimui naudoti lygiabriauniai smulkintuvo rotorius peiliai bei taip pat lygiabriauniai smulkinimo priešpeiliai. Priešpeilių padėtis nustatyta, maksimaliam ir efektyviausiam šiaudų smulkinimui (1 pav.).



1 pav. Šiaudų smulkintuvus su radialiniu šiaudų skleistuvu: 1 – smulkintuvo rotorius; 2 – smulkintuvo dugnas; 3 – smulkinimo peilis; 4 – smulkinimo priešpeilis; 5 – smulkinimo agresyvumo pakrepiama plokštė; 6 – radialinis skleistuvus

Fig. 1. Radial straw spreader: 1 – chopping rotor, 2 – chopper bottom plate, 3 – chopping knife, 4 – chopper counterknife, 5 – chopping aggressivity plate, 6 – radial straw spreader

Šioje pozicijoje pakreipti priešpeiliai turi statmeniausia šiaudų kirtimo liniją smulkintuvo rotoriaus peilių atžvilgiu, todėl smulkinami šiaudai turi smulkiausią šiaudų pjaustinio ilgį. Smulkintuvo rotoriaus sukimosi dažnis parinktas pagal gamyklos gamintojos rekomendacijas – 3200 min⁻¹. Tyrimai atliekami dviem skirtingais javų nuėmimo kombaino važiavimo greičiais, kiekvieno iš važiavimų kartojant po du kartus (1 lentelė).

1 lentelė. Šiaudų smulkintuvu paskleistos šiaudų masės pasiskirstymas

Table 1. Chopped straw distribution

Bandymų Nr.	Važiavimo greitis, km/h	Ražienos aukštis, cm	Šiaudų frakcijos svoris, g					
			<10 mm	15–25 mm	35–45 mm	45–55 mm	55–65 mm	>65 mm
5-1	5	15						
5-2	5	15						
6-1	6	15						
6-2	6	15						

Surinkti duomenys pildomi į tyrimų duomenų 1 lentelę. Šioje lentelėje surašyti duomenys suteiks galimybę išanalizuoti smulkintų šiaudų paskleidimo tolygumą visame pjaunamosios darbiniam plotyje. Tyrimo metu pasirinkta 15 cm aukščio žeminių kviečių ražiena. Šis aukštis pasirinktas dėl patogesnio ir efektyvesnio kitų technologinių procesų, tokių kaip skutimas, šiaudų mineralizacijos greitis, žeminių arba tarpinių augalų sėjos, atlikimo.

Šiaudų smulkinimo ir skleidimo tolygumo nustatymui panaudota 1 m pločio ir pjaunamosios pločio juosta (2 pav.), kuri patiesiama ant ražienos už galinių, derliaus nuėmimą vykdančio kombaino ratų.



2 pav. Smulkintų šiaudų frakcijų surinkimo juosta ražienoje

Fig. 2. Chopped straw collection mat

Ant juostos paskleistų šiaudų, juos pamatavus, suklasifikavus pagal ilgį ir pasvėrus, tyrimų rezultatai pateikti 1 lentelėje. Kiekviena iš frakcijų pasverama, šiaudų masės paskleidimo tolygumo ir skirtingų frakcijų nustatymui. Tyrimo metu taip pat matuojamas smulkintų šiaudų drėgnumas.

Rezultatai ir aptarimas

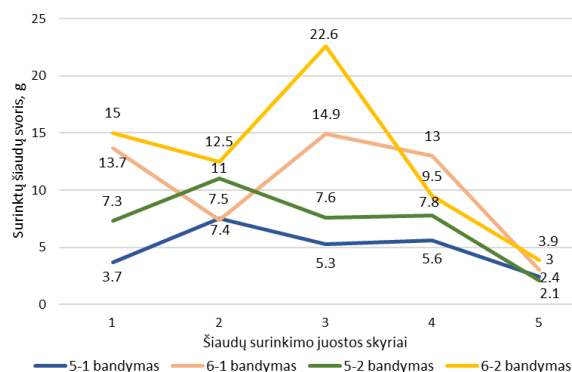
Tyrimas vykdytas pasirinktu kombainu Claas Lexion 760, 10,5 m. (Vario1050) pločio pjaunamąja. Vėjo greitis siekė 5–8 m s⁻¹, vėjo kryptis buvo į kombaino priekį, oro temperatūra 23 °C. Ražienos aukštis 15 cm., Vidutinis kviečių lauko aukštis (h) 47 cm. Augalų skaičius 1m² – 451 (svoris 752 g). Tyrimas atliktas 12–15 val. laikotarpyje Jonavos raj. 2021.08.15.

Tyrimo metu buvo pasirinkti plačiausiai naudojami važiavimo kombainu greičiai, tai yra 5 ir 6 km h⁻¹. Kiekvienu iš važiavimo greičių, buvo atlikti du važiavimai, kurių metu ant paklotos surinkimo juostos buvo surenkami smulkintų šiaudų ėminiai. Įvertinant tai, kad skleistuvus buvo sureguliuotas skleisti šiaudus tolygiai tiek į dešinę tiek į kairę kombaino pusę, šiaudų surinkimo juosta buvo paklojama tik vienai iš kombainų pusių, iki javų kombaino vidurio. Atitinkamai suprantant, kad galimai panašus šiaudų kiekis bus paskleistas ir kitoje kombaino pusėje.

Šiaudų surinkimo juosta buvo klojama iki kombaino vidurio. Taigi šiuo atveju, surinkimo juostos 1 skyrius ant ražienos buvo paklotas ties kombaino viduriu. Toliau atitinkamai surinkimo juostos skyriai 2, 3, 4 ir 5 išsidėstė atitinkamai didėjančia tvarka tolyn nuo kombaino pravažiavimo vidurio. Kadangi tyrimui parinkto kombaino pjaunamosios plotis buvo 10,5 m, viena paklota šiaudų surinkimo juosta buvo padengta puse visų nuimtų šiaudų kiekiu.

Kiekvienas šiaudų kiekis, surinktas atskiruose surinkimo juostos skyriuose, siėtų pagalba buvo separuotas į 6 skirtingas šiaudų frakcijas. Buvo išskirti sekantys šiaudų pjaustinio ilgiai: <10 mm, 15–25 mm, 35–45 mm, 45–55 mm, 55–65 mm ir >65 mm. Atskirtos skirtingos šiaudų frakcijos dar kartą buvo pasvertos precizinėmis svarstyklėmis.

Taigi, kaip skirtingų frakcijų šiaudai pasiskirstė susirinkimo juostos skyriuose matyti žemiau pateiktuose paveiksluose. Šiaudų <10 mm pjaustinio ilgio frakcijos pasiskirstymas skirtinguose šiaudų surinkimo juostos skyriuose pateiktas 3 paveiksle.



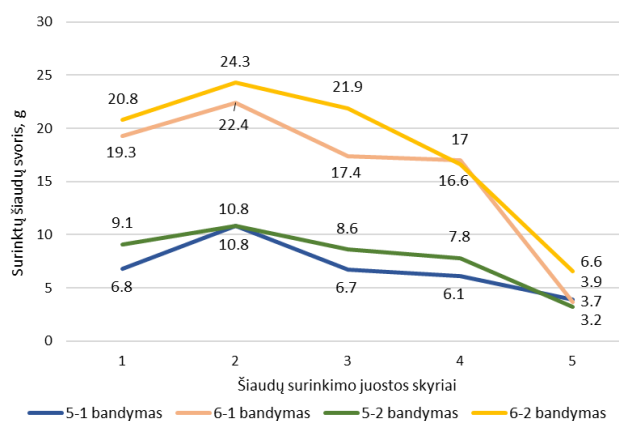
3 pav. Šiaudų pjaustinio <10 mm ilgio pasiskirstymas surinkimo juostos skyriuose

Fig. 3. Chopped straw of <10 mm cuts distribution on the mat

Suprantame, kad šiaudų pjaustinio trumpesni nei 10 mm yra ganėtinai lengvi ir skrajūs. Didžiąja dalimi šių šiaudų frakcijos dalį sudaro pelai, lengvai supjaustomi javų lapai, bei kitos lengvos javų augalinės dalys. Šios frakcijos pasiskirstymas labai priklauso ne tik nuo smulkintuvo rotorius peiliais bei radialinio skleistuvo mentimis sukeliama oro srauto, bet ir natūralaus vėjutumo derliaus nuėmimo metu. Taigi, tokio smulkumo šiaudų frakcija gali būti lengvai pagaunama net ir nedidelio vėjo gūσιο ir lengvai pernešama toliau, nei turėjo nukristi dėl savo sunkio svorio. Todėl, remiantis gautais rezultatais matomas labai nestabilus ir šios šiaudų frakcijos pasiskirstymas.

Kaip ir matyti iš grafiko didesnė šios frakcijos dalis, maksimaliai iki 22,6 g, nuskriejo iki trečiojo surinkimo juostos skyriaus. Vėliau, šios frakcijos pasiskirstymas į tolimesnius juostos skyrius ženkliai mažėja ir sudaro vos nuo 2,1 iki 3,9 g. Tiek šiame paveiksle, tiek žemiau esančiuose grafikuose pateikiame 4 skirtingi važiavimai, tai yra skirtingi šiaudų paskleidimo tolygumo matavimai. Matavimo grafikai pažymėti 5–1 ir 5–2 bandymais nurodo, kad kombaino važiavimo greitis buvo nustatytas 5 km h⁻¹, ir atlikti atitinkamai 1 ir 2 važiavimų bandymai. O bandymų grafikai 6–1 ir 6–2, atitinkamai žymi, kad kombaino važiavimo greitis buvo nustatytas 6 km h⁻¹, ir atlikti 1 ir 2 važiavimų bandymai.

Kur kas stabilėnis gautų rezultatų vaizdas pateiktas 4 paveiksle. Kaip ir suprantama, dėl 15–25 mm šiaudų pjaustinio sunkio svorio šios frakcijos dalis įgreitinama tolygiau ir jau stabiliai skrieja iki antro ir trečio surinkimo juostos skyriaus. Taip pat iš grafikų matyti, kad važiuojant tiek 5 tiek ir 6 km h⁻¹ važiavimo greičiu, šios šiaudų frakcijos dalies pasiskleidimo tolygumas palaipsniui mažėja. Kaip matyti iš 4 paveikslo 6–1 ir 6–2 bandymų grafikų, 15–25 mm šiaudų frakcijos dalis 2 ir 3 surinkimo juostos skyriuose sudarė atitinkamai nuo 24,3 iki 17,4 g. Tuo tarpu 5–1 ir 5–2 bandymų metu, tuose pačiuose, 2 ir 3 surinkimo juostos skyriuose šios frakcijos šiaudų kiekis buvo atitinkamai 10,8 ir 6,7 g, o tai yra nuo 2,25 iki 2,59 karto mažiau, nei važiuojant 6 km h⁻¹ greičiu.



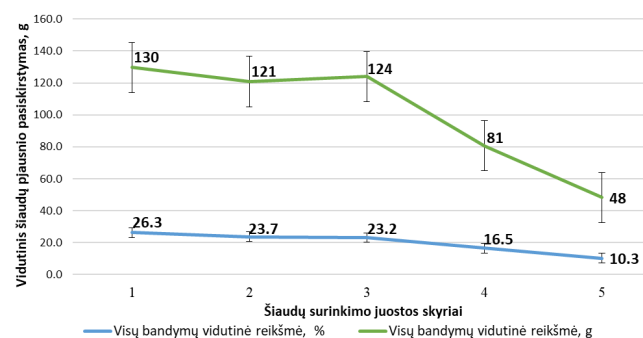
4 pav. Šiaudų pjaustinio 15-25 mm ilgio pasiskirstymas surinkimo juostos skyriuose

Fig. 4. Chopped straw of 15-25 mm cuts distribution on the mat

Toks šiaudų frakcijos pasiskirstymo išskirtinumas paaiškinamas dėl šiaudų kiekio padavimo intensyvumo važiuojant skirtingais greičiais. Važiuojant 5 km h⁻¹ greičiu, javų masės srautas yra mažiau intensyvus ir todėl

smulkinimo peiliais perkirsta masė patiekama radialiniam skleistuvui. Javus nuimant didesniu darbinio greičiu, javų masės srautas intensyvėja, todėl smulkinimo metu smulkintuvo peiliai dar papildomai trina šiaudus vienas į kitą ir tokiu būdu gaunama daugiau smulkesnės frakcijos šiaudų.

Bendras visų važiavimų ir bandymų atliktų skirtingais javų kombaino važiavimo greičiais šiaudų paskleidimo tolygumo rezultatas pateikiamas 5 paveiksle. Šio paveikslo grafikai rodo šiaudų sklaidą skirtinguose šiaudų surinkimo juostos skyriuose.



5 pav. Vidutinis šiaudų paskleidimo tolygumas, g ir paskleidimo pasiskirstymas, %

Fig. 5. Average uniformity of the chopped straw distribution on mat in g. and in %

Vidutinė šiaudų kiekio, g kreivė, pateikta žalia spalva, kuris buvo paskleistas apibendrinant visus tyrimus, atrodo sekančiai. Ganėtinai tolygus bendras šiaudų paskleidimo tolygumas išlaikomas pirmuose trijuose šiaudų surinkimo juostos skyriuose. Šiuose skyriuose atitinkamai buvo paskleista didžioji, 73,2 % visos frakcijos šiaudų, tai bendroje sumoje vidutiniškai sudarė 375 g šiaudų. Šiaudų surinkimo juostos 4 ir 5 skyriai, esantys toliau nuo kombaino vidurio, šiaudais buvo užskleisti kur kas mažiau ir tai vidutiniškai sudarė atitinkamai 16,5 ir 10,3 % visų išskleistų smulkintų šiaudų.

Kaip matyti iš 5 paveiksle pateikto vidutinio šiaudų paskleidimo tolygumo procentais kreivės (pažymėta mėlyna spalva), šiaudų paskleidimo tolygumas pirmuose trijuose šiaudų surinkimo juostos skyriuose buvo ganėtinai tolygus, jis kito nuo 26,3 iki 23,2 %. Tai yra smulkintų šiaudų paskleidimo kiekis, nuo pirmo iki trečio juostos skyriaus, sumažėjo 6 g, tai sudaro 3,1 % šiaudų paskleidimo netolygumą.

Išvados

1. Vidutinė šiaudų paskleidimo tolygumo kreivė, kombainui važiuojant 5 km h⁻¹ greičiu, labai panašiai atkartoja vidutinę šiaudų paskleidimo kreivę, kaip ir javų nuėmimo kombainui važiuojant 6 km h⁻¹ greičiu. Atitinkamai pirmuose trijuose šiaudų surinkimo juostos skyriuose pasiskleidė 73,7 % ir 69,1 % visų smulkintų šiaudų kiekio.

2. Vidutiniškai, didžioji smulkintų šiaudų dalis, 73,2 % buvo paskleista pirmuose trijuose, nuo kombaino vidurio, šiaudų surinkimo juostos skyriuose. Šiaudų surinkimo juostos 4 ir 5 skyriai, esantys toliau nuo kombaino vidurio,

šiaudais buvo užskleisti mažiau ir tai vidutiniškai sudarė atitinkamai 16,5 ir 10,3 % visų paskleistų smulkintų šiaudų.

3. Moksliniai šaltiniai, bei jų tyrimai teigia, kad tinkamas smulkintuvo darbas yra tuomet, kai nemažiau kaip 90 % visų smulkintų šiaudų sudaro iki 50 mm šiaudų frakcija. Tyrimo metu gauti rezultatai parodė, kad šiaudų frakcijos 45–55 mm sudarė tik 67 %.

Literatūra

1. Agequipmentintelligence. [Žiūrėta internete 2020.11.17] <https://www.agequipmentintelligence.com/articles/3586-agritechnica-perspectives-combine-technology-trends-toward-sensors-automation>.
2. Bond, W., & Grundy, A. C. (2001). Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed research*, 41(5), 383–405.
3. Craessaerts, G., de Baerdemaeker, J., Missotten, B., & Saeys, W. (2010). Fuzzy control of the cleaning process on a combine harvester. *Biosystems engineering*, 106(2), 103–111.
4. Lenaerts, B., Missotten, B., De Baerdemaeker, J., & Saeys, W. (2012). LiDaR sensing to monitor straw output quality of a combine harvester. *Computers and electronics in agriculture*, 85, 40–44.
5. Maslov G.G., Trubilin I.G. (2016). For grounding the grain combine harvester parameters and their efficiency. *Agricultural machines and technologies. Issue number 2* p. 28–31, Moscow, Russia.
6. Yagelsky M.Yu., Rodimtsev C.A. (2015). Some opportunities for updating agrotechnological requirements to straw choppers of grain combine harvesters. *Agrotechnics and energy supply. Issue Nr. 3(7)*, p. 239–247, Oryol, Russia.

Antanas Juostas, Eglė Jotautienė, Dainius Balčiūnas, Klaudijus Žiukas

Investigation of the Chopped Straw Spreading Uniformity by the Combine Harvester

Summary

Straw always found its application and been used extensively as a by-product for livestock litter, building or insulating material. On crop farms, straw is usually chopped, ploughed and thus used as an organic fertilizer. Straw spreading in the fields improves the agrophysical properties of the soil, reduces erosion, leaching of mineral fertilizers, replenishes the soil with humus, improves soil structure, improves the development of soil micro and macro fauna. In assessing the benefits of the straw, it is important to spread the chopped straw evenly over the field surface.

The aim of the study was to evaluate the chopped straw spreading uniformity on the soil surface by combine harvester. The research was carried out in the winter wheat field with the combine running at two different speeds. The obtained results showed that the average straw spreading uniformity curve at combine harvester operational speed of 5 km h⁻¹ was very similar to that of the 6 km h⁻¹. In the three, closest to the center of the combine, sections of the straw collection mat, straw was spread 73.7% and 69.1% of the total amount of chopped straw, respectively.

Combine harvester, straw chopper, distribution uniformity, chopping

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Antanas JUOSTAS – Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: Antanas.Juostas@vdu.lt

Antanas JUOSTAS Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Doctor of Technology science, assoc. prof. Address: Studentų street 15a, LT-53361, Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 752357, el-mail: antanas.juostas@vdu.lt

Eglė JOTAUTIENĖ – Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorė. Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno raj. tel. (8 37) 75 22 04, el. paštas: Egle.Jotautiene@vdu.lt

Eglė JOTAUTIENĖ Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Doctor of Technology science, Professor. Address: Studentų street 15a, LT-53361, Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 04, e-mail: egle.jotautiene@vdu.lt

Dainius BALČIŪNAS – Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas; tel. +370 65805049, el. p. Dainius.Balciunas@vdu.lt

Dainius BALČIŪNAS – Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Phone: +370 65805049, e-mail: Dainius.Balciunas@vdu.lt

Klaudijus ŽIUKAS – Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas; tel. +370 65805049, el. p. Klaudijus.ziukas@vdu.lt

Klaudijus ŽIUKAS – Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Phone: +370 65805049, e-mail: Klaudijus.ziukas@vdu.lt

Specialios įrangos purkšti po kultūrinių augalų lapais galimybių analizė

Remigijus Zinkevičius, Greta Šinkūnaitė

Vytauto Didžiojo universitetas

Insekticidams ir fungicidams taupiai ir tolygiai išpurkšti ant apatinės lapų pusės arba dirviniams herbicidams bei skystoms mineralinėms trąšoms išpurkšti po kultūrinių augalų lapais yra siūlomi įvairūs techniniai sprendimai.

Straipsnyje pateikiama specialios įrangos, skirtos purkšti po kultūrinių augalų lapais, konstrukcinių ypatumų analizė, kitų mokslininkų atliktų mokslinių tyrimų apžvalga. Nustatyta, kad, naudojant specialią įrangą, skirtą purkšti po kultūrinių augalų lapais, pasiekiamas geresnis purškiamo tirpalo pasiskirstymas visame pasėlyje ir sunkiai prieinamų vietų (apatinės lapų pusės, arčiau dirvos paviršiaus esančios stiebo dalys) padengimas, iki 50 proc. geresnis augalų apsaugos produktų biologinis veiksmingumas prieš ligas ir kenkėjus, ženkliai sumažėja purškiamo tirpalo lašelių nunešimas pavėjui (iki 95 proc.), todėl augalų apsaugos produktus galima naudoti lanksčiau, sumažėja priklausomybė nuo nepalankių oro sąlygų. Specialią įrangą galima derinti su įprasta purškimo technika, pvz., bulvių ir lauko daržovių eilėms apipurškinti montuojant keletą purkštukų, augalų apsaugos produktų dozavimą galima priderinti prie kultūrinių augalų augimo tarpsnio atsisakant atskirų purškimų prieš derliaus nuėmimą ar juos atliekant rečiau, galima pasiekti gerą herbicidų veiksmingumą juos paskleidžiant po kultūrinių augalų lapais vėlesniuose jų augimo tarpsniuose. Įranga yra palyginti nebrangi, paprasta naudoti ir prižiūrėti.

Purškimas, specialią įrangą purkšti po kultūrinių augalų lapais, pesticidai

Įvadas

Speciali įranga, skirta pesticidams ir skystoms mineralinėms trąšoms purkšti po kultūrinių augalų lapais, yra siūloma kaip papildoma įranga lauko purkštuvams ir vadinama „Dropleg“, angliškai „kabanti koja“. Europoje bulvių pasėliuose ši įranga pradėta naudoti dar praėjusio amžiaus viduryje.

Praėjusio amžiaus devintajame dešimtmetyje anglų firma „Benest“ sukūrė purkštuvą su po kultūrinių augalų lapais galinčiais purkšti aliumininiais vamzdžiais ir spyruokline plienine pakaba. Ši technologija yra žinoma „Benest Dropleg“ ir „Dropleg Application Distribution System (DADS)“ pavadinimais. Čia naudojamų purškimo vamzdžių apatinė dalis yra atlenkta atgal, kad purkštukas purkštų įstrižai iš apačios į viršų. Purškimo kryptį galima reguliuoti. Lenkto purškimo vamzdžio gale gali būti montuojami įvairūs purkštukai: pvz., smulkialašiai skyliniai kūgiško srauto arba šešiaskyliai purkštukai.

Nuo 1998 m. per sunkią ir lengvai mechaniškai pažeidžiamą anglų įrangą ėmėsi tobulinti ir tirti šveicarų firmos „Agroscope“ ir „Kuhn Landmaschinen AG“ specialistai. Puikūs rezultatai (geresnis apipurškiamų paviršių padengimas ir pesticidų pasiskirstymas bei biologinis veiksmingumas, mažesnis išpurkštų augalų apsaugos produktų dreifas) buvo nustatyti įvairiuose lauko daržovių pasėliuose.

Tyrimų tikslas ir objektas – išanalizuoti specialios įrangos, skirtos pesticidams po kultūrinių augalų lapais išpurkšti, panaudojimo galimybes aplinkos taršai sumažinti.

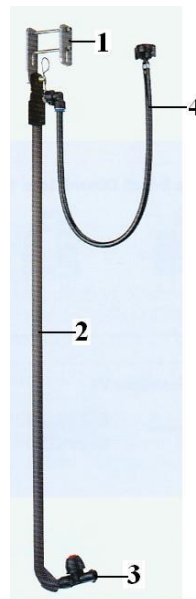
Tyrimų metodika

Naudotas loginės analizės ir palyginimo metodas.

Rezultatai ir aptarimas

Firmos „Lechler“ sukurti įtaisai Dropleg^{UL} pesticidams po kultūrinių augalų lapais išpurkšti gali laisvai švytuoti skersai augalų eilių, tačiau purškimo agregato važinėjimo kryptimi jie yra stabilūs. Šie įtaisai yra tvirti, lankstūs ir lengvi, nes sveria tik apie 400 g. Prie purkštuvo sijos įtaisai tvirtinami universalio montavimo plokšte. Maksimalus šių įtaisų darbinis slėgis 8,0 bar. Prie 0,9 m ilgio vamzdžio

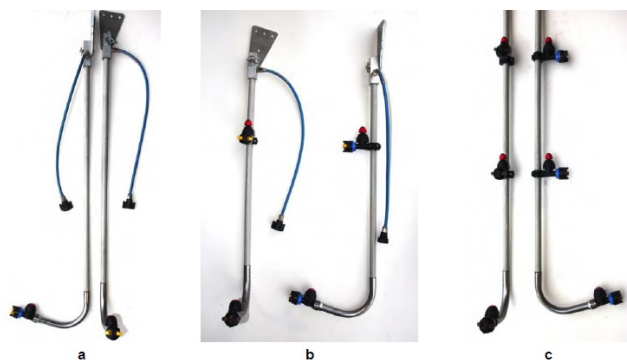
apačioje tvirtinamas MULTIJET purkštuko korpusas su momentiniu uždarymo vožtuvu. Vokietijoje ši įranga sėkmingai naudojama ne tik lauko daržovių pasėliuose, bet ir cukriniuose runkeliuose, kukurūzuose ir rapsuose. Pavyzdžiui, naudojant Dropleg įrangą fungicidams rapsų pasėliuose išpurkšti, ženkliai sumažėja jų likučiai žieduose ir meduje.



1 pav. Firmos „Lechler“ įtaisai Dropleg^{UL} pesticidams po kultūrinių augalų lapais išpurkšti: 1 – universali montavimo plokštelė, 2 – plastikinis vamzdis, 3 – MULTIJET purkštuko korpusas su momentiniu uždarymo vožtuvu, 4 – žarna

Fig. 1. Companies „Lechler“ device Dropleg^{UL} for spraying pesticides under crop leaves: 1 – universal mounting plate, 2 – plastic pipe, 3 – MULTIJET nozzle housing with instantaneous shut-off valve, 4 – hose.

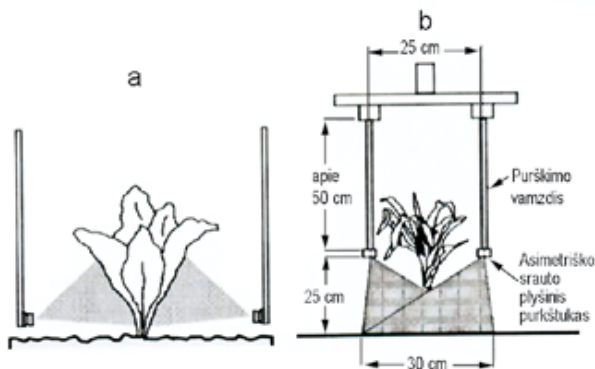
Šveicarų firma „Kuhn Landmaschinen AG“ įvairiuose lauko daržovių pasėliuose siūlo naudoti trijų modifikacijų Dropleg laikiklius. Vienas arba du purkštukai gali būti montuojami laikiklio apačioje, o du arba keturi purkštukai – dviejuose aukščiuose. Labai aukštuose lauko daržovių pasėliuose gali būti naudojami Dropleg laikikliai su trijuose aukščiuose sumontuotais purkštukais.



2 pav. Firmos Kuhn Landmaschinen AG siūlomi Dropleg laikikliai: a – 1 arba 2 purkštukams, montuojamiems laikiklio apačioje; b – 2 arba 4 purkštukams, montuojamiems dviejuose aukščiuose; c – 3 arba 6 purkštukams, montuojamiems trijuose aukščiuose

Fig. 2. Dropleg holders offered by companies Kuhn Landmaschinen AG: a – for 1 or 2 nozzles, mounted at the bottom of the holder; b – 2 or 4 nozzles mounted in two heights; c – 3 or 6 nozzles mounted in three heights

Naudojant purškimo vamzdžius su plyšiniais (simetriško ir asimetriško srauto) arba skyliniais kūgiško srauto purkštukais, purškiama iš palyginti nedidelio atstumo, o purškimo aukštis yra mažesnis, negu patys kultūriniai augalai.



3 pav. Įrangos išdėstymo schemas, purškiant po lapais: a – apipurškiant apatinę lapų pusę; b – apipurškiant dirvą po kultūrinių augalų lapais

Fig. 3 Equipment layout diagrams when spraying under the leaves: a – spraying the underside of the leaves; b – by spraying the soil under the leaves of cultivated plants

Specialių įtaisų po lapais purkšti darbo kokybė buvo tyrinėta Didžiojoje Britanijoje, Vokietijoje, Šveicarijoje ir kitose šalyse. E. A. Jeffrey ir R. G. McKinay tyrimai rodo, kad Benest Dropleg sistema išpurkšto skysčio lašelių dreifą sumažina panašiai, kaip ir pneumohidraulinis lauko purkštukas Hardi Twin.

Vokiečių mokslininkai E. Irla, T. Anken ir H. Krebs nustatė, kad ekologiškai auginamų bulvių pasėliuose optimali skysčio išpurškimo norma yra 400–500 l/ha, darbinis slėgis – nuo 7 iki 10 bar, o purškimo agregato važiavimo greitis – 4–5 km/val. Apipurškiamų paviršių padengimą pagerina papildomos oro sistemos, inžektorinių pneumohidraulinių purkštukų ir įrangos po lapais purkšti naudojimas.

Šie mokslininkai dviejų metų tyrimuose ekologiškai auginamų bulvių (veislė Agria) pasėliuose lygino vario preparatų purškimo technologijas. Nustatyta, kad, naudojant specialią įrangą bulvių lapų apatinę pusę vario tirpalu buvo

padengiama geriau. Skysčio išpurškimo normą padidinus nuo 400 iki 500 l/ha, bulvių lapų padengimo laipsnis padidėjo nuo 4 iki 37 proc. Tiek pirmaisiais, tiek antraisiais bandymų metais esminio skirtumo tarp variantų (hidraulinis lauko purkštukas su inžektoriniais pneumohidrauliniiais purkštukais lygintas su specialia įranga po lapais purkšti) mažinant lapų puvinį nepastebėta. Bulvių derlingumo duomenų autoriai nepateikė. Tačiau tyrėjai mano, kad su specialia įranga purškiant po lapais 400–500 l/ha skysčio, ekologiškai auginamų bulvių pasėliuose vario preparatų sąnaudas galima sumažinti apie 50 procentų.

D. Neuhoft, H. J. Klinkenberg ir U. Köpke tyrimuose naudojo firmos „Jacoby“ hidraulinį lauko purkštuvą su specialia įranga po lapais purkšti. Pesticidams išpurkšti buvo naudojami hidrauliniai plyšiniai purkštukai. Tyrimai parodė, kad ekologiškai ūkininkaujant labai svarbu kuo tolygiau preparatais padengti apatinę kultūrinių augalų lapų pusę. Nustatyta, kad vario preparatus purškiant įprastai (t. y. iš viršaus) ir iš apačios (naudojant specialią įrangą), bulvių lapų puvinį galima sumažinti 50 proc. Tačiau purškiant kitus preparatus rezultatai buvo priešaringi.

R. Zinkevičiaus ir P. Šniaukos tyrimai rodo, kad, anksčiau tyrimuose bulvių augimo tarpsniuose naudojant specialius įtaisus Lechler Dropleg^{UL} su deflektoriniais purkštukais Lechler FT 1.0 purkšti po augalų lapais, geriau padengiami bulvių stiebai ir viršutinių lapų apatinė pusė. Jei kontroliniame variante, kuriame naudoti universalūs plyšiniai plokščiasraučiai purkštukai Hardi ISO F/LD-05-110, biologinio preparato lašeliais buvo padengiama vos $4,8 \pm 4,67$ proc. bulvių stiebų ploto, tai naudojant įtaisus Dropleg^{UL} ir tris purkštukus (iš viršaus purkštukas LU-120-02 ir du deflektoriniai purkštukai Lechler FT 1.0 iš apačios) – net $55,8 \pm 39,1$ proc. Atitinkamai kontroliniame variante biologiniu preparatu buvo padengiama tik $0,1 \pm 0,1$ proc. viršutinių lapų apatinės dalies ploto, o naudojant įtaisus Dropleg^{UL} ir tris purkštukus – $1,5 \pm 1,17$ proc. Vėlyvesniais bulvių augimo tarpsniais naudojant specialius įtaisus Lechler Dropleg^{UL} su deflektoriniais purkštukais Lechler FT 1.0 geriau padengiama tik bulvių viršutinių lapų apatinė dalis: kontroliniame variante, kuriame naudoti universalūs plyšiniai plokščiasraučiai purkštukai Hardi ISO F/LD-05-110, biologinio preparato lašeliais buvo padengiama tik $0,6 \pm 0,45$ proc. bulvių viršutinių lapų apatinės dalies ploto, o naudojant įtaisus Dropleg^{UL} ir tris purkštukus (iš viršaus purkštukas LU-120-02 ir du deflektoriniai purkštukai Lechler FT 1.0 iš apačios) – $3,3 \pm 2,45$ proc. Kontroliniame variante biologiniu preparatu buvo padengiama $7,8 \pm 5,9$ proc. bulvių stiebų ploto, naudojant įtaisus Dropleg^{UL} ir tris purkštukus – tik $3,6 \pm 2,3$ proc. Kontroliniame variante daug geriau buvo padengiama viršutinių lapų išorinė dalis (atitinkamai $75,2 \pm 5,3$ proc. ir $11,6 \pm 5,5$ proc.).

Išvados

1. Nustatyta, kad, naudojant specialią įrangą, skirtą purkšti po kultūrinių augalų lapais, pasiekiamas geresnis purškiamo tirpalo pasiskirstymas visame pasėlyje ir sunkiai prieinamų vietų (apatinės lapų pusės, arčiau dirvos paviršiaus esančios stiebo dalys) padengimas, iki 50 proc. geresnis augalų apsaugos produktų biologinis veiksmingumas prieš ligas ir kenkėjus, ženkliai sumažėja purškiamo

tirpalo lašelių nunešimas pavėjui (iki 95 proc.), todėl augalų apsaugos produktus galima naudoti lanksčiau, sumažėja priklausomybė nuo nepalankių oro sąlygų.

2. Specialią įrangą galima derinti su įprasta purškimo technika, pvz., bulvių ir lauko daržovių eilėms apipurkšti montuojant keletą purkštukų, augalų apsaugos produktų dozavimą galima priderinti prie kultūrinių augalų augimo tarpsnio atsisakant atskirų purškimų prieš derliaus nuėmimą ar juos atliekant rečiau, galima pasiekti gerą herbicidų veiksmingumą juos paskleidžiant po kultūrinių augalų lapais vėlesniuose jų augimo tarpsniuose.

Literatūra

1. Irla, E.; Anken, T.; Krebs, H. (2000). Application technique for phytophthora control in organic potato cultivation. In: IFOAM 2000:

the world grows organic. Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference, 28–31 August 2000, Basel, 49–55.

2. Irla, E., Anken, T., Krebs, H., Rüegg, J. (2001) Optimierung der Spritztechnik in Biokartoffeln. Neue Technik erfolgreicher gegen Krautfäule. FAT-Berichte Nr. 561, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon, S. 1–8.
3. Neuhoof, D., Klinkenberg, H.-J., Köpke, U. Kartoffeln im Organischen Landau: Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (Phytophthora infestans (Mont.) De Bary). Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, 2002, Nr. 89, 76 S.
4. Šniauka, P., Zinkevičius, R. (2015). Investigations of Applying Biological Product biokall on Potato Crops with Specific Equipment Lechler DroplegUL for Spraying under the Leaves of Cultural Plants. In: Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development 2015, 19–20 November 2015, Aleksandras Stulginskis University, 1–5 p. DOI: <http://doi.org/10.15544/RD.2015.019>.
5. Zinkevičius, R. *Purškimo teorija ir praktika*. Akademija (Kauno r.), 2011. 152 p.

Remigijus Zinkevičius, Greta Šinkūnaitė

Analysis of the Possibilities of Special Equipment to Spray the Leaves of Cultivated Plants

Summary

Various technical solutions are offered for the economical and even spraying of insecticides and fungicides on the underside of the leaves or for the spraying of soil herbicides and liquid mineral fertilizers under the leaves of crops.

The article presents an analysis of the design features of special equipment for spraying under the leaves of cultivated plants, and an overview of other research conducted by scientists. It has been found that the use of special equipment for spraying under the leaves of crops results in a better distribution of the spray solution throughout the crop and coverage of hard to reach areas (lower part of the leaves, steams closer to the soil surface), up to 50% better biological efficacy of plant protection products against diseases and pests, significantly reduces the amount of droplets of spray solution carried downwind (up to 95%), which allows for more flexible use of plant protection products, reduces dependence on adverse weather conditions. Special equipment can be combined with conventional spraying techniques, such as multi-nozzle spraying of potatoes and field vegetables, the dosing of plant protection products can be adapted to the growth stage of the crop by eliminating or sparingly separate spraying, good efficacy of herbicides can be achieved by spreading them under the leaves of cultivated plants in the later stages of their growth. The equipment is relatively inexpensive, easy to use and maintain.

Spraying, special equipment spraying under the leaves of cultivated plants, pesticides

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Remigijus ZINKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedra, technikos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: Remigijus.Zinkevicius@vdu.lt.

Remigijus ZINKEVIČIUS. Agricultural Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, doctor of technical sciences, assoc. prof. Address: Studentų 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas distr. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail: Remigijus.Zinkevicius@vdu.lt.

Greta ŠINKŪNAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedra, magistrantė. Adresas: Studentų 15a, LT-53362 Akademija, Kauno raj. Tel (+370 37) 75 23 57, el. paštas: gretasinkunaite0105@gmail.com.

Greta ŠINKŪNAITĖ. Agricultural Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Adresas: Studentų 15a, LT-53362 Akademija, Kauno raj. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail: gretasinkunaite0105@gmail.com.

Kombaino su vikšrine važiuokle važiavimų skaičiaus įtaka dirvožemio fizikinėms savybėms

Jūratė Juodelytė, Andrii Zabrodskiy

Vytauto Didžiojo universitetas

Žemės ūkio sektorius Lietuvoje yra vienas stipriausių. Didėjantys dirbamų laukų plotai rodo augantį žemės ūkio sektorių. Tačiau žemdirbiai turi nepamiršti to, kad nėra tokių resursų, kurie negali baigtis. Dirvožemis nėra neišsenkantis išteklius, o jo fizikinės-mechaninės savybės yra vienas iš svarbiausių rodiklių, nulemiančių augalų derlių. Žemdirbiai stengiasi koja kojon žengti su naujomis technologijomis ir taikyti naujus, inovatyvius žemės ūkio inžinerinius sprendimus, pasirinkdami vis didesnio našumo žemės ūkio mašinas. Nors naujausiomis technologijomis paremtos žemės ūkio mašinos dirba našiau ir padeda sutaupyti energijos sąnaudas, tačiau nėra atlikta daug tyrimų, kurie padėtų išsiaiškinti sunkių žemės ūkio mašinų važiuoklių įtaką dirvožemio fizikinėms-mechaninėms savybėms. Šio darbo tikslas yra ištirti kombaino su vikšrine važiuokle važiavimų skaičiaus įtaką dirvožemio fizikinėms savybėms. Tyrimai buvo atliekami 2019–2020 m. lengvo priemolio dirvožemyje. Tyrimams buvo naudotas „CLAAS“ javų kombainas su vikšrine važiuokle „Matracks 9000-J0-3000 TA“. Eksperimentiniai lauko tyrimai parodė, kad didžiausias ($70,33 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$) dirvožemio elektrinis laidumas buvo po 3–jų važiavimų 10–20 cm gylyje, o mažiausias ($52,33 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$) – kontroliniame variante tame pačiame gylyje. Dirvožemio drėgnio tyrimais nustatyta, jog didžiausias (27,82 %) drėgnis buvo po 10 pravažiavimų vikšrine važiuokle (10–20 cm gylyje), o mažiausias (18,28 %) drėgnis nustatytas po 10 pravažiavimų (20–30 cm gylyje). Dirvožemio aeracinio poringumo tyrimai parodė, kad didžiausias poringumas buvo 20–30 cm gylyje po 5 važiavimų – (32,63%), Mažiausias (16,34 %) 0–10 cm gylyje po 1 pravažiavimo vikšrine važiuokle.

Fizinės-mechaninės savybės, dirvožemis, vikšrinė važiuoklė

Įvadas

Mūsų šalis Lietuva yra agrarinių išteklių kraštas. Žemdirbystė vienas iš daugiausiai plėtojamų sektorių šalyje. Pasauliui koja kojon žengiant su naujovėmis ir vis dažniau kalbant, kad žemės resursai nėra jau tokie neišsenkantys, žemdirbiai taip pat turi pagalvoti apie tai, jog iš dirvos reikia ne tik imti, tačiau jai ir duoti, bei nepamiršti tai, kad neišsenkančių resursų nėra. Nuolat naujausiomis technologijomis sukurti žemės ūkio mechanizmai dažniausiai duoda vis didesnę naudą žemdirbiui, bet retai pagalvojama, kad ta nauda turėtų būti abipusė. Naujomis technologijomis paremtos žemės ūkio mašinos turi būti palankios ir dirvožemiui.

Lal ir kt. (2004) teigia, jog žemės dirbimas yra viena svarbiausių technologinių operacijų žemės ūkyje. Intensyvus žemės dirbimas mechanškai keičia dirvožemio fizikines, biologines ir chemines savybes (Hamza ir kt., 2016), Mutiu ir kt. (2015) teigimu nuolat dirbamas dirvožemis lengviau paveikiamas erozijos. Mechanizuotų operacijų poveikis dirvožemio sluoksnių sutankinimui didina energijos suvartojimą bei šiltnamio efektą (CO_2) sukeliančių dujų išmetimą dėl papildomo kuro naudojimo. (Pryoretal ir kt., 2017). Dirvos tankinimas glaudžiai susijęs ir su derliaus nuostoliais, todėl svarbu ne tik teisingai stebėti dirvožemio būklę, bet ir rūpintis jo atkūrimu.

Buragienės ir kt., (2015) teigimu kasmet dėl besikeičiančių aplinkos sąlygų bei netinkamos žemdirbystės prarandama apie 6 mln. ha derlingos dirvos plotų, tinkamai parenkant žemės dirbimo technologijas, bei technologinių operacijų skaičių, siekiama mažinti žemės ūkio neigiamą įtaką dirvos degradacijai, svarbu užtikrinti natūralių biologinių procesų veiklą, skatinti biologinę įvairovę, mažinti organinių ir cheminių maisto medžiagų išsiplovimą bei stabdyti humuso nykimą.

Žemės dirbimas atsižvelgiant į jo dirbimo būdus gali būti klasifikuojamas į ariminį ir neariminį žemės dirbimą.

Morris ir kt. (2010) teigia, kad neariminis žemės dirbimas skirstomas į tiesioginę sėją, minimalų žemės dirbimą ir juostinį žemės dirbimą.

Raper ir kt. (2007) teigimu naudojant neariminio žemės dirbimo technologijas, žemės dirbimo energijos sąnaudas galima sumažinti nuo 10 iki 40 %. Neariminio žemės dirbimo atveju atliekama mažiau technologinių operacijų, todėl sunaudojama mažiau degalų bei gaunamas didesnis aplinkosauginis efektas.

Feiza ir kt., (2005) teigimu naudojant neariminį žemės dirbimą, dirvožemio fizikinės-mechaninės savybės neturi ženklaus skirtumo tarp tradicinio ariminio žemės dirbimo ir gaunamas beveik toks pats derlius abiem atvejais, tačiau Fernandez-Ugalde ir kt., (2009) tyrimų duomenimis Šiaurės Ispanijoje taikant minimalų dirbimą buvo gautas dvigubai didesnis javų derlius nei taikant ariminį žemės dirbimą.

Buragienės ir kt., (2015) teigimu neariminio žemės dirbimo technologijos yra mažai ištirtos, gaunami skirtingi ir prieštaringi moksliniai tyrimai dėl skirtingų aplinkos poveikių bei ne vienodos dirvos struktūros.

Tiesioginės sėjos metu sėklos yra terpiamos į prieš tai augintų javų ar kitų žemės ūkio augalų ražieną, sumažinant technologijų operacijų skaičių iki minimumo. Tokios sėjos metu išsaugomas maksimalus drėgnis dirvožemyje ir dirva apsaugojama nuo vėjo erozijos, nes įsitvirtinusios augalų šaknys neleidžia vėjui ardyti dirvos (Lopez-Fando ir kt., 2012).

Anot Velykio (2015) viena iš problemų, kurias sukelia žemės ūkio mašinos yra dirvožemio suslėgimas. Suslėgimas parodo, kiek spaudimo procesas paveikė dirvožemio kietųjų dalelių suspaudimą. Dirvožemio suslėgimą galima įvertinti ištyrus dirvožemio tankį, poringumą, kietumą ir el. laidumą (Velykis, 2015).

Beutler ir Centurion (2004) teigimu dirvožemio tankinimas mažina augalų šaknų įsitvirtinimą dirvožemyje, tokie procesai kaip mažesnė aeracija, vandens kiekio mažėjimas, maistinių medžiagų įsisavinimas, žymiai sumažina augalų derlių.

Hamza ir Anderson (2005) pranešė, kad dirvožemio suspaudimas žemės ūkio mašinomis, sumažina dirvožemio poringumą bei tankį, todėl augalams reikalingi papildomi trąšų kiekiai ko pasekoje didėja gamybos sąnaudos.

Dar 1991 m. Oldeman ir kt. atliko kiekybinį tyrimą, kuriuo buvo ištirta, jog maždaug trečdalis Europoje

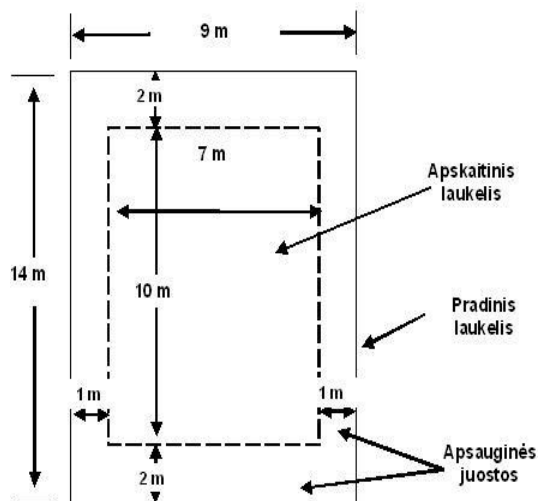
dirbamos žemės plotų yra paveikta žemės ūkio mašinų suslėgimo procesų. Nuo šio pranešimo žemės ūkio technikos svoris nuolat augo (Keller ir kt., 2019). 1989–2009 m. kombainų ratų apkrovos padidėjo maždaug 65 % (Schjønning ir kt., 2015). Todėl šiuolaikinių mašinų mechaniniai įtempimai gali viršyti daugelio ariamų dirvožemių stiprumą (Horn ir Fleige, 2003; Zink ir kt., 2010; Schjønning ir kt., 2015). Galima pagrįstai manyti, kad dėl žemės ūkio technikos apkrovų padidėjimo padidėjo dirvožemio tankinimo mastas ir suslėgimas, tačiau kiekybinių žinių apie sutankinimo lygių raidą dirvose yra mažai (Keller ir kt., 2019).

Tyrimų tikslas – nustatyti vikšrinės važiuoklės važiavimų skaičiaus daromą įtaką dirvožemio fizikinėms – mechaninėms savybėms.

Tyrimų metodika

Lauko eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami 2019–2020 metais, Šiaulių rajono savivaldybėje, Naisių kaime. Vyraujantis dirvožemis – lengvas priemolis. Tai – Lietuvos vidurio žemuma, reljefas mažai banguota lyguma.

Bandymų metu buvo naudojamas „CLAAS“ javų kombainas su vikšrine važiuokle „Matracks 9000-J0-3000 TA“. Principinė bandymų schema pateikiama 1 pav.



1 pav. Principinė bandymo laukelio schema

Fig. 1. Scheme of field experiment

Tyrimai buvo atliekami keturiais pakartojimais: po 1 važiavimo, po 3-jų važiavimų, po 5-kių važiavimų ir po 10-ties važiavimų. Prieš pradedant tyrimus buvo paimti kontroliniai (foniniai) dirvožemio mėginiai, kad būtų galima vėliau palyginti ir nustatyti vikšrinės važiuoklės važiavimų skaičiaus įtaką dirvožemio savybėms. Aplinkos sąlygos matavimo metu: oro temperatūra -4°C , drėgmės kiekis 80%, kritulių kiekis – 0 %

Tyrimų metu buvo nustatinėjamas dirvožemio kietumas, elektrinis laidumas, drėgnis bei aeracinis poringumas. Visi tyrimai buvo kartojami penkiais pakartojimais, vėliau duomenys apdorojami ir apskaičiuoti duomenų aritmetiniai vidurkiai.

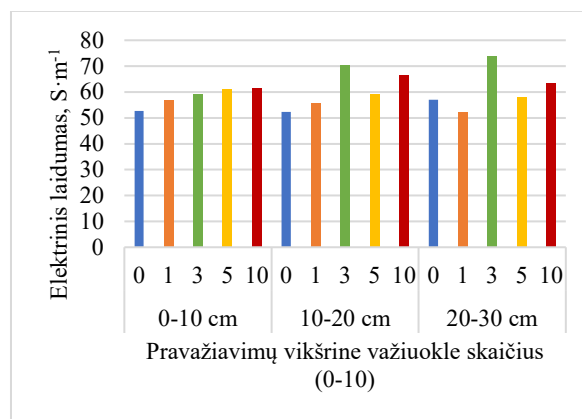
Dirvožemio kietumui matuoti buvo naudojamas „Eijkelkamp“ firmos kietmatas, kurio pagalba buvo

išmatuotas dirvožemio kietumas iki 40 cm gylio. Elektrinio laidumo ir drėgnio matavimams naudotas dirvožemio savybių matuoklis HH2 Moisture Meter su WET-2 jutikliu.

Statistiniai skaičiavimai atlikti Tukey (HSD) metodu, SAS Enterprise Guide programa. Vidurkių pasiskirstymą nustatant pritaikius mažiausią esminio skirtumo ribą R, esant 0,05 tikimybei (Steponavičius ir kt. 2010)

Rezultatai ir aptarimas

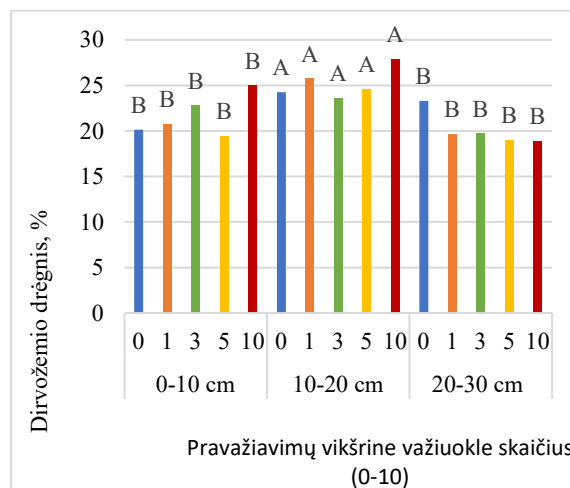
Elektrinio laidumo tyrimų rezultatai pateikiami 2 pav.



2 pav. Dirvožemio elektrinio laidumo tyrimų rezultatai

Fig. 2. Results of soil electrical conductivity

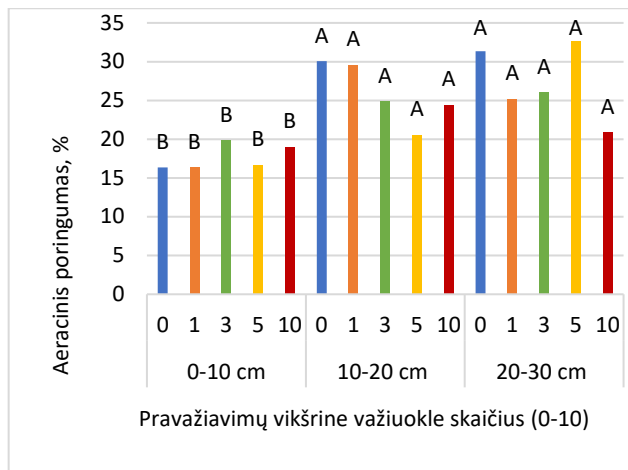
Gauti duomenys rodo, kad dirvožemio elektrinis laidumas esminių skirtumų tarp važiavimų pakartojimų, matuojant skirtinguose 0–10 cm, 10–20 cm ir 20–30 cm dirvožemio gyliuose neturi. Didžiausias elektrinis laidumas gautas 20–30 cm gylyje po 3 pravažiavimų vikšrine važiuokle – $74 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$, didinant važiavimų skaičių iki 5, elektrinis laidumas tame pačiame gylyje sumažėjo iki $58 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$, po 10-ties pravažiavimų siekė $63,33 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$. Mažiausias elektrinis laidumas gautas 0–10 cm gylyje. Dirvožemio drėgmės tyrimų rezultatai pateikiami 3 pav.



3 pav. Dirvožemio drėgnio tyrimų rezultatai

Fig. 3. Results of soil moisture

Statistiškai įvertinus dirvožemio drėgnį ir važiavimų skaičių matyti, kad visuose tuose pačiuose tirtuose gyliuose tarp skirtingo važinėjimo po dirvą skaičiaus operacijų dirvos drėgmės esminiai skirtumai nepastebėti. Lyginant dirvos drėgnį 10–20 cm gylyje su drėgniu gautu kituose dviuose gyliuose (0–10 cm ir 20–30 cm) esminiai skirtumai pastebėti tarp variantų, 10–20 cm gylyje drėgnis yra ženkliai didesnis negu 0–10 cm ir 20–30 cm gylyje. Palyginus 0–10 cm ir 20–30 cm gylius, pastebėta, kad esminių skirtumų nėra nei viename važiavime. Aeracinio poringumo tyrimo rezultatai pateikiami 4 pav.



4 pav. Aeracinio poringumo tyrimo rezultatai

Fig. 4. Results of aeration porosity

Dirvožemio aeracinio poringumo tyrimai parodė, kad didžiausias poringumas buvo 20–30 cm gylyje po 5 važiavimų – (32,63%), aeracinis poringumas tame pačiame gylyje po 10 – ies pravažiavimų buvo 20,87% Mažiausias aeracinis poringumas nustatytas 0–10 cm gylyje po vieno pravažiavimo vikšrine važiuokle – 16,34 %, po 10-ties pravažiavimų, aeracinis poringumas tame pačiame gylyje siekė – 18,99 %. Atliekant tas pačias važiavimo operacijas 10–20 cm ir 20–30 cm gyliuose esminių skirtumų nenustatyta.

Išvados

1. Eksperimentiniais lauko tyrimais nustatyta, kad didinant vikšrinės važiuoklės važiavimo skaičių dirvoje, didėjo ir dirvožemio elektrinis laidumas visuose skirtinguose gyliuose. Didžiausias el. laidumas $74 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ buvo 20-30 cm gylyje po 3 pravažiavimų.

2. Dirvožemio drėgnio tyrimai parodė, kad didžiausias (27,82%) drėgnis buvo 10-20 cm gylyje po 10-ties pravažiavimų vikšrine važiuokle. Mažiausias (18,82 %) 20–30 cm gylyje po 10 pravažiavimų.

3. Dirvožemio aeracinio poringumo tyrimai parodė, kad didžiausias poringumas buvo 20-30 cm gylyje po 5

važiavimų – (32,63%), Mažiausias (16,34 %) 0–10 cm gylyje po 1 pravažiavimo vikšrine važiuokle.

Literatūra

- Bakasėnas, A. Žemdirbystės technikos komplektavimas tausojant išteklius ir aplinką. (2006). LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos institutas. Raudondvaris: MILGA., 46 p.
- Beutler, A. N., Centurion, J. F. (2004). Soil compaction and fertilization in soybean productivity. *Scientia Agricola* 61(6):626-631.
- Buragiene, S., Šarauskis, E., Romanekas, K., Sasnauskienė, J., Masilionytė, K., Kriauciūnienė, Z., (2015) Experimental analysis of CO₂ emissions from agricultural soils subjected to five different tillage systems in Lithuania *Science of The Total Environment Research* 514 –(2015) 1–9.
- Feiza, V., Šimanskaitė, D., Deveikytė, I., Šlepetienė, A. (2005). Pagrindinio žemės dirbimo supaprastinamo galimybės lengvo priemolio dirvoje. *Žemdirbystė: mokslo darbai, LŽI, LŽŪU – Akademija*. Nr. 92, p. 66–79.
- Fernandez-Ugalde, O., Virto, I., Imaz, M. J., Enrique, A., Bescansa, P. (2009). Soil water retention characteristics and the effect on barley production under no-tillage in semi-arid conditions of the Ebro Valley (Spain). In: *Proceedings 18th ISTRO Conference*, Izmir, Turkey, Paper T1-008, p. 1–5.
- Hamza, M. A., Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research* 82(2): 121–145.
- Hamza, R. A., Iorhemen, O. T., Tay, J. H. (2016). Anaerobic-aerobic granular system for high strength waste water treatment in lagoons. *Adv Environ Res.* 5(3), 169–178 DOI:10.12989/aer.2016.5.3.169
- Horn, R., Fleige, H. (2003). A method for assessing the impact of load on mechanical stability and on physical properties of soils. *Soil Tillage Research.*, Vol. 73; 89–99.
- Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R., Or, D. (2019). Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. *Soil and Tillage Research*. Vol. 194: 104293.
- Lal, R., Shukla, M. K. (2004). *Principles of Soil Physics*. New York, N.Y.: Marcel Dekker, Inc.
- Lopez-Fando, C., Pardo, M. T. (2012). Use of a partial-width tillage system maintains benefits of no-tillage in increasing total soil nitrogen. *Soil and Tillage Research*, vol.118, p. 32–39.
- Morris, N. L., Miller, P. C. H., Orson, J. H., Froud-Williams, R. J. (2010). The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and environment – A review. *Soil and Tillage Research*, Vol. 108, P. 1–15.
- Muti, A. B., Surinder, S. K., Amanpreet, K., Rajan, B., Ashura, A. D., 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 3(2), 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>
- Pryor, S. W., Smithers, J., Lyne, P., Antwerpen, R., 2017. Impact of Agricultural Practices on Energy Use and Greenhouse Gas Emissions for South African Sugarcane Production. *Research*. Vol. J Clean Prod 141 137 145.
- Raper, R. L., Bergtold, J. S. (2007). In-row subsoiling: a review and suggestions for reducing cost of this conservation tillage operation. *Applied Engineering in Agriculture*, Vol. 23(4), P. 463–471.
- Schjønning, P., Akker, J., Keller, T., Greve, M., Lemande, M., Simojoki, A., Stettler, M., Arvidsson, J., Breuning-Madsen, H. (2015). Chapter Five – Driver – Pressure – State – Impact – Response (DPSIR) analysis and risk assessment for soil compaction – a European perspective
- Velykis, A. (2015). Dirvožemio suslėgimo priežastys ir pasekmės. *Mano ūkis*. Nr. 8.
- Zink, A., Fleige, H., Horn, R. (2010). Load risks of subsoil compaction and depths of stress propagation in arable Luvisols *Soil and Water Management and Conservation*. Soil Science Society of America Journal. Vol. 74; 173–174.

Jūratė Juodelytė, Andrii Zabrodskiy

Influence of the Number of Runs of a Combine with a Crawler Chassis on the Physical Properties of the Soil

Summary

The agricultural sector is one of the strongest in Lithuania. Increasing areas of arable fields show that the agricultural sector is growing. However, farmers need to keep in mind that there are no resources that cannot run out. Soil is not an inexhaustible resource and its physical-mechanical properties are one of the most important determinants of crop yields. Farmers are constantly striving to keep pace with new technologies and apply new, innovative agricultural engineering solutions by choosing increasingly efficient tillage machines. Although tillage machines based on the latest technologies are more efficient and save energy costs, not much research has been conducted to investigate the influence of the technological parameters of tillage machines on the physical-mechanical properties of soil. The aim of this research is to investigate the influence of the number of runs of a combine with a crawler chassis on soil hardness, electrical conductivity and moisture content. The research was conducted in 2019–2020 on light loam soil. The “CLAS” combine harvester with “Matracks 9000 TA” and “Matracks 9000-J0-3000 TA” crawler chassis was used for the research. The electrical conductivity studies showed that the highest soil electrical conductivity (70,33 S-m-1) was obtained after 3 runs, (10–20 cm deep) while the lowest (52,33 S-m-1) was obtained with the control variant. Soil moisture tests showed that the highest moisture content (27,82%) was found after 10 runs with a crawler chassis, while the lowest moisture content (18,28%) was found after 10 runs with a crawler chassis. Studies of soil aeration porosity show that the highest porosity was at a depth of 20–30 cm after 5 runs – (32.63%), the lowest (16.34%) at a depth of 0–10 cm after 1 run on a track undercarriage.

Physical-mechanical properties, soil, crawler chassis

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Jūratė JUODELYTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė.

Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: jurate.juodelyte@vdu.lt.

Jurate JUODELYTE. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentu g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail: jurate.juodelyte@vdu.lt

Andrii ZABRODSKYI. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros doktorantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno raj.; Tel. +370 37 752 357, el. paštas: andrii.zabrodskiyi@vdu.lt.

Andrii ZABRODSKYI. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, PhD student. Address: Studentu 15a, LT-53361 Akademija, Kaunas distr.; Phone: +370 37 752 357, e-mail: andrii.zabrodskiyi@vdu.lt.

Invazinių žolinių augalų perdirbimo ir naudojimo energetinėms reikmėms tyrimas

Gvidas Gramauskas¹, Algirdas Jasinskas¹, Ramūnas Mioldažys¹, Kęstutis Romanekas¹, Nerijus Pedišius²

¹Vytauto Didžiojo universitetas, ²Lietuvos energetikos institutas

Spartus invazinių augalų plitimas kelia vis didesnę grėsmę natūralioms ekosistemoms visose pasaulio šalyse. Be to, invaziniai augalai taip pat gali kelti pavojų visuomenės sveikatai ir ekonomikai. Vienas gausiai paplitęs invazinis augalas Lietuvoje, tai didžioji rūgtis. Šie augalai sukaupia daug biomasės, kurią susmulkinus, išdžiovinus ir supresavus galima naudoti kaip biokurą. Taip galimai atsipirktų šių invazinių žolinių augalų naikinimo technologijos. Taip pat invazinių žolinių augalų nereikia sėti, tręšti, bei naudoti priežiūros priemonių todėl jų auginimo kaštai prilygsta nuliui. Dėl šios priežasties jų sukaupta energija biomasės forma turėtų atsvirti nuėmimo ir deginimui paruošimo kaštus. Atlikus eksperimentinius tyrimus nustatyti didžiosios rūgties miltų ir granuliu frakcinė sudėtis, drėgnis, išmatuotos biometrinės savybės, paskaičiuotas tankis, nustatytas didžiosios rūgties granuliu šilumingumas ir elementinė sudėtis, šios savybės palygintos su spygliuočių medienos granulėmis. Taip pat įvertintos kenksmingų dujų emisijos deginant tirtas biokuro granules. Nustatyta jog didžiosios rūgties granulės tenkina biokuro kokybei keliamus svarbiausius reikalavimus ir jis gali būti ruošiamas bei naudojamas energetinėms reikmėms.

Didžioji rūgtis, invaziniai augalai, granulė, šilumingumas, frakcinė sudėtis, emisijos, biokuras

Įvadas

Pastaruoju metu vis didesnis dėmesys žemės ūkio mokslo srityje skiriamas naujų energinės paskirties augalų biomasės panaudojimui energinėms vertėms. Biomasė priskiriama prie pagrindinių atsinaujinančios energijos išteklių. Lyginant su kietuoju iškastiniu kuru, augalinio biokuro naudojimas ženkliai sumažina „šiltnamio“ efektą; apytiksliai CO₂ emisija yra lygi nuliui, kadangi vykstant degimui išsiskyręs CO₂ kiekis fotosintezės metu sunaudojamas organinei medžiagai gaminti (Vares ir kt., 2007).

Spartus invazinių augalų plitimas kelia vis didesnę grėsmę natūralioms ekosistemoms visose pasaulio šalyse. Be to, invaziniai augalai taip pat gali kelti pavojų visuomenės sveikatai ir ekonomikai. Vien tik Floridos valstijoje invazinių augalų poveikis ekosistemoms ir ekonomikai kiekvienais metais kainuoja milijonus dolerių. Dėl to buvo sukurtos kelios valdymo strategijos. Tarp jų dažniausiai naudojami mechaniniai (pvz., rovimas ir kasimas) ir cheminiai (pvz., herbicidai) kontrolės metodai. Nors šie metodai yra veiksmingi, jie dažnai reikalauja didžiulio kapitalo ir žmoniškųjų išteklių, bei nėra grįžtamo energijos ciklo. Be to, herbicidų ar kitų cheminių kontrolės priemonių naudojimas gali sukelti netyčinių pavojų vietinėms rūšims ir visuomenės sveikatai. Todėl labai svarbu sukurti inovatyvias ir ekonomiškai invazinių augalų kontrolės strategijas (Le Roux, 2021).

Gausiai paplitę invaziniai augalai Lietuvoje, tai sosnovskio barštis ir rūgtis. Šie augalai sukaupia daug biomasės, kurią susmulkinus, išdžiovinus ir supresavus galima naudoti kaip biokurą. Taip galimai atsipirktų šių invazinių žolinių augalų naikinimo technologijos. Taip pat invazinių žolinių augalų nereikia sėti, tręšti, bei naudoti priežiūros priemonių todėl jų auginimo kaštai prilygsta nuliui. Dėl šios priežasties jų sukaupta energija biomasės forma turėtų atsvirti nuėmimo ir deginimui paruošimo kaštus (Liao ir kt., 2013).

Norint paruošti pasirinktą energijos žaliavą biokurui, reikia atlikti tam tikras technologines operacijas, kurių galutinis rezultatas šilumos ir elektros tiekimas žmonėms. Biokurui ruošiamą žolę reikia nupjauti ir išdžiovinti (iki 15 % drėgnio), po to žolę galima presuoti į ritinius arba

stačiakampius ryšulius ir laikyti dengtoje saugykloje arba formuoti granules ar briketus (Žaltauskas ir kt., 2001).

Lietuvoje šiuo metu yra išleista ganėtinai daug kietajam biokurui ir tuo pačiu specifiskai granulėms standartų. Standarto LST EN ISO 17225-2:2014 antroje dalyje specifikuojamos rūšiuotos medienos granulės. Standarte LST EN ISO 17225-6:2014 šeštoje dalyje pateikiamos specifikuojamos rūšiuotoms kitokios nei medienos granulėms. Granulių ilgio ir skersmens nustatymą apima LST EN ISO 17829:2016 standartas.

Kitose Europos šalyse taip pat yra specifikuoti standartai, Švedijoje granuliu kokybę reglamentuojantis standartas yra SS187120, o Vokietijoje galioja standartas DIN 51731, kuris taip pat nusako granuliu reikalavimus. 16 Europoje yra įsigaliojusi medienos granuliu sertifikavimo sistema „ENplus“, kuri naudoja CEN/TC, EN ir ISO, kietajam granuliu biokurui nustatytus standartus.

Kurą deginančių įrenginių išmetamųjų teršalų ribinės vertės yra reglamentuotos išmetamųjų teršalų normomis kurą deginantiesiems įrenginiams, patvirtintomis Lietuvos Respublikos aplinkos ministro (LAND 43-2013). Šios normos reglamentuoja sudegusio biokuro, įskaitant žolinius augalus ir šiaudus, teršalus, ribines vertes. Nustatytos biokurą deginančių naujų ir esamų įrenginių, kurių šiluminis našumas 0,12–1,0 MW, išmetamųjų teršalų ribinės vertės (esant standartinei O₂ = 6 % koncentracijai tūrio proc.) (LAND 43-2013): NO_x → 750 mg Nm⁻³; SO₂ → 2000 mg Nm⁻³; CO → nenormuojama; kietųjų dalelių → 800 mg Nm⁻³.

Pagal esamus tyrimų rezultatus, invaziniai žoliniai augalai teoriškai tiktų kaip papildomas biokuro šaltinis, kadangi invazinių žolių auginimas visiškai nenaudoja energijos, o jas naikinti ir šalinti reikia. Jas nuėmimui galima naudoti jau esamus žemės ūkio agregatus, kurie pritaikyti žolinių augalų nuėmimui ir smulkinimui. Tačiau trūksta išsamesnių tyrimų bei tyrimų su įvairesniais invaziniais žoliniais augalais

Tyrimų tikslas – išanalizuoti invazinių žolinių augalų nuėmimo ir granuliu ruošimo technologijas. Taip pat atlikti tyrimus ir nustatyti invazinių žolinių augalų granuliu fizikinius parametrus, cheminių elementų sudėtį, kaloringumą taip pat nustatyti išskiriamas emisijas deginant nedidelės galios katilė.

Tyrimų metodika

Didžiosios rūgties miltų ir granulių biometrinių rodiklių, frakcinės sudėties, fizikinių-mechaninių bei energetinių savybių nustatymo metodikos.

Atliekant tyrimus šiam darbui pasirinkta didžiosios rūgties biomasė. Ši nupjauta masė išdžiovinama, susmulkinta ir supresuota į granules. Atlikti tyrimai norint nustatyti: miltų frakcinę sudėtį, granulių biometrinius rodiklius, taip pat fizikines-mechanines savybes, pagal kuriuos parenkama tikslinga biomasės perdirbimo technologija bei įranga. Smulkinimui naudojamas būgninis smulkintuvas, o susmulkinta biomasė toliau malama plaktukiniu malūnu. Granulių formavimui naudojamas granulatorius su horizontalia matrica.

Kietojo biokuro drėgnis nustatomas pagal LST EN ISO 18134-1:2016 standartą. Didžiosios rūgties susmulkinta biomasė yra gerai sumaišoma ir paimamas pasirinktas kiekis Ėminių. Šie ėminiai pasveriami bei džiovinami 24 h, 105 °C temperatūroje. Išdžiovinti ėminiai pasveriami, po to sveriami tušti biukseliai. Apskaičiuojamas kiekvieno ėminio drėgnis ir vidutinis drėgnis su jo duomenų kitimo pasikliautiniu intervalu. Toks pat būdas naudojamas nustatyti didžiosios rūgties granulių drėgniui.

Didžiosios rūgties susmulkintos biomasės smulkumo kokybei (frakcinei sudėčiai) įvertinti naudojama ES šalyse naudojama tyrimų metodika (EU DD CENT/TS15149-1 : 2006). Miltų frakcinė sudėtis nustatoma naudojant *Retsch AS200* sijotuvą kur vienas ant kito sudėti sietai su apvaliomis skylutėmis (eilės tvarka nuo viršutinio sieto): 2 mm, 1 mm, 0,63 mm, 0,5 mm, 0,25 mm ir 0 mm skersmens. Kiekvieno imamo Ėminio masė yra 100 g. Ant sietų likusi masė pasveriami ir apskaičiuojama kiekvienos frakcijos ėminio dalis (%) bei matavimų vidurkis su pasikliautina vidutine kvadratine paklaida. Kiekvienas bandymas kartojamas 5 kartus. (Jasinskas ir kt., 2008).

Pagamintų netradicinių invazinių žolinių augalų (didžiosios rūgties) granulių elementinės sudėties, peleningumo ir šilumingumo (kaloringumo) tyrimai atlikti Lietuvos energetikos instituto (LEI) Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijoje pagal Lietuvoje ir Europos šalyse galiojančią standartinę metodiką (Sakalauskas ir kt., 2014):

- visuminio anglies, vandenilio, azoto, sieros ir deguonies kiekio nustatymo įrenginyje Nr. 8B/3 pagal 15104:2010 standarto reikalavimus;
- drėgmės bandymo įrenginyje Nr. 8B/1 pagal LST EN 14774-1:2010 standarto reikalavimus;
- peleningumo bandymo įrenginyje Nr. 8B/5 pagal LST EN 14775:2010 standarto reikalavimus;
- šilumingumo bandymo įrenginyje Nr. 8B/2 pagal LST EN 14918:2010 standarto reikalavimus.

Šilumingumo tyrimui atlikti naudotas kalorimetras *IK4 C 5000* su kalorimetrine bomba. Atlikus bandymą prietaiso ekrane parodomas įdėto mėginio žemutinis šilumingumas (MJ·kg⁻¹). Bandymas kartojamas keturis kartus, su

kiekvienos rūšies granulėmis. Matavimų paklaida 0,02 % (Vares ir kt., 2007; Sakalauskas ir kt., 2014).

Lietuvos energetikos institute pagal minėtas metodikas taip pat buvo nustatinėjama didžiosios rūgties granulių elementinė sudėtis, chloro kiekis bei peleningumas.

Kenksmingų dujų emisijų nustatymas deginant didžiosios rūgties granules.

Katiluose, kūrenamuose kietuoju biokuru, kuro sudegimas ir išmetamų teršalų koncentracijos priklauso nuo kuro rūšies, kokybės bei kuro pavidalo. Tyrimai atlikti Lietuvos energetikos institute, Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijoje pagal 15104:2010 standarto reikalavimus deginant didžiosios rūgties granules. Degimo metu susidarę visuminio anglies, vandenilio, azoto, sieros ir deguonies kiekiai buvo matuojami degimo produktų analizatoriais: *Datatest 400CEM*, analizatoriumi *VE7* (Sakalauskas ir kt., 2014).

Rezultatai ir jų aptarimas

Didžiosios rūgties, miltų bei granulių biometriniai rodikliai.

Didžiąją rūgtį perdirbant ir ruošiant presuotą biokurą pirmiausia buvo nustatytas didžiosios rūgties miltų ir granulių drėgnis. Apskaičiuoti didžiosios rūgties miltų ėminių drėgniai ir vidutiniai drėgniai su duomenų kitimo pasikliautiniu intervalu. Nustatytas didžiosios rūgties miltų drėgnis (7.24 ± 0.22 %).

Taikant tokią pat metodiką nustatytas ir spygliuočių medienos miltų drėgnis palyginimui (8.37 ± 0.31 %)

Didžiosios rūgties miltų frakcinė sudėtis.

Atlikus bandymus, didžiausia miltų frakcija susikaupia ant sieto su apvaliomis 0,25 mm skersmens skylutėmis (45.4 ± 3.6 %).

Atlikus tokius pat bandymus su spygliuočių medienos miltais, nustatyta didžiausia miltų frakcija susikaupia ant sieto su apvaliomis 0,63 mm skersmens skylutėmis (44.7 ± 4.2 %).

Nustatyta kad tokios frakcinės sudėties miltai yra tinkami granulių gamybai.

Didžiosios rūgties miltų bei granulių fizikiniai-mechaniniai rodikliai.

Didžiosios rūgties miltų fizikinės-mechaninės savybės buvo nustatytos pagal anksčiau aprašytą darbo metodiką. Atlikus miltų tankio tyrimus, nustatytas didžiosios rūgties miltų tankis (252.62 ± 10.56 kg·m⁻³). Palyginimui taip pat nustatytas ir spygliuočių medienos miltų tankis (583.8 ± 33.9 kg·m⁻³)

Atlikus tyrimus nustatytas didžiosios rūgties granulių tankis – 1057.5 ± 73.6 kg·m⁻³ s.m. Taip pat nustatytas ir spygliuočių medienos granulių tankis – 1100.9 ± 34.0 kg·m⁻³ s.m.

Didžiosios rūgties granulių elementinė sudėtis, peleningumo bei šilumingumo rodikliai.

Didžiosios rūgties granulių elementinės sudėties, peleningumo ir šilumingumo tyrimų rezultatai ir jų palyginimas su spygliuočių mediena pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Invazinių žolinių augalų granulinių energetinės savybės**Table 1.** Energetic properties of invasive plant pellets

	Didžioji rūgtis <i>Giant knotweed</i>	Spygliuočių mediena <i>Softwood</i>
Parametras <i>Parameter</i>	Vertė <i>Value</i>	
Peleningumas, % Ash content, %	4,28 ± 0,01	1,13 ± 0,03
Sauso kuro viršutinis šilumingumas MJ kg ⁻¹ <i>Upper calorific value MJ·kg⁻¹</i>	18,96 ± 0,28	19,81 ± 0,29
Sauso kuro apatinis šilumingumas MJ kg ⁻¹ <i>Lower calorific value, MJ·kg⁻¹</i>	17,73 ± 0,33	18,63 ± 0,33
C, %	47,42 ± 1,08	49,53 ± 1,1
H, %	5,98 ± 0,43	4,75 ± 0,05
N, %	0,71 ± 0,30	< 0,01 ± 0,0
S, %	0,05 ± 0,26	< 0,01 ± 0,0
O, %	41,55 ± 0,0	43,59 ± 0,0
Cl, %	0,26 ± 0,0	0,06 ± 0,0

Didžiosios rūgties elementinėje sudėtyje vyrauja trys komponentai: anglis (C), vandenilis (H) ir deguonis (O), kurie kartu sudaro 94,95 % sausosios masės. Todėl galima teigti, jog didžioji rūgtis, šioje srityje, nedaug nusileidžia medienai (97,87 %) (Vares ir kt., 2007). Azoto (N) rastas kiekis 0,71 %, chloro (Cl) – 0,26 %, o sieros (S) – tik 0,05 %. Analizuojant 1 lentelėje pateiktus duomenis matyti, jog didžioji rūgtis kaip žolinis augalas sukaupia daugiau sieros (S), azoto (N) ir chloro (Cl), nei spygliuočiai medžiai.

Deginant didžiosios rūgties granules gautas peleningumas – 4,28 %. Lyginant su medienos granulinių peleningumu (1,13 %) toks susidarantis pelenų kiekis yra 3,7 karto didesnis (Jasinskas ir kt., 2015). Gautas didžiosios rūgties granulinių drėgnis siekė 9,93 %, tačiau jis pilnai tenkina granuliuotam biokurui keliamus reikalavimus (Sakalauskas ir kt., 2014).

Nustatytas didžiosios rūgties granulinių sauso kuro apatinis šilumingumas yra panašus į kitų žolinių energetinių augalų šilumingumą, jis siekė 17,73 MJ·kg⁻¹. Toks šilumingumas yra 5 % mažesnis už tirtų spygliuočių medienos granulinių šilumingumą, o lyginant su daugelyje šalių biokuro etalonu laikomu beržu (Vares ir kt., 2007), didžiosios rūgties šilumingumas yra apie 10 % mažesnis.

Kenksmingų dujų emisijų tyrimo rezultatai deginant didžiosios rūgties granules.

Didžiosios rūgties granulinių kenksmingų dujų emisijų tyrimai buvo atlikti Lietuvos energetikos institute. Kaip buvo minėta, deginant didžiosios rūgties granules, išsiskiria tam tikras kenksmingų medžiagų emisijų kiekis.

Deginant didžiosios rūgties granules buvo nustatytos tokios kenksmingų teršalų emisijų vidutinės reikšmės: anglies dioksido CO₂ – 2,2 %; anglies monoksido CO – 915,3 ppm, azoto oksidų NO_x – 67,4 ppm ir nesudegusių angliavandenilių C_xH_y – 66 ppm. Nustatyta kad į aplinką patenkančios emisijos neviršija leistinų normų.

Apibendrinant didžiosios rūgties granulinių deginimo ir emisijų tyrimo rezultatus galima teigti, kad didžiosios rūgties granulės gali būti rekomenduojamos naudoti biokurui granuliuojant. Tokį biokurą deginant gaunamas pakankamai kokybiškas ir efektyvus degimas su minimaliais teršalų išmetimais į aplinką.

Išvados

1. Nustatytas didžiosios rūgties miltų drėgnis – 7.24 ± 0.22 %. Bei frakcinė sudėtis, kur daugiausia miltų susidarė ant sieto su apvaliomis skylutėmis, kurio skersmuo 0,25 mm – 45,4 ± 3,6 %. Palyginimui nustatytas spygliuočių medienos miltų drėgnis – 8,37 ± 0,31 %, bei frakcinė sudėtis, kur didžiausia miltų frakcija susikaupia ant sieto su apvaliomis 0,63 mm skersmens skylutėmis 44,7 ± 4,2 %.

2. Susmulkinta ir sumalta didžiosios rūgties biomasė buvo granuliuojama gaunant 6 mm skersmens granules. Buvo ištirti pagamintų granulinių biometriniai rodikliai, fizikinės-mechaninės bei energetinės savybės. Didžiosios rūgties granulinių tankis – 1057,5 ± 73,6 kg·m⁻³ s.m. Palyginimui spygliuočių medienos granulinių tankis – 1100,9 ± 34,0 kg·m⁻³ s.m.

3. Deginant didžiosios rūgties granules nustatytas susidariusių pelenų kiekis – 4,28 ± 0,01 %. Toks peleningumas yra 3,7 karto didesnis už spygliuočių medienos granulinių. Nustatytas gana aukštas didžiosios rūgties granulinių apatinis sauso kuro šilumingumas – 17,73 ± 0,33 MJ·kg⁻¹, jis yra tik 5 % mažesnis už spygliuočių medienos granulinių apatinį šilumingumą.

4. Deginant didžiosios rūgties granules nustatytos kenksmingų teršalų emisijos – anglies dioksido CO₂ – 2,2 %, anglies monoksido CO – 915,3 ppm, azoto oksido NO_x – 67,4 ppm ir nesudegusių angliavandenilių C_xH_y – 66 ppm. Šios emisijos neviršija leistinų normų.

Literatūra

1. EU DD CENT/TS15149-1 : 2006. Solid biofuels. Methods for the determination of particle size distribution. Oscillating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and above.
2. Jasinskas, A., Sakalauskas, A., Šarauskis, E., Vaiciukevičius, E., Kalinauskaitė, S. (2012). Investigation of boiler efficiency and harmful emissions while burning of plant biomass briquettes. Journal of Food, Agriculture & Environment. Helsinki : WFL Publisher. 2012, Vol. 10, No. 3&4, p. 1124-1127.
3. Jasinskas, A., Kryževičienė, A. (2006). Energetiniai žolynai ir jų auginimo bei ruošimo kurui sąnaudos: LŽŪ ūkio instituto ir LŽŪ universiteto mokslo darbai. 2006, Vol. 38, p. 59–71.
4. Jasinskas, A.; Kučinskas, V. (2015). Netradicinių žolinių augalų nuėmimo ir paruošimo biokurui technologinis-techninis įvertinimas: mokomoji knyga. Kaunas, p. 64.
5. Jasinskas, A.; Sakalauskas, A.; Domeika, R. (2008). Evaluation of physical-mechanical properties of herbaceous bioenergy plants:

- Journal Biomass and Bioenergy., Vol 32, p. 952-958.
6. Jasinskas, A.; Zvicevičius, E. (2008). Stambiasiebių augalų biomasės paruošimas energijos gamybai: Laboratorinių darbų metodiniai patarimai. Akademija.
 7. Le Roux, J. (2021). The Evolutionary ecology of invasive species. Knyga.
 8. Lewandowski, I., Scurlock, J.M.O., Lindvall, E., Christou, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe: Journal Biomass and Bioenergy, Vol 25, p. 335-361.
 9. Liao, R., Goa, B., Fang, J. (2003). Invasive plants as feedstock for biochar and bioenergy: Journal Bioresource technology. Vol 140, p. 439-442
 10. LST EN 14918:2010. „Kietasis biokuras. Šilumingumo nustatymas“.
 11. LST EN ISO 18134-1:2016. Kietasis biokuras. Drėgmės kiekio nustatymas. Metodus naudojant džiovavimo spintą. 1 dalis. Visuminė drėgmė. Pamatinis metodas.
 12. Sakalauskas, A., Jasinskas, A., Šarauskis, E.; Vaiciukevičius, E., Kalinauskaitė, S., Simonaitis, P. (2014). Daugiamečių žolių ir netradicinių žolinių augalų (drambliažolės, sidos, legestų, nendrinių žolių) bei jų mišinių panaudojimas presuoto biokuro gamybai: Žemės ūkio, maisto ūkio ir žuvininkystės MTTV projekto galutinė ataskaita. p. 68.
 13. Vareas, V., Kask, U., Muiste, P., Pihu, T., Soosaar, S. Biokuro naudotojo žinynas. Vilnius, Žara, 2007, 168 p.
 14. Žaltauskas, A., Jasinskas, A., Kryževičienė, A. (2001). Analysis of the Suitability Tall-Growing Plants for Cultivation and Use as a Fuel. Perspective Sustainable Technological Processes in Agricultural Engineering: proceedings of the International Conference, Lithuanian Institute of Agricultural Engineering. Raudondvaris, 155–160 p.

Gvidas Gramauskas, Algirdas Jasinskas, Ramūnas Mioldažys, Kęstutis Romanekas, Nerijus Pedišius

Investigation of Invasive Herbaceous Plant Preparation and Usage for Burning and Determination of Harmful Substances Emissions

Summary

The rapid spread of invasive plants poses an increasing threat to natural ecosystems around the world. In addition, invasive plants can also pose a threat to public health and the economy. One abundant invasive plant in Lithuania is the giant knotweed. These plants store a lot of biomass, which can be used as biofuel after shredding, drying and pressing. This could potentially pay off in the removal of these invasive herbaceous plants. Also, invasive herbaceous plants do not need to be sown, fertilized, and care products are used, so their cultivation costs are zero. For this reason, their stored energy in the form of biomass should outweigh the costs of harvesting and preparing for incineration. Experimental studies were performed to determine the fractional composition, moisture, measured biometric properties, calculated density, calorific value and elemental composition of giant knotweed flour and pellets, and compared these properties with softwood pellets. Emissions of harmful gases from the combustion of the studied biofuel pellets were also estimated. It has been established that giant knotweed pellets meet the most important requirements for the quality of biofuel and it can be prepared and used for energy purposes.

Energetic plants, giant knotweed, biofuel, pellets, calorific value, herbaceous, harmful emissions.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Gvidas GRAMAUSKAS. Vytauto Didžiojo universitetas Žemės ūkio akademija Inžinerijos fakultetas Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (862) 86 42 60, el. paštas: g.gramauskas@gmail.com

Gvidas GRAMAUSKAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety masters student. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 62 86 42 60, e-mail gvidas.gramauskas@gmail.com

Algirdas JASINSKAS. Vytauto Didžiojo universitetas Žemės ūkio akademija Inžinerijos fakultetas Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros vyriausiasis mokslo darbuotojas, docentas, technikos mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (861) 20 40 02, el. paštas: algirdas.jasinskas@vdu.lt

Algirdas JASINSKAS Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel +370 61 20 40 02., e-mail algirdas.jasinskas@vdu.lt

Ramūnas MIELDAŽYS. Vytauto Didžiojo universitetas Žemės ūkio akademija Inžinerijos fakultetas Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros lektorius, mokslo darbuotojas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (614) 01137, el. paštas: ramunas.mieldazys@vdu.lt

Ramūnas MIELDAŽYS Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 61401137, e-mail ramunas.mieldazys@vdu.lt

Kęstutis ROMANECKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel 8-656-30044, el. paštas: kestutis.romaneckas@vdu.lt

Kęstutis ROMANECKAS. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Studentų Str. 11, LT-53361, Akademija, Kaunas Distr., Lithuania. kestutis.romaneckas@vdu.lt

Nerijus PEDIŠIUS. Lietuvos energetikos instituto, Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijos vadovas, technologijos mokslų daktaras. Adresas: Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas. Tel 8-37-401863, el. paštas: Nerijus.Pedisius@lei.lt

Nerijus PEDIŠIUS. Head of Laboratory of Heat Equipment Research and Testing, Lithuanian Energy Institute. Address: Breslaujos 3, LT-44403 Kaunas, Lithuania. Tel 8-37-401863, e-mail: Nerijus.Pedisius@lei.lt

Impact of Wind Turbines on Human Health and Environment

Islam Yermekov¹, Yermek Aitaliyev¹, Sigitas Petkevičius²

¹ Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University; ² Agriculture Academy of Vytautas Magnus University

The article examines the harmful effects of wind turbines on the environment and people. It can be argued that all wind farms have a constant detrimental effect on humans, simply by emitting noise. Large power plants ($D > 16$ m) produce lower frequency sounds – infrasound, while smaller diameters ($D < 16$ m) produce higher frequency (audible range) sounds. Offshore power plants need to be assessed with a higher number of indicators in terms of environmental impact than onshore power plants. The environmental impact of dismantling wind turbines is the same as installing them. Less damage to the environment will be produced of smaller wind farms, correspond to large wind farms.

Wind, Energy, Turbine, Environment, Noise, Human health.

Introduction

Renewable energy sources are those natural sources that replenish over a small period, which means at least one time per human life. Natural sources are location-specific. In facts, the power generation from these sources highly depends on environmental conditions.

Currently, the European wind capacity is 220 GW. For the 2021-2025 horizon period, 105 GW of new wind farms are expected to be installed, where more than 70% will be wind farms onshore (Mello et al., 2022). The European Wind Energy Association has set a target to generate 320 GW of wind energy by 2030.

Modern wind turbines (WT) have an estimated service life of 25 years. Wind farms affect people, flora and fauna, atmospheric air, water bodies, the earth with various pollutants: noise, vibration, electromagnetic radiation, optical exposure, mechanical exposure and operational waste.

Work object: – wind turbines.

Aim: review – the literature on wind turbines, present potential impact into human health and into environment.

Classification of WT's

In literature sources can be found some fact about health hazards of the WT employees (Karanikas et al., 2021), the impact of WT's on airport facilities (Cuadra et al., 2019), effects of WT's on wildlife (Schöll and Nopp-Mayr, 2021) and impacts on surface temperatures of downwind locations (Moravec et al., 2018).

Mishra has classified WT's by axis orientation, applied force and installation location (Mishra, 2017):

1. Axis orientation (Fig. 1):

a) Vertical Axis: – Darrieus WT has straight or curved blades mounted on a vertical frame and uses lift force to rotate; – Savonius WT uses drag force and looks like an 'S'-shaped plate while looking from above.

b) Horizontal Axis: – Upwind WT, the wind first hits the rotor and then passes through other portions; – Downwind WT, the rotor is placed in the lee of the tower.

2. Applied force:

a) The driven wind force lifts the blades for the airfoil design (HAWT and Darrieus WT).

b) The driven wind force applies normally (drag) on the blades and causes rotation of the WT's (Savonius WT).

3. Installation location:

a) Off-Shore WT installed on the shallow sea water bed.

b) On-Shore WT installed on the ground.

The 'Three-blade' configuration is the most popular, while they have many benefits (Hossain and Ali, 2015).

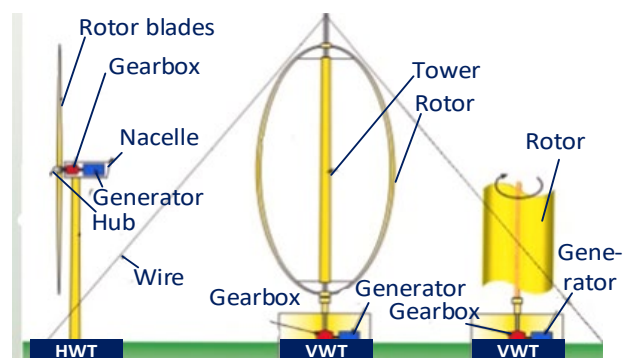


Fig. 1. Some of the most popular WT's in electricity production; Horizontal Axis WT (left), Darrieus WT (middle), and Savonius WT (right) (TeacherGeek, 2006); HWT-Horizontal Wind Turbine; VWT-Vertical Wind Turbine.

Small WT's are defined as "wind turbines with a rotor swept area smaller than 200 m²" (it's 16 m of blade rotor diameter).

WT's impact on human health

Wind turbines generate mostly low-frequency noise (LFN) in the range from 20 Hz to 200 Hz (Minnesota Department of Health, 2009; Möller, H. & Pedersen, 2011; Bolin et al., 2011; Schmidt, J. H. & Klokner, 2014).

Large WT produce infrasound in the 8-12 Hz range. Small WT can achieve higher tip velocities that can give frequency noise in range of between 20 Hz and 20 kHz.

Wind turbine manufacturers certainly understand the public demand for quieter installations and are constantly investing in new technologies, materials and designs to reduce unwanted noise from power plants. As a result, today's turbines operate at near-ambient sound levels, but have an impact on human health when infrasound is emitted.

Low-frequency sounds from wind turbines at long-term exposure can cause headaches and dizziness, fatigue, hypersensitivity, tinnitus, sleep and hearing problems, and irritability (Salt et al., 2010; Farboud et al., 2013; Onakpoya et al., 2015; Abbasi et al., 2016; Morsing et al., 2018; Ishitake, 2018; Pohl et al., 2018; Poulsen, 2019; Hansen et al., 2019; Alves et al., 2020; Lubner et al., 2020).

Hence, can also cause increased risk of epilepsy, cardiovascular effects (Branco, 2004), coronary artery disease (Alves-Pereira, 2007), heart rate variability (Tsuji et al., 1996; Shaffer, 2017; Thayer et al., 2010),

Thanks to various organizations in many countries, agreements have been reached to reduce noise limits. Many countries in the world have different restrictions on night and day, different types of location, and other parameters. In the United States, noise levels outside, in residential areas, on farms, and elsewhere are limited to 55 dB (L_{Aeq}), and in residential areas, hospitals, and schools to 45 dB (Monica, 2014).

According to the recommendations of the World Health Organization (WHO), it is proposed that the noise level in the European region should not exceed 45 dB L_{den} , as wind turbine noise above this level is associated with adverse health effects (WHO, 2018). In Germany, wind turbines at night noise in residential areas should be not to exceed 35 dB(A), in small urban areas 40 dB(A), and in villages and mixed areas 45 dB(A) (Marini, 2017). In Netherlands L_{den} noise limit of 47 dB by day and 41 dB by night is set (Marini, 2017). And Denmark for total noise applies at measured wind speed between 6 m/s and 8 m/s on a height of 10 m taken as a reference IES standards (Marini, 2017). In Kazakhstan, the maximum permissible level of extraneous noise near residential areas is 75 dB during the day and 67 dB at night at 63 Hz, which is one of the highest known limits, according to most countries.

WT's impact into environment

The extraction of wind turbines, installation and their decommissioning of raw materials have a significant negative impact on the environment (Mello et al., 2022). However, end-of-life waste management is also required, as components need to be properly treated – treated, recycled or disposed of in a landfill, and the contribution of each of these treatments to the overall energy, financial costs and social impact on the environment is unclear.

Researchers Arvesen A. and Hertwich E. (2012) stated that the environmental impact can be divided into the following categories: CO₂ emissions; climate change; cumulative energy demand; input requirements, acidification; stratospheric ozone depletion; toxicity to humans; particulate matter formation, dust; ecological toxicity; photochemical oxidation; nutrient enrichment, eutrophication; solid waste generation; land use, land redevelopment; change in human health; the end point of the natural environment; the end point of natural resources; one point end point; non-toxic emissions; emissions of toxic substances.

Life cycle analysis shows that 78 percent of environmental impact occurs during production and installation (Haapala, 2014). Therefore, the environmental impact at the end of operation (dismantling of a wind farm), even without waste management, is very significant and still not fully identified compared to other stages of the life cycle. The life cycle of offshore wind farms has been identified as having 21 environmental impacts throughout its life cycle. Most studies highlight the significant impacts of climate change, including greenhouse gas emissions (CO₂; CH₄; N₂O, SF₆, HFC, PFC, etc.).

In line with referred to the impacts of components production, reflects this order: foundation (20%), nacelle (16%) and blades (10%). In the last case, the main sources of pollutant are the manufacture of epoxy resin (64.7%) and fiberglass (32.4%).

Dismantling offshore power plants is a highly polluting environment, as it alone ensures wind or partial removal of the subsoil, and the impact on the marine environment is huge (Topham et al., 2019). Thus, abandoned wind farm structures can improve safety conditions for overfished commercial species and increase fish biomass production, all of which can become the feeding ground for the largest species of predators. This may change the current distribution of aquatic animals (Fowler et al., 2018).

Complete decontamination of the seabed from the remnants of an offshore wind turbine (power cables, lashing ropes, etc.) will, as installed, dismantle the seabed, create atmospheric emissions, increase the risk of noise exposure to marine mammals, destroy the sediment layer and ships to invasive species and reduce the biological link between the marine population and plants (Fowler et al., 2018).

Hall et al. (2020) has identified a total of 26 potential end-of-life activities – 5 units. effects on land, 16 pcs. effects only at sea and 5 pcs. common effects associated with both cases. It has been argued that the impact of harmful end-of-life factors is high and that the whole dismantling process can be equated to the installation process under the influence of harmful factors.

Following the example of new onshore wind farms in Brazil (Geoconsult, 2015), the impact of the installation phase, which includes a number of factors: changes in the local landscape, water and air quality, noise levels, disturbance to soil and wind farm production, sediment, erosion and / or acceleration, interference in mining areas and natural drainage, declining access of botanical populations and plant resources to the local population, increasing environmental fragmentation and land effects, extinction of local fauna, change in fauna structure, change in community settlement, change in hunting effects, creation of temporary jobs, temporary increased municipal tax collection, change in social infrastructure (health system), interference in the daily lives of local people, increased traffic and movement of workers, interference in construction and traditional activities. This can serve as an example of how to conduct an environmental impact assessment.

Conclusions

1. Typically, the noise emitted by larger-scale wind turbines is stronger and propagates farther than smaller ones, making it more appropriate to build the latter close to a residential area.

2. However, the possible end-of-life scenarios (namely decommissioning, refurbishment, and repowering) scenarios present a lack of knowledge and experience regarding the environmental aspects and impacts.

3. Larger WT produce more infrasound and small WT can produce more audible sound. Infrasound is dangerous to human's health.

4. The management of large wastes is more complicated due to higher transportation (parts and energy) costs, so in

this respect the damage to the environment will be less with the construction of smaller wind farms.

List of Literature

- Abbasi, M. et al. Assessment of noise effects of wind turbine on the general health of staff at wind farm of Manjil. Iran. *J. Low Freq. Noise Vib. Act. Control*, 35, 91–98 (2016).
- Alves, J. A., Paiva, F. N., Silva, L. T. & Remoaldo, P. Low-frequency noise and its main effects on human health—A review of the literature between 2016 and 2019. *Appl. Sci.* 10, 5205 (2020).
- Alves-Pereira, M. & Branco, N. C. In-home wind turbine noise is conducive to vibroacoustic disease. In *Proceedings of the Second International Meeting on Wind Turbine Noise*, Lyon, France, pp. 20–21 (2007).
- Arvesen, A., Hertwich E. G. Assessing the life cycle environmental impacts of wind power: A review of present knowledge and research needs. *Renew Sustain Energy Rev.* 16, 8 (2012), pp. 5994–6006.
- Branco, N. A. & Alves-Pereira, M. Vibroacoustic disease. *Noise Health* 6(23), 3–20 (2004).
- Bolin, K., Bluhm, G., Eriksson, G., Nilsson, M. E. Infrasound and low frequency noise from wind turbines: exposure and health effects. *Environ. Res. Lett.* 6, 1–6 (2011).
- Farboud, A., Crunkhorn, R. & Trindade, A. “Wind turbine syndrome”: Fact or fiction? *J. Laryngol. Otol.* 127(3), 222–226 (2013).
- Fowler, A. M., et al. Environmental benefits of leaving offshore infrastructure in the ocean. *Front Ecol Environ.*, 16.10 (2018), pp. 571–578.
- Geoconsult. *Relatório de impacto ambiental – Rima: complexo edílico piauí*. Simões – Piauí Maio (2015). 137 p.
- Hansen, K. L., Nguyen, P., Zajamšek, B., Catcheside, P. & Hansen, C. H. Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations. *J. Sound Vib.* 455, 136–149 (2019).
- Haapala, K.R., Prempreeda Preedanood. Comparative life cycle assessment of 2.0 MW wind turbines. *Int. J. Sustain. Manuf.* (2014) 3.2(170).
- Hall, R., João, E., Knapp, C.W. Environmental impacts of decommissioning: Onshore versus offshore wind farms. *Environ. Impact Assess. Rev.*, 83 (2020), Article 106404.
- Ishitake, T. Wind turbine noise and health effects. *Nippon Eiseigaku Zasshi (Japanese Journal of Hygiene)*. 73, 298–304 (2018).
- Lubner, R. J. et al. Review of audiovestibular symptoms following exposure to acoustic and electromagnetic energy outside conventional human hearing. *Front. Neurol.* 11, 234 (2020).
- Minnesota Department of Health (MDH). *Public health impacts of wind turbines*. St. Paul (MN) (2009).
- Møller, H. & Pedersen, C. S. Low-frequency noise from large wind turbines. *J. Acoust. Soc. Am.* 129(6), 3727 (2011).
- Morsing, J. A. et al. Wind turbine noise and sleep: Pilot studies on the influence of noise characteristics. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 15(11), 2573 (2018).
- Hammer, M. S., Swinburn, T. K., Neitzel, R. L. Environmental Noise Pollution in the United States: Developing an Effective Public Health Response. *Environmental Health Perspectives*, 122(2), 115–119 (2014).
- Marini, M., Baccoli, R., Mastino, C. C., Di Bella, A., Bernardini, C., Masullo, M. Assessment of the Noise Generated by Wind Turbines at Low Frequencies. *J. Energy Resour. Technol.* 139(5): 051215 (11 pages) (2017).
- Mello, G., Dias, M. F., Robaina, M. Evaluation of the environmental impacts related to the wind farms end-of-life. *Energy Reports*. Volume 8, Supplement 3, June 2022, 35–40.
- Onakpoya, I. J., O’sullivan, J., Thompson, M. J., Heneghan, C. J. The effect of wind turbine noise on sleep and quality of life: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Environ. Int.* 82, 1–9 (2015).
- Lichtenegger, G., Rentizelas, A. A., Trivyza, N., Siegl, S. Offshore and onshore wind turbine blade waste material forecast at a regional level in Europe until 2050. *Waste Manag.* Vol. 106, 1 April 2020, Pages 120–131.
- Pohl, J., Gabriel, J., Hübner, G. Understanding stress effects of wind turbine noise—The integrated approach. *Energy Policy* 112, 119–128 (2018).
- Poulsen, A. H. et al. Impact of long-term exposure to wind turbine noise on redemption of sleep medication and antidepressants: A nationwide cohort study. *Environ. Heal. Perspect.* 127(3), 37005 (2019).
- Persinger, M. A. Infrasound, human health, and adaptation: an integrative overview of recondite hazards in a complex environment. *Nat. Hazards*, 70:501–525 (2014).
- Schmidt, J. H., Klokner, M. Health effects related to wind turbine noise exposure: A systematic review. *PLoS ONE* 9(12), e114183 (2014).
- Salt, A. N., Hullar, T. E. Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. *Hear Res.* 268, 12–21 (2010).
- Shaffer, F., Ginsberg, J. P. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front. Public Health* 5, 258 (2017).
- Serri, L., et al. Wind energy plants repowering potential in Italy: Technical-economic assess. *Renew. Energy* (2018); 115:382–90.
- Tsuji, H., Larson, M. G., Venditti Jr, F. J., Manders, E. S., Evans, J. C., Feldman, C. L., Levy D. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events—The Framingham Heart Study. *Circulation* 94(11), 2850–2855 (1996).
- Thayer, J. F., Yamamoto, S. S., Brosschot, J. F. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int. J. Cardiol.* 141, 122–131 (2010).
- Topham, Eva, Gonzalez Elena, et al. Challenges of decommissioning offshore wind farms: Overview of the European experience. In: Conference series. *J. Phys.* (2019); 1222:012035.
- Topham, E., Gonzalez E., et al. Challenges of decommissioning offshore wind farms: Overview of the European experience Conference series, *J. Phys.*, 1222 (2019), Article 012035.
- WHO. Environmental noise guidelines for the European region: executive summary (2018).

Islam Yermekov, Yermek Aitaliyev, Sigita Petkevičius

Vėjo jėginių poveikis žmonių sveikatai ir aplinkai

Santrauka

Straipsnyje nagrinėjamas žalingas vėjo jėginių poveikis aplinkai ir žmogui. Galima teigti, kad visos vėjo jėginės turi žalingą poveikį žmonėms, nes skleidžia į aplinką žalingą triukšmą. Didelio skersmens vėjaračio ($D > 16$ m) vėjo jėginės skleidžia žemesnio dažnio garsus – infragarsą, o mažesnio skersmens ($D < 16$ m) skleidžia aukštesnio dažnio (girdimo diapazono) garsus. Vėjo jėginės esančios jūrinėje teritorijoje turi būti vertinamos naudojant didesnį rodiklį skaičių poveikio aplinkai vertinimo požiūriu nei sausumos elektrinės. Vėjo jėginių išmontavimo poveikis aplinkai yra toks pats, kaip ir jas sumontuojant. Nustatyta, jog mažesnę žalą aplinkai padarys mažesni vėjo jėginių parkai, kurių galingumas atitinka didesniųjų vėjo jėginių galingumą.

Vėjas, energija, turbina, aplinka, triukšmas, žmonių sveikata.

Received in April, 2022, submitted to printing in April, 2022

Islam YERMEKOV. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Exchange student. Address: Vaidilutes g. 3, LT-44320 Lithuania. Tel. (+370 65) 070 949, e-mail: yermekov.islam.001@gmail.com

Yermek AITALIYEV. Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, assoc. Doctor of technical sciences, professor Polytechnical Institute Higher School of Electrical Engineering and Automation. Address: Zhangir Khan 57, LO1H5X2 Uralsk, Kazakhstan. Tel. +7 707 397 5238, e-mail: ermek_aitaliyev51@mail.ru

Sigita PETKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno r. Lithuania. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail: Sigita.Petkevicius@vdu.lt

Šaltos plazmos poveikio saldžiosios stevijos (*Stevia rebaudiana*) biocheminiams ir morfometriniais parametrams pagrindinių komponentų analizė

Justinas Venckus, Rasa Žūkienė

Vytauto Didžiojo Universitetas

Saldžiojoje stevijoje (*Stevia rebaudiana*) aptinkama natūralių saldiklių – steviolio glikozidų – ir kitų antrinių metabolitų, teigiamai veikiančių žmogaus sveikatą. Išaugintos iš sėklų stevijos pasižymi nevienoda morfologija ir steviolio glikozidų bei kitų fitokomponentų sudėtimi. Nustatyta, kad įvairių augalų sėklų apšvitinimas šalta plazma pagerina įvairias savybes, todėl šio tyrimo tikslas – nustatyti sėklų apdorojimo šalta dielektrinio barjero iškrovos plazma 2, 5 ir 7 min. poveikį saldžiosios stevijos morfometriniais ir biocheminiams parametrams įvertinus jų tarpusavio sąryšius ir skirtumus pagrindinių komponentų analizė (PCA). Steviolio glikozidų junginių – rebaudiozido A (RebA) ir steviozido (Stev) – koncentracijos stevijos ekstraktuose nustatytos efektyviosios skysčių chromatografijos metodu, bendras fenolinių junginių ir flavonoidų kiekis – spektrofotometriškai, o antioksidacinis aktyvumas – 2,2-difenil-1-pikrilhidrazilo laisvojo radikalų surišimo metodu. Tyrimo rezultatai parodė, kad šalta plazma padidino RebA ir Stev koncentracijas ir jų santykį bei sumažino bendrą fenolinių junginių, flavonoidų kiekį ir antioksidacinį aktyvumą stevijos lapuose. Nors šalta plazma neturėjo jokio poveikio iš apdorotų sėklų išaugusių augalų morfometriniais rodikliais praėjus 12 savaičių po sėjos, PCA atskleidė, kad sausa lapų masė neigiamai koreliavo su antioksidaciniu aktyvumu, Stev ir bendru fenolinių junginių kiekiu. Sausa lapų masė ir augalo aukštis teigiamai koreliavo su RebA, bendru flavonoidų kiekiu bei RebA ir Stev santykiu. Augalo aukštis ir lapų skaičius neigiamai koreliavo su Stev ir bendru steviolio glikozidų kiekiu ekstraktuose.

Šalta plazma, stevija, pagrindinių komponentų analizė, steviolio glikozidai

Įvadas

Saldžioji stevija (lot. *Stevia rebaudiana*) – astrinių (lot. *Asteraceae*) šeimos ir stevijos genties (lot. *Stevia*) smulkių, daugiamečių, puskrūmių augalų rūšis. Saldžioji stevija yra natūraliai paplitusi Paragvajuje, Pietų Brazilijoje, Bolivijoje (Soejarto, 2001), tačiau laikui bėgant buvo introdukuota daugelyje šalių – šiuo metu vis didėja susidomėjimas stevijos produktais, kurių pagrindas – iš jos lapų išskiriami natūralūs saldikliai. *S. rebaudiana* lapuose esantys fitokomponentai yra plačiai naudojami ne tik maisto pramonėje kaip cukraus pakaitalas, bet ir farmacijoje bei fitoterapijos tikslais (Lemus-Mondaca, 2016).

Saldžiojoje stevijoje aptinkami natūralūs saldikliai yra steviolio glikozidai (SG). Tai – diterpeno junginiai, prie kurių steviolio (aglikono) molekulės gali prisijungti keletas skirtingų sacharidų (gliukozė, ramnozė, ksilozė, fruktozė ir deoksigliukozė) (glikonas). Šie antriniai metabolitai sudaro iki 26 proc. sausos lapo masės ir pasižymi 40–450 kartų didesniu saldumu palyginti su sacharozė. Didžiausią SG dalį *S. rebaudiana* sudaro RebA ir Stev (Castro-Muñoz ir kt., 2022), RebA pasižymi geresnėmis organoleptinėmis savybėmis nei Stev. Jie nėra metabolizuojami, todėl neturi kalorijų ir juos vartoti saugu tiems, kurie kontroliuoja gliukozės lygį kraujyje (Méridon and Ramawat, 2018). Stevijos lapuose randama ir kitų antrinių metabolitų – flavonoidų (kvercetino, kaempferolio, katechinų, naringeninų) ir chlorogeno rūgščių (kavos, chino, hidroksicinnamono), turinčių teigiamą poveikį žmogaus sveikatai, nes jie, kaip ir SG, pasižymi antioksidacinėmis savybėmis ir yra naudingi cukrinio diabeto, kardiovaskulinių, onkologinių ligų prevencijai bei profilaktikai (Salehi ir kt., 2019).

Dėl didėjančio visuomenės noro sveikai gyventi stevijos produktų paklausa pasaulyje nuolat auga. Tačiau jų gamybos sąnaudos daugelyje šalių viršija prognozuojamas paklausas dėl mažo kultivarų derlingumo (Libik-Konieczny ir kt., 2021), kurį lemia prastas sėklų daigumas (mažesnis nei 50 proc.) ir ilgas sėjinukų vystymosi laikas (iki 60 d.) (Simlat ir kt., 2016). Nustatyta, kad paveikus augalų sėklas fizikiniais stresoriais įmanoma pagerinti jų agronomines savybes nutraukiant jų ramybės būklę ir greitinant jų dygimą (Paužaitė ir kt., 2016). Sėklų apdorojimas šalta

plazma (ŠP) 2–15 min. yra efektyvi ir ekologiška tvaraus ūkininkavimo technologija, kurios pagrindas – augalo hormezės indukcija (Holubová ir kt., 2020). ŠP apšvitintos sėklos gali patirti UV-VIS spinduliuotės, jonizuotų dalelių ir elektros iškrovos poveikį bei oksidacinį stresą, tačiau pritaikius optimalų stresoriaus pobūdį ir dydį augalo adaptabilumo mechanizmai mobilizuoja jo vidinius resursus, didinančius išlikimo nepalankiomis sąlygomis galimybes, ir aktyvina fiziologines funkcijas (Sadhu et al., 2017). Įrodyta, kad apdorojus sėklas ŠP, skatinamas iš jų išaugusių augalų antrinis metabolizmas, atsparumas ligoms, didinama jų biomasė ir sterilizuojami biologiniai paviršiai (Mildažienė ir kt., 2020).

Mokslinėje literatūroje randama informacijos apie ŠP poveikį daugelio augalų rūšių vystymuisi (Suriyasak et al., 2021), tačiau iki šiol buvo atliktas tik vienas tyrimas, kuriuo buvo atskleistas stresoriaus poveikis stevijos sėkloms (Judickaitė ir kt. al., 2022). Neturint apie tai detalesnių žinių, palyginti sudėtinga spręsti ir apie ŠP poveikį *S. rebaudiana* populiacijos heterogeniškumui pagal pageidaujamus morfologinius požymius (augalo aukštį, lapų skaičių, lapo sausą masę) ir biocheminius rodiklius (SG kiekybinę ir kokybinę sudėtį, bendrą fenolinių junginių ir flavonoidų kiekį, antioksidacinį aktyvumą).

Galima teigti, kad šie daugiamačiai kintamieji dydžiai tarpusavyje sąveikauja vegetacijos metu. Todėl tyrimo tikslas – nustatyti sėklų apdorojimo šalta plazma poveikį saldžiosios stevijos morfometriniais ir biocheminiams parametrams įvertinus jų tarpusavio sąryšius ir skirtumus pagrindinių komponentų analizė (PCA).

Tyrimo metodika

Eksperimente buvo naudotos saldžiųjų stevijų (*Stevia rebaudiana*) sėklos (UAB agrofirma „Sėklos“, Lietuva), iš kurių buvo užauginti tiriamieji augalai Vytauto Didžiojo Universiteto laboratorijoje. Sandariai įpakuotos popieriniuose maišeliuose, jos buvo laikomos tamsioje sausoje vietoje esant 4 °C temperatūrai iki bandymo pradžios. Atrinktos sveikos sėklos buvo apšvitintos 2, 5 ir 7 min. (atitinkamai priskirtos ŠP2, ŠP5 ir ŠP7 grupėmis)

atmosferinio slėgio dielektrinio barjero iškrovos ŠP, o kaip kontrolė buvo naudojamos sėklos, nepaveiktos stresoriumi.

Kontrolės ir eksperimentinių grupių stevijos buvo pasėtos po 25 vienetus į 4 substratu užpildytas kasetes ir auginamos 12 savaičių klimato kontrolės kameroje esant 25 °C temperatūrai, 60 proc. santykinei oro drėgmei ir 16 val./8 val. (šviesos/tamsos) ciklų režimui. Dygstančios sėklos buvo skaičiuojamos vieną kartą per dieną. Sausa lapų masė, kiekvieno išaugusio augalo lapų skaičius ir aukštis nustatyti praėjus 12 savaičių po sėjos.

Stevijos lapai buvo išdžiovinti ir susmulkinti naudojant malūną su vienkartinę malimo kamera. 0,16 g sausos medžiagos buvo sumaišyta su 1,6 ml dejonizuoto vandens santykiu 1:10 (w/v). Ekstrakcija buvo atliekama mėginio inkubavus ultragarso vonelėje 60 min. 30 °C temperatūroje, vėliau centrifugavus 10 min. prie 16000 x g.

Stev ir RebA koncentracijos buvo nustatytos efektyviaja skysčių chromatografija. Stevijos lapų ekstraktai buvo perfiltruoti per švirkštinį 0,2 µm porų diametro polivinilideno fluorido membranos filtrą. Pritaikius izokratinę eliacijos režimą, SG buvo atskirti užnešus mėginio į atvirkštinės fazės kolonėlę (Purospher STAR RP-18e 5 µm Hibar 2 × 250 mm, Merck, Vokietija) su prieškolone, SG detekcijos bangos ilgis – 210 nm. Chromatogramose RebA ir Stev buvo identifikuojami pagal jų sulaikymo laiką. Kiekybinė analizė atlikta taikant kalibracinę grafiką.

Bendras fenolinių junginių kiekis (TPC) stevijos lapų ekstraktuose buvo nustatytas spektrofotometrinio Folin–Ciocalteu (F-C) metodu. 0,2 ml mėginio buvo sumaišyta su 1 ml 0,2 N F-C reagentu, o inkubavus 60 min. išmatuota reakcijos mišinio absorbcija (bangos ilgis – 760 nm). Rezultatai išreikšti galo rūgšties ekvivalentais (GAE) gramui sausos žaliavos (DM).

Bendras flavonoidų kiekis (TFC) buvo nustatytas AlCl₃ kolorimetriniu metodu. 80 µl stevijos ekstrakto buvo sumaišyta su 12 ml 96% (v/v) etanolio, 0,6 ml 33 proc. acto rūgšties, 1,8 ml 10 proc. AlCl₃ ir 2,4 ml 5 proc. heksametilenetetraino, o inkubavus 30 min buvo matuojama absorbcija (bangos ilgis – 407 nm). Rezultatai išreikšti rutino rūgšties ekvivalentais (RUE) gramui DM.

Stevijos lapų ekstraktų antioksidacinis aktyvumas (AA) buvo įvertintas 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil laisvojo radikalo (DPPH·) surišimo metodu. 50 µl ekstrakto buvo sumaišyta su 1950 µL 0,025 mg/ml reagento o inkubavus 30 min buvo matuojama reakcijos mišinio absorbcija (bangos ilgis – 515 nm). AA išreikštas RUE vienam gramui DM.

Rezultatai buvo sisteminti aprašomosios statistikos, grupių palyginimo ir ryšių skaičiavimo metodais. Matavimų rezultatai pateikti kaip eksperimentų vidurkiai su

standartine paklaida. Statistiniams jų skirtumų patikimumui įvertinti naudotas neporinis Stjudento t-testas (pasirinktas reikšmingumo lygmuo: $p \leq 0,05$). Grafinis duomenų vaizdavimas atliktas „MS Excel“, o PCA – „XLSTAT“ (Addinsoft, JAV) programinėmis įrangomis. Jos rezultatai pateikti koreliacijų rato ir sklaidos diagramose, kuriomis siekiama atskleisti biocheminių parametrų ir morfometrinių augalų rodiklių skirtumus stevijose ir jų tarpusavio sąsajas.

Rezultatai ir aptarimas

Remiantis atlikto tyrimo rezultatais, galima teigti, kad sėklų apdorojimas 2, 5, ir 7 min. ŠP prieš sėją turėjo poveikį stevijos fiziologinei būsenai, tačiau nekeitė augalo morfologijos. Nors išvelgta visų morfometrinių rodiklių mažėjimo tendencija poveikio grupėse, nebuvo nustatytas jos statistinis patikimumas (išskyrus ŠP5 augalų aukštį), leidžiantis spręsti, kad ŠP gali sumažinti stevijos biomasę. Eksperimentinėms grupėms ir kontrolei priklausančių augalų morfometriniai parametrai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Morfometriniai S. rebaudiana parametrai praėjus 12 savaičių po sėjos

Table 1. Morphometric parameters of 12-week-old *S. rebaudiana*

Grupės	Sausa lapų masė (g)	Lapų skaičius	Augalo aukštis (cm)
Kontrolė	1,46±0,12	29,60±0,98	27,20±3,04
ŠP2	1,44±0,18	27,33±2,91	24,00±3,18
ŠP5	1,18±0,12	26,57±0,72	22,50±2,14*
ŠP7	1,23±0,07	27,60±1,17	22,20±2,54

Pastaba: vidurkiai ± SE (n = 20). *, * – statistiškai patikimas skirtumas lyginant su kontrole ($p \leq 0,05$) / Note: mean values ± standard error of mean are presented (n = 3-7 replicates). *, significantly different from the control group ($p \leq 0,05$).

Biocheminiai tiriamų augalų parametrai pateikti 2 lentelėje. Gauti duomenys rodo RebA ir Stev kiekio didėjimo bei TPC (išskyrus ŠP5), TFC (išskyrus ŠP2) ir AA mažėjimo tendenciją eksperimentinių grupių augalų lapuose. Tačiau vienintelis statistiškai patikimas teigiamas poveikis buvo nustatytas apšvitinus sėklas plazma 7 min.: Stev koncentracija ŠP7 grupėje padidėjo 27,7 proc., o bendra SG – 41,7 proc.; TPC sumažėjo 9,4 proc.

Atliekant PCA, buvo sudaryti koreliaciniai ratai, kuriuose atvaizduojamos koreliacinės matricos duomenų projekcijos, kurių taškai rodo kiekvieną tiriamą augalą apibūdinančių parametrų įgyjamas absoliučias reikšmes pirmosios ir antrosios pagal dydį pagrindinių komponentų (PC1 ir PC2) plokštumoje. Kintamųjų tiesių ilgis yra proporcingas duomenų dispersijoms, o kampas tarp jų aproksimuoja koreliaciją tarp atskirų dydžių.

2 lentelė. Biocheminiai S. rebaudiana parametrai praėjus 12 savaičių po sėjos

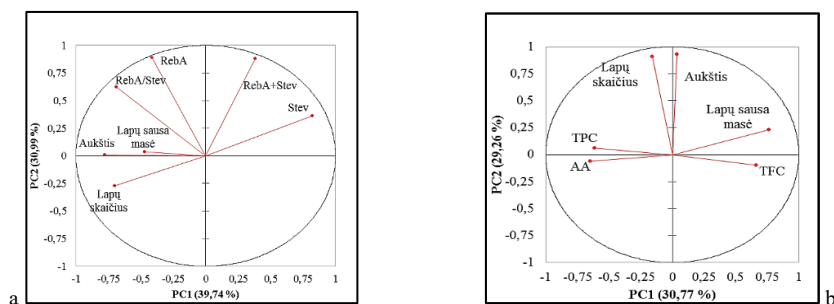
Table 2. Biochemical parameters of *S. rebaudiana* in 12-week-old plant leaves

Grupės	RebA (mg/g DM)	Stev (mg/g DM)	SG (mg/g DM)	RebA/ Stev	TPC (mg GAE g ⁻¹ DM)	TFC (mg RUE g ⁻¹ DM)	AA (mg RUE g ⁻¹ DM)
Kontrolė	42,72±12,73	136,56±20,92	179,28±21,15	0,342±0,11	81,07±9,37	56,17±2,14	32,15±0,93
ŠP2	97,73±8,06	120,75±20,90	218,48±14,39	0,885±0,23	71,41±2,03	57,92±6,35	30,10±2,06
ŠP5	108,56±23,96	222,06±22,26	330,62±17,78	0,557±0,14	83,29±7,44	49,06±2,92	27,17±3,84
ŠP7	79,55±20,59	174,45±20,47*	253,99±29,01*	0,475±0,14	74,11±4,84*	53,25±3,13	30,29±2,25

RebA – rebaudiozido A kiekis / the amount of rebaudioside A; Stev, steviozido kiekis / the amount of stevioside; SG – RebA ir Stev kiekis / the amount of stevioside and rebaudioside A; TPC – bendras fenolinių junginių kiekis / total phenolic content; TFC – bendras flavonoidų kiekis / total flavonoid content; AA – antioksidacinis aktyvumas / antioxidant activity; DM – lapo sausa masė / leaf dry mass. Pastaba: vidurkiai ± SE (n = 20). *, * – statistiškai patikimas skirtumas lyginant su kiekvienu atskirai ($p \leq 0,05$) / Note mean values ± standard error of mean are presented (n = 3-7 replicates). *, significantly different from the control group ($p \leq 0,05$).

1a pav. rodo skirtingus sąryšius tarp morfometrinių rodiklių ir SG, o 1b pav. – morfologinių ir AA, TPC, TFC. 1a pav. pateiktame grafike galima įžvelgti mažesnius nei 90° kampus tarp sausos lapų masės, augalo aukščio, RebA kiekio, RebA ir Stev santykio reikšmių variaciją apibūdinančių vektorių – tai rodo teigiamą šių parametrų tarpusavio koreliaciją. Stev kiekio ir morfometrinių parametrų verčių dispersiją reprezentuojantys vektoriai išsidėsto skirtinguose grafiko kvadrantuose – tai neigiamos koreliacijos tarp šių rodiklių indikacija. Koreliacijos tarp RebA ir lapų skaičiaus nenustatyta dėl ortogonalios

išsidėstančių atitinkamų kintamųjų tiesių. Remiantis 1b pav. galima spręsti, kad sausą lapų masę sieja atvirkštinė priklausomybė su AA, TPC ir Stev bei tiesioginė su TFC. Galima manyti, kad didėjant lapų sausai masei, juose sumažėja antioksidacinis aktyvumas, tačiau sukaupiama daugiau RebA ir flavonoidų (fenolinių junginių sąskaita) ir mažiau Stev (RebA biosintezės prekursoriaus). Dėl nevienodų tyrimo imties dydžių, būtų netikslinga teigti, kad išaugus aukštesnei stvijai ir joje susiformavus daugiau lapų pradmenų keičiasi juose fitokomponentų sudėtis ir fiziologinės savybės.



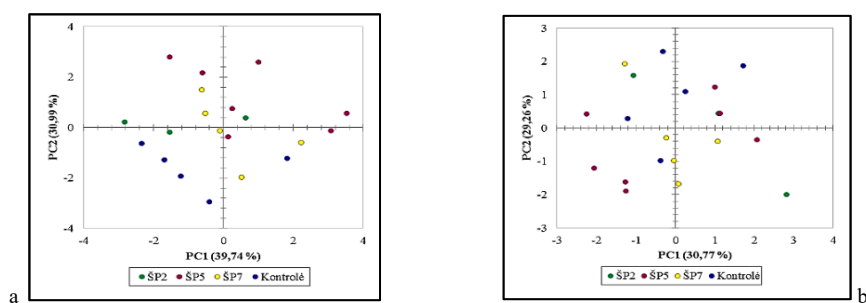
1 pav. a – tiriamų augalų morfometrinių parametrų ir steviolio glikozidų – rebaudiozido A (RebA) ir steviozido (Stev) – kiekio bei santykio koreliacinis ratas dviejų pagrindinių komponentų (PC1 ir PC2) ašių plokštumoje, b – morfometrinių parametrų ir bendro fenolinių junginių (TPC), flavonoidų (TFC) kiekio ir antioksidacinio aktyvumo (AA) koreliacinis ratas PC1 ir PC2 ašių plokštumoje.

Fig. 1. The correlation circles: a – the correlation circle of the morphometric parameters and the amount steviol glycosides (rebaudioside A (RebA) and stevioside (Stev) on the first two principal component (PC1 and PC2) axes, b – the correlation circle of the morphometric parameters and total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), antioxidant activity (AA). TPC, total phenolic content A; Stev, stevioside.

Kiekvieno tiriamo augalo morfometrinių ir biocheminių rodiklių reikšmės buvo projektuojamos į mažesnės (dvimatės) dimensijos erdvę, maksimizuojančią suprojektuotų duomenų dispersiją. Morfometriniai ir su SG susiję duomenys buvo vizualizuojami 2a pav. o morfologiniai ir TPC, TFC, AA rodmenys – 2b pav. Iš šių sklaidos diagramų rezultatų galima įvertinti, ar eksperimentinių grupių augalai yra linkę atsiskirti nuo kontrolės į tam tikras grupes pagal jų principinių komponentų verčių PC1 ir PC2 skirtumus.

2a pav. PC1 apima ir paaiškina 39,74 proc., o PC2 – 30,99 proc. bendrosios variacijos (PC1 ir PC2 kartu – 70,73 proc. duomenų dispersijos). 2a pav. pastebimas ŠP2, ŠP5, ŠP7 grupės atitinkančių taškų grupavimasis į klasterius

išilgai ordinačių ašies teigiama kryptimi, tačiau kiti taškai pasiskirsto plačiai ir ryškios ribos tarp galimų sancaupų nėra; PCA algoritmas palei abscisių ašį atskyrė kontrolės taškus nuo 11 iš 15 eksperimentinės grupės taškų. Tokia sklaida parodo, kad esant nevienodiems augalo morfologiniams požymiams, SG biosintzei streso intensyvumas darė įtakos, visgi būtų gana sudėtinga postuliuoti, kad skirtingų poveikio grupių ekstraktuose yra unikalus poveikio SG koncentracijai ir sudėčiai mastas. 2b pav. PC1 apima ir paaiškina 30,77 proc., o PC2 – 26,26 proc. (PC1 ir PC2 kartu – 60,03 proc. duomenų dispersijos). 2b pav. nebuvo pastebėta reikšmingų duomenų klasterių.



2 pav. a – tiriamų augalų morfometrinių parametrų ir steviolio glikozidų – rebaudiozido A (RebA) ir steviozido (Stev) – kiekio bei santykio reikšmių sklaidos diagrama dviejų pagrindinių komponentų (PC1 ir PC2) ašių plokštumoje, b – morfometrinių parametrų ir bendro fenolinių junginių (TPC), flavonoidų (TFC) kiekio ir antioksidacinio aktyvumo (AA) reikšmių sklaidos diagrama pagrindinių komponentų (PC1 ir PC2) ašių plokštumoje

Fig. 2. The correlation circles: a – the scatter plot of the morphometric parameters and the amount steviol glycosides (rebaudioside A (RebA) and stevioside (Stev) on the first two principal component (PC1 and PC2) axes, b – the scatter plot of the morphometric parameters and total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), antioxidant activity (AA). TPC, total phenolic content A; Stev, stevioside

Išvados

1. Saldžiosios stvijos (*Stevia rebaudiana*) sėklų apdorojimas šalta plazma 2, 5 ir 7 min. neturėjo statistiškai

patikimo poveikio augalų morfometriniais parametrams – aukščiui (išskyrus 5 min. poveikio grupę, kurioje augalų aukštis sumažėjo), sausai lapų masei, lapų skaičiui. Tačiau pastebima visų šių rodiklių mažėjimo tendencija.

2. *S. rebaudiana* biocheminius parametrus buvo galima keisti sėklas apšvitinus 2, 5, 7 min. plazma: pastebima rebaudiozido A (RebA) ir steviozido (Stev) kiekio bei santykio didėjimo tendencija (7 min. poveikio grupėje yra statistiškai patikima steviozido kiekio ir bendro steviolio glikozidų koncentracijos atžvilgiu). Nustatyta bendro fenolinių junginių kiekio (išskyrus 5 min. poveikio grupėje), bendro flavonoidų kiekio (išskyrus 2 min. poveikio grupėje) ir antioksidacinio aktyvumo mažėjimo tendencija pritaikius intervenciją (7 min. poveikio grupėje statistiškai patikima steviozido kiekio ir steviolio glikozidų (SG) koncentracijos atžvilgiu).

3. Atlikus pagrindinių komponentų analizę nustatyta, kad apdorojus sėklas šalta plazma, galima išauginti augalus, kurių biocheminiai ir morfologiniai rodikliai skirsis nuo įprastomis sąlygomis auginamų *S. rebaudiana*. Sausa stevijų lapų masė ir aukštis teigiamai koreliavo su RebA, bendru flavonoidų kiekiu ir RebA/Stev santykiu, neigiamai su antioksidaciniu aktyvumu ir bendru fenolinių junginių kiekiu. Augalo aukštis ir lapų skaičius neigiamai koreliavo su Stev ir SG kiekiais.

Literatūra

1. Castro-muñoz, R., Correa-Delgado, M., Córdova-Almeida, R., Lara-Nava, D., Chávez-Muñoz, M., Velásquez-Chávez, V. F., Ahmad, M. Z. (2022). Natural sweeteners: Sources, extraction and current uses in foods and food industries. *Food Chemistry*, 370, 130991.
2. Dhayal, M., Lee, S. Y., Park, S. U. (2006). Using low-pressure plasma for *Carthamus tinctorius* L. seed surface modification. *Vacuum*, 80(5), 499–506.
3. Holubová, L., Kyzek, S., Ďurovcová, I., Fabová, J., Horváthová, E., Ševčíková, A., Gálová, E. (2020). Non-Thermal Plasma—A new green priming agent for plants? *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24), 9466.
4. Judickaitė, A., Lyushkevich, V., Filatova, I., Mildaženė, V., Žūkienė, R. (2022). The Potential of Cold Plasma and Electromagnetic Field as Stimulators of Natural Sweeteners Biosynthesis in *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Plants*, 11(5), 611.
5. Lemus-Mondaca, R., Ah-Hen, K., Vega-Gálvez, A., Honores, C., Moraga, N. O. (2016). *Stevia rebaudiana* leaves: effect of drying process temperature on bioactive components, antioxidant capacity and natural sweeteners. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(1), 49–56.
6. Mérillon, J. M., Ramawat, K. G. (2018). Sweeteners. *Reference Series in Phytochemistry*.
7. Mildaženė, V., Ivankov, A., Žūkienė, R., Naučienė, Z., Malakauskienė, A., Filatova, I., Shiratani, M. (2020). Response of plants to seed processing with cold plasma, vacuum and electromagnetic field. In *Agroecosystem sustainability: links between carbon sequestration in soils, food security and climate change: International scientific virtual conference AgroEco2020 programme and abstracts*. Vytautas Magnus University Agriculture Academy. Lithuania, 2-3 December, 2020. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas, 2020, p. 36.
8. Paužaitė, G., Malakauskienė, A., Naučienė, Z., Filatova, I., Liuškevič, V., Mildaženė, V. (2016). Investigation of the Morphological Changes in Perennial Plant Development Induced by Pre-sowing Seed Treatment with Physical Stressors. *Formation of urban green areas: scientific articles*, 1, 13.
9. Sadhu, S., Thirumdas, R., Deshmukh, R. R., Annapure, U. S. (2017). Influence of cold plasma on the enzymatic activity in germinating mung beans (*Vigna radiata*). *Lwt*, 78, 97–104.
10. Salehi, B., López, M. D., Martínez-López, S., Victoriano, M., Sharifi-Rad, J., Martorell, M., Martins, N. (2019). *Stevia rebaudiana* Bertoni bioactive effects: From in vivo to clinical trials towards future therapeutic approaches. *Phytotherapy Research*, 33(11), 2904–2917.
11. Sarinont, Amano, T., Attri, P., Koga, K., Hayashi, N., Shiratani, M. (2016). Effects of plasma irradiation using various feeding gases on growth of *Raphanus sativus* L. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 605, 129–140.
12. Simlat, M., Ślęzak, P., Moś, M., Warchoń, M., Skrzypek, E., Ptak, A. (2016). The effect of light quality on seed germination, seedling growth and selected biochemical properties of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Scientia Horticulturae*, 211, 295–304.
13. Sirgedaitė-Šėžienė, V., Mildaženė, V., Žemaitis, P., Ivankov, A., Koga, K., Shiratani, M., Baliuckas, V. (2021). Long-term response of Norway spruce to seed treatment with cold plasma: Dependence of the effects on the genotype. *Plasma Processes and Polymers*, 18(1), 2000159.
14. Soejarto, D. D. (2001). Botany of *Stevia* and *Stevia rebaudiana*. In *Stevia* (pp. 31–52). CRC Press, 2001. 22 p. ISBN 9780429217487.
15. Stanhope, K. L. (2016). Sugar consumption, metabolic disease and obesity: The state of the controversy. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 53(1), 52–67.
16. Suriyasak, C., Hatanaka, K., Tanaka, H., Okumura, T., Yamashita, D., Attri, P., Ishibashi, Y. (2021). Alterations of DNA Methylation Caused by Cold Plasma Treatment Restore Delayed Germination of Heat-Stressed Rice (*Oryza sativa* L.) Seeds. *ACS Agricultural Science & Technology*, 1(1), 5–10.

Justinas Venckus, Rasa Žūkienė

A Principal Component Analysis of Cold Plasma Treatment Effect on Morphometric and Biochemical Parameters of *Stevia rebaudiana*

Santrauka

Stevia rebaudiana contains natural sweeteners steviol glycosides (SGs) and other secondary metabolites that have a multitude beneficial effects on health. *Stevia* plant grown from seeds are heterogenous in the morphological traits and the concentration and the composition of SGs. Cold plasma is known to improve various plant properties. This study aimed to evaluate the effects of pre-sowing seed treatment with cold dielectric barrier discharge plasma (CP) treatment for 2, 5, and 7 min. on morphometric and biochemical parameters of *stevia*. The principal component analysis (PCA) was performed to evaluate the relationship between measured parameters. The amount of rebaudioside A (RebA) and stevioside (Stev) in leaves was measured by high-performance liquid chromatography. Total phenolic compounds (TPC) and total flavonoid content (TFC) was measured spectrophotometrically. Antioxidant activity was measured by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl free radical scavenging method. CP increased the amount of RebA and Stev along with RebA/Stev ratio. It also decreased TPC, TFC, and antioxidant activity. Although CP did not have any significant impact on morphological plant traits 12 weeks after sowing, PCA revealed that leaf dry mass inversely correlated with antioxidant activity, TPC and Stev. Leaf dry mass and plant height showed a positive correlation with RebA, TFC, RebA/Stev ratio. Plant height and the number of leaves negatively correlated with the amount of SGs.

Cold plasma, stevia, principal component analysis, steviol glycoside

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Justinas VENCKUS. Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto studentas. Adresas: Vileikos g. 8, LT-44404 Kaunas, Kauno r. Tel. +370 617 07701, el. paštas: justinas.venckus@vdu.lt.

Justinas VENCKUS. Vytautas Magnus University, Faculty of Natural Sciences, student. Address: Vileikos g. 8, LT-44404 Kaunas, Kauno r. Tel. +370 617 07701, e-mail: justinas.venckus@vdu.lt.

Rasa ŽŪKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto doc. dr. Adresas: Vileikos g. 8, LT-44404 Kaunas, Kauno r. Tel. +370 682 37947, el. paštas: rasa.zukiene@vdu.lt.

Rasa ŽŪKIENĖ. Vytautas Magnus University, Department of Biochemistry, Faculty of Natural Sciences, assoc. prof. dr. Address: Vileikos g. 8, LT-44404 Kaunas, Kauno r. Tel. +370 682 37947, e-mail: rasa.zukiene@vdu.lt.

Šaltalankių auginimo technologijų tyrimas

Jonita Šternbergaitė, Rasa Čingienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Dygliuotasis šaltalankis, kaip vertingas vaistinis augalas, Lietuvoje plantacijose pradėtas auginti šio amžiaus pradžioje. Dažniausiai veisiami ekologiniai šaltalankynai Remiantis atliktų tyrimų duomenimis galima teigti, kad šaltalankius auginti nėra sunku, svarbiausia sukurti jiems palankias sąlygas. Lietuvoje, didėjant šaltalankių auginamiems plotams, aktualia tema išlieka tinkamos veislės ir auginimo sąlygų pasirinkimas, nes tai įtakoja auginimo efektyvumą kiekviename maisto grandinės etape nuo lauko iki vartotojo.

Šiame darbe atliktas ekologinio šaltalankių ūkio kompleksinis technologinis-ekonominis tyrimas įvertinant skirtingus šaltalankių auginimo technologinius sprendimus (mulčiavimas, preparatų naudojimas ir laistymas), siekiant gauti didesnę ir kokybiškesnę šaltalankių uogų derlių. Tyrimais nustatyta, kad didžiausias derlius (2,9 t/ha) gautas auginant *Avgustinka* veislės šaltalankius ir naudojant papildomo laistymo sistemą.

Šaltalankis, dirva, auginimas, technologija, derlius, aplinka

Įvadas

Dygliuotasis šaltalankis priklauso žilakrūminių augalų šeimai, plačiai paplitęs Europoje ir Azijoje augalas (Stanys ir kt., 2010). Tik viena rūšis, dygliuotasis šaltalankis, paplito visame pasaulyje. Į Baltijos teritoriją ši rūšis pateko prieš 7000 metų. Nustatyta daug šaltalankio formų (gentyje iš viso yra šešios rūšys ir devyni porūšiai), veislių, kurios skiriasi vaisių – netikrų kaulavaisių – dydžiu, mase, spalva, veikliųjų medžiagų kiekiu (Stanys ir kt., 2010).

Natūraliomis sąlygomis dygliuotasis šaltalankis dažniausiai auga kaip krūmas, rečiau sutinkamas kaip medis. Užauga nuo 0,5 iki 9 metrų aukščio. Gyvenimo amžius siekia 50 metų. Kai kuriose populiacijose sutinkamos ir bedyglės formos. Vegetacijos periodas prasideda balandžio mėnesio pabaigoje, žydėti pradeda gegužės pradžioje prieš sulapojimą. Vienas vyriškas augalas gali apdulkinti iki 10 moteriškų augalų.

Šaknys paviršinės, storos, be smulkių šaknelių, pasiskleidusios viršutiniame dirvos sluoksnyje 10–30 cm gylyje. Išskirtinė šaltalankio savybė – šakninių gumbų susidarymas, užimančių svarbią vietą augalo gyvenime. Dėl šių gumbų augalai gali augti dirvose, kur nėra gausu mineralinio azoto. Azotą fiksuojančių bakterijų gumbai susidaro šaknų išsišakojimo vietose. Šaknys nusidriekia iki 12 metrų į kraštus ir išaugina atžalas. Atžalos išauga ir šaknų pažeistose vietose iš miegančių pumpurų. Skirtingų populiacijų dygliuotųjų šaltalankių pakantumas žemoms temperatūroms yra nevienodas. Augalai sutinkami 3–8 gamtinėje zonoje, t. y. gali iškęsti nuo -7° C iki -40° C šaltį. Lietuvoje augantys šaltalankiai pakelia -25° C šaltį, esant žemesnei temperatūrai kartais apšąla viršūnės ar pumpurai.

Šaltalankis – šviesamėgis augalas, kuris nepakenčia pavėsio ir nepakelia šalia augančių krūmų ar medžių sudaromos konkurencijos. Dr. Juozas Lanauskas pabrėžia, kad šaltalankiams tinkamiausi lengvesni, vandeniui ir orui laidūs įdirbti dirvožemiai. Sunkesnes dirvas būtina patręšti mėšlu, durpėmis ar kompostu. Svarbu, kad augalams čia pakaktų drėgmės, bet nebūtų per šlapia. Gerai auga laidžioje, lengvoje, neutralios (pH 6,5–7,0) reakcijos dirvose. Natūraliomis sąlygomis šis augalas auga smėlėtame dirvožemyje 1200–4500 m virš jūros lygio, tačiau gali būti auginamas ir žemesnėse altitudėse (Rongsen, 2007). Lietuvoje, nesant kalnų, auga įvairiose vietovėse.

Tokios vertingos kultūros sudėtingas derliaus nuėmimas paskatino dygliuotojo šaltalankio atranką. Dygliuotąjį

šaltalankį galima dauginti sėklomis, žaliais ir sumedėjusiais auginiais. Savaime gausiai atželia šakninėmis atžalomis. Sėklų daigumas išsilaiko keletą metų. Jos turi pakankamai trumpą ramybės periodą, sėkloms beveik nereikalinga stratifikacija. Į nuolatinę vietą sodinama pavasarį prieš sulapojimą arba rudenį. Rekomenduojami sodinimo atstumai – 4x2,5 m. Dirva parenkama puri, laidu vandeniui, neutralios reakcijos ir papildomai patręšiama fosforo trąšomis. Augalo priežiūra nesudėtinga. Dirvos aplink paaugusius sodinukus perkasinėti nerekomenduojama, nes galima pažeisti negiliai esančias šaknis. Tarpueiliuose pastoviai šienaujama žolė. Pavasarį augalai apgenimi, išpjauamos senos, nudžiūvusios šakos.

Vaisių derlius būna gana įvairus, priklauso nuo daugelio auginimo sąlygų bei derliaus nuėmimo būdų. Pirmaisiais derėjimo metais vaisių būna nedaug. 3–4-aisiais derėjimo metais paprastai vienas krūmas duoda iki 20 kg vaisių, o iš vieno hektaro galima gauti net iki 17 t vaisių. Skirtingų kultūrinių veislių šaltalankiai skiriasi ir derliaus kiekiu. Šaltalankių auginimo galimybes labiausiai riboja sudėtingas derliaus nuėmimas (Lanauskas, 2003). Kultūrinių šaltalankių skynimas lengvesnis: vaisiai stambesni, vaiskotis ilgas, šakos turi mažiau arba visai neturi dyglių. Tačiau darbas nėra pakankamai našus. Sukurti įvairūs įrankiai (vieliniai lankeliai, specialios pirštinės, prijuostės) darbo našumą padidina 2–3 kartus. Pastaraisiais metais Lietuvoje pradėtas naudoti vaisių nuėmimo būdas su šakomis. Šakos su vaisiais nukerpamos ir tik po to uogos nukratomos nuo šakų. Taip apkarpyti krūmai naują derlių duoda po trijų metų. Derliaus kiekis nėra labai didelis (apie 3 t), tačiau uogos stambios, krūmai atsijaunina. Pasaulyje šis vaisių nuėmimo būdas dažnai taikomas, sukurta įvairios technikos, įrankių šiam būdai taikyti. Mažai derlingose, kalvotose vietovėse ir Lietuvoje veisiamos dygliuotojo šaltalankio plantacijos.

Dėl savo ypatingų vaistinių savybių šaltalankio uogos susilaukė išskirtinio pasaulinio dėmesio, mokslininkai ėmėsi tyrinėti šaltalankio sulčių ir kitų jo produktų sudėtį (Lalit, 2011). Iš šaltalankių uogų gaminami įvairūs, sveikatai palankūs produktai: arbatos, sultys, tyrės, džemai, aliejus, natūralūs pigmentai ir kt. (Li, 2002; Paulauskienė ir kiti, 2020).

Tyrimų tikslas ir objektas – išanalizuoti šaltalankių auginimo technologijas, įvertinti skirtingų technologijų įtaką šaltalankių dirvožemio fizikinėms savybėms ir derliaus pokyčiui.

Tyrimų metodika

Eksperimentiniai lauko bandymai buvo vykdomi ekologiniame šaltalankių ūkyje Elektrėnų savivaldybėje 2021 m. nuo pavasario iki vėlyvo rudens. Šaltalankiai ūkyje auginami jau dešimt metų, tačiau dėl vyraujančio skirtingo dirvožemio, gaunamas skirtingas derlius, dalis šaltalankių yra vegetuojantys.

Tyrimai buvo atliekami vertinant dvi šaltalankių veisles:

- *Avgustinka*, kurios šakos mažai dygliuotos, o vaisiai šviesiai oranžinės spalvos su raudona dėmele prie pagrindo, stambūs, ovališkos formos;
- *Dygliuotasis šaltalankis*, trumposios šakelės apaugusios aštriais dygliais. Lapai pailgi, 3-8 cm ilgio. Kaulavaisiai rutuliški ar kiek pailgi, apie 1 cm ilgio, oranžiniai, sultingi. Jų sultyse daug įvairių vitaminų.

Bandymams pasirinktos dvi eilės, kuriose auginamos skirtingos veislės šaltalankiai. Eilėse, kas dešimt metrų, išskirta po 4 atkarpas, kuriose taikomos skirtingos auginimo

technologijos: kontrolinė, mulčiavimas, laistymas, tręšimas. Tyrimui naudojami:

- *mulčias* (nupjauta žalia žolė) 10 cm storio.
- *skystos trąšos* per lapus, kuriomis augalai purkšti 3 kartus: balandžio mėn. po žydėjimo, gegužės mėn. ir birželio pabaigoje.
- *laistymas*, vidutiniškai 15 l vandens vienam augalui kartą per savaitę.

Tyrimų metu buvo fiksuojama dirvos temperatūra ir santykinis drėgnis, kurie matuoti *automatiniu matuokliu HH2 Moisture Meter*. Atsitiktinės matavimų paklaidos buvo mažinamos skaičiuojant trijų matavimų pakartojimų vidurkį.

Rezultatai ir aptarimas

Eksperimentinio tyrimo pradžioje (2021-04-20) buvo atlikti šaltalankių lauko dirvožemio agrocheminių savybių tyrimai (1 lent.), kurie svarbūs tiek šaltalankių augimui, tiek jų derliui.

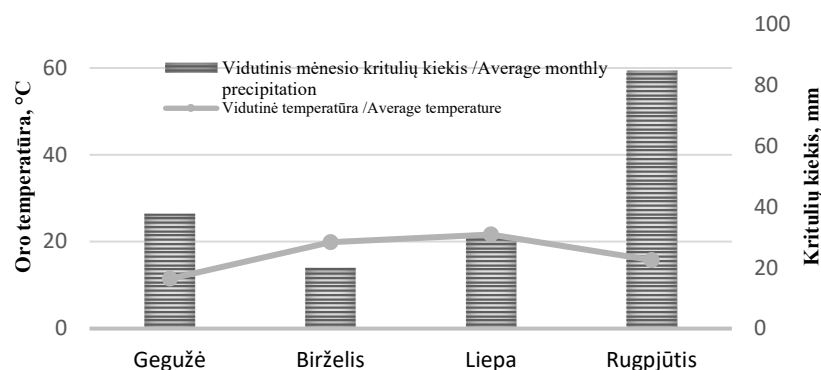
1 lentelė. Šaltalankių lauko dirvožemio agrocheminės savybės

Table 1. Agrochemical properties of sea buckthorn field soil

Ėminiai / Samples	Rūgštingumas / Acidity pH _{KCl}	Judrusis fosforas / Mobile phosphorus (P ₂ O ₅), mg kg ⁻¹	Judrusis kalis / Mobile potassium (K ₂ O), mg kg ⁻¹	Humusas, Humus %	Bendras azotas, Total nitrogen %
Avgustinka / Avgustinka	6,4	86,0	106	2,71	0,171
Dygliuotasis / Prickly	6,3	58,0	175	2,34	0,110
Vidutinis viso lauko / Average total field	6,2	72,3	146,3	2,53	0,127

Dygliuotų šaltalankių laukas yra kalvotas, skirtingos kalvoto reljefo vietose dirvožemio agrocheminės savybės yra labai nevienodos. Dirvožemio rūgštingumą (pH) – galima vertinti kaip vidutiniškai tinkamą, stebimas judriojo fosforo trūkumas, kuris gali būti viena iš prastesnio šaltalankių derėjimo priežasčių. Judriojo kalio dirvožemyje yra labai skirtingas kiekis, jis priklauso nuo lauko kalvotumo, humuso ir azoto kiekis atitinka vidutinį lygį.

Tiriamuoju laikotarpiu (2021 m. gegužės mėn. – rugpjūčio mėn.) vertinant meteorologines sąlygas, jas galima apibūdinti palankiomis (1 pav.). Šilčiausias buvo liepos mėnuo (vidutinė oro temperatūra 21,6°C), daugiausia kritulių iškrito rugpjūčio mėn. (84,75 mm.).



1 pav. Oro temperatūros ir kritulių kiekio dinamika

Fig 1. The variation of air temperature and precipitation

Auginant šaltalankius vienas pagrindinių uždavinių yra kokybiškas ir gausus derlius. Derliaus kokybę apsprendžia sveikos uogos ir jų dydis. Tam tikslui buvo analizuojamos trys skirtingos technologijos: laistymas, mulčiavimas, tręšimas. Įvertinant gautus rezultatus auginant *Dygliuotąjį*

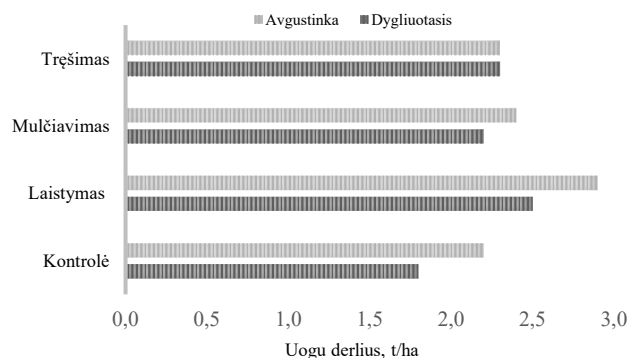
šaltalankį ir *Avgustinkos* veislę esminių skirtumų nepastebėta. Išanalizavus dirvožemio drėgnio duomenis, geriausias rezultatas stebimas naudojant laistymą (15 l vandens vienam augalui kartą per savaitę) (2 lentelė.)

2 lentelė. Dirvos drėgimo kitimo dinamika

Table 2. Dynamics of soil moisture change

Šaltalankių veislė / Sea buckthorn variety	Kontrolė/Control	Laistymas/Watering	Mulčiavimas/Mulching	Tręšimas/Fertilization
Dygliuotasis šaltalankis / Sea buckthorn	21,6 ± 1,44	36,9 ± 0,94	31,8 ± 1,14	23,2 ± 1,59
Avgustinka / Avgustinka	22,3 ± 1,27	37,2 ± 1,07	30,1 ± 0,97	21,2 ± 1,88

Auginant ekologiškas uogas, netenkama tam tikros dalies pajamų, nes ekologiškų trąšų pasirinkimas nėra platus ir aukšta jų kaina. Todėl ir ieškoma kitų būdų kaip išauginti gausesnį ir kokybiškesnį derlių. Yra natūralu, kad ekologinio ūkio derlingumas yra gerokai mažesnis negu tradicinio.



2 pav. Šaltalankių uogų derliaus kitimo dinamika naudojant skirtingas auginimo technologijas

Fig 2. Dynamics of buckthorn berry yield change using different growing technologies

Stebint šaltalankių uogų derliaus kitimo dinamiką, matome, kad papildomas laistymas, auginant *dygliuotąjį šaltalankį*, derlių padidino 38,9 proc., lyginant su kontrole, o auginant *Avgustinka* veislės šaltalankius – 45 proc. Mulčiavimas ir papildomas tręšimas šaltalankių uogų derlių padidino apie 20 proc. lyginant su kontroliniu auginimu.

Jonita Šternbergaitė, Rasa Čingienė

Research on Sea Buckthorn Cultivation Technologies

Summary

Sea buckthorn, as a valuable medicinal plant, was first grown in plantations in Lithuania at the beginning of this century. The most commonly grown ecological sea buckthorns. According to research data, it is not difficult to grow sea buckthorns, the most important thing is to create favorable conditions for them. In Lithuania, with the increase in the area under sea buckthorn, the choice of the appropriate variety and growing conditions remains a topical issue, as it affects the efficiency of cultivation at each stage of the food chain from the field to the consumer.

In this work, a complex technological-economic study of ecological sea buckthorn farm was carried out, evaluating different technological solutions for sea buckthorn cultivation (mulching, use of preparations and irrigation) in order to obtain a higher and higher quality harvest of sea buckthorn berries. Studies have shown that the highest yield (2.9 t / ha) was obtained by growing seagulls of the *Avgustinka* variety and using an additional irrigation system.

Sea buckthorn, soil, cultivation, technology, yield, environment

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Jonita ŠTERNBERGAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto, Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos programos magistrantė. Adresas: Staugaičio g. 7-2, Kaunas. Tel: 867497517, el. paštas: jonita7@gmail.com

Rasa ČINGIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto, Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel: 868222874, el. paštas: rasa.cingiene@vdu.lt

Jonita ŠTERNBERGAITĖ. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Master student of Agricultural Engineering and Management study program. Address: Staugaičio g.7-2, Kaunas. Tel: 862766716, e-mail: jonita7@gmail.com

Rasa ČINGIENĖ. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel: 868222874, e-mail: : rasa.cingiene@vdu.lt

Beplūgio žemės dirbimo ir tiesioginės sėjos poveikis dirvožemio agrocheminėms savybėms pupų pasėliuose

Rasa Kimbirauskienė, Andrius Romanekas, Algirdas Jasinskas, Mantas Almonaitis, Kęstutis Romanekas

Vytauto Didžiojo universitetas

Žemės dirbimo intensyvumas įtakoja dirvožemio cheminę sudėtį, maistinių medžiagų pasiskirstymą tarp sluoksnių. Supaprastinto žemės dirbimo lauko pupoms tyrimų vis dar nepakanka ir reikia išsamesnės analizės. Šias problemas spręsti tyrimas atliktas Vytauto Didžiojo universitete, Žemės ūkio akademijoje 2017–2019 m. Tyrimų tikslas – nustatyti tausojančio žemės dirbimo įtaką dirvožemio cheminei sudėčiai viršutiniame 0–15 cm dirvožemio sluoksnyje. Ilgalaikio žemės dirbimo eksperimento bazėje buvo išbandytos penkios žemės dirbimo sistemos: 1. Gilusis arimas 22–25 cm gyliu (GA) (kontrolinis palyginamasis variantas); 2. Seklusis arimas 12–15 cm gyliu (SA); 3. Gilusis purenimas (armens purentuvu 23–25 cm gyliu) (GP); 4. Seklusis purenimas (armens purentuvu 12–15 cm gyliu) (SP); 5. Neįdirbta žemė (tiesioginė sėja) (ND).

Tyrimo rezultatai parodė, kad supaprastinto žemės dirbimo ir sėjos į neįdirbtą žemę sistemos padidino maisto medžiagų kiekį dirvožemyje. Didžiausia maisto medžiagų koncentracija nustatyta neįdirbtoje žemėje (ND). Pupų pasėliai net vienos vegetacijos metu padidino kalio ir visuminio azoto kiekius.

Dirvožemio maisto medžiagos, tausojantis žemės dirbimas, Vicia faba L.

Įvadas

2014 m. pasaulyje lauko pupų buvo išauginta apie 4,1 mln. tonų, o nuo 1994 m. auginimo apimtys išaugo maždaug 21 proc. (United Nations, 2017; Rawal ir Navarro, 2019). ES Žaliosios programos reikalauja didinti ūkių laukų biologinę įvairovę ir ekologiškai jautrių zonų procentą. Dėl šios priežasties ūkininkai nuo 2015 m. į pasėlių struktūrą pradėjo įtraukti daugiau ankštinių augalų. Remiantis Atemadi ir kt. (2019), pupos toleruoja žemą temperatūrą dygimo metu ir vystosi daug geriau nei dauguma kitų ankštinių (pupinių) augalų. Dėl šios priežasties pupų plotas Lietuvoje nuo 2015 m. padaugėjo apie 20 kartų (Lietuvos statistika, 2020).

Dirbdami dirvožemį veikiame jo savybes. Taikant aplinką tausojančias žemės dirbimo sistemas gerėja dirvožemio fizikinės, biologinės ir cheminės savybės. Jos tarpusavyje yra susijusios. Čiuberkio ir kt. (2008) bei Tripolskajos ir kt. (2014) duomenimis, pritaikius neariminį žemės dirbimo būdą, dirvožemyje daugėja azoto, fosforo ir kalio, didėja pH. Azotas yra pagrindinė statybinė medžiaga augaluose, o pH aplinka reguliuoja maisto medžiagų įsisavinimą. Fosforas augalams būtinas visais augimo tarpsniais (Mažulytė-Miškinė, 2015), o kalis skatina baltymų sintezę, yra ypač svarbus sausrų metu, nes mažina vandens respiraciją per lapus (Daugėlienė, Baltramaitytė, 2005).

Tyrimų tikslas – nustatyti tausojančio žemės dirbimo įtaką dirvožemio cheminei sudėčiai viršutiniame 0–15 cm dirvožemio sluoksnyje. Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie uždaviniai: i) nustatyti, išanalizuoti ir interpretuoti dirvožemio pH ir azotingumo duomenis; ii) nustatyti, išanalizuoti ir interpretuoti dirvožemio fosforingumo ir kalkingumo duomenis.

Tyrimų metodika

Ilgametis stacionarus lauko eksperimentas vykdomas nuo 1988 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje. Straipsnyje pateikiami 2017–2019 m. tyrimų duomenys. Eksperimente tirti šios skirtingo intensyvumo žemės dirbimo sistemos: 1. Gilusis arimas 22–25 cm gyliu (GA) (kontrolinis palyginamasis variantas); 2. Seklusis arimas 12–15 cm gyliu (SA); 3. Gilusis purenimas

(armens purentuvu 23–25 cm gyliu) (GP); 4. Seklusis purenimas (armens purentuvu 12–15 cm gyliu) (SP); 5. Neįdirbta žemė (tiesioginė sėja) (ND).

Eksperimente taikoma augalų rotacija: žieminiai rapsai – žieminiai kviečiai – lauko pupos – vasariniai miežiai. Dirvožemis – lengvo priemolio ant vidutinio sunkumo priemolio palvažemis, jo ariamasis sluoksnis – iki 27 cm storio, pH artimas neutraliam, judriojo fosforo kiekis – didelis iki labai didelis, judriojo kalio – nuo vidutinio iki didelio, humuso – iki vidutinio. Pakartojimų skaičius – 4, laukelių skaičius – 20. Laukelio bruto dydis – 126 m², o neto – 70 m². Laukeliai išdėstyti randomizuotai. Kiekvieno laukelio apsauginė juosta yra 1 m pločio, o tarp pakartojimų – 9 m pločio.

Po kultūrinių augalų derliaus nuėmimo eksperimento laukeliai (išskyrus ND laukelius) įdirbti 12–15 cm gyliu lėkštiniu skutikliu Väderstad Carrier 300. Spalio mėnesį laukeliai įdirbti pagal variantų sąrašą. Žemė suarta tradiciniu 3 korpusų plūgu su pusiau sraigtinėmis verstuvėmis (Gamma PP-3-43) 23–25 cm gyliu (GA) arba 12–15 cm gyliu (SA).

Giliai ir sekliai purenta buvo armens purentuvu Kverneland CLG-II 23–25 cm gyliu (3–4 variantai) (1 pav., a). ND buvo neįdirbti. Prieš sėją dirvožemis įdirbtas balandžio pabaigoje sudėtinio kultivatoriumi (LAUMETRIS KLG-3,6) (išskyrus ND laukelius) 4–5 cm gyliu. Sėta sėjama Väderstad Rapid ištininiu būdu 25 cm pločio tarpueiliais, uždarius kas antrą sėjamosios noragėlį. Sėjos norma – 200–220 kg sėklų ha⁻¹, trąšos įterptos lokaliai 6–7 cm gyliu, N₇P₁₆K₃₂ 300 kg ha⁻¹. Pasėliuose prieš piktžolės išpurkštas dirvinis herbicidas Feniks (3 l ha⁻¹ + 200 l vandens). Prieš kenkėjus – insekticidas Karate (0,15 l ha⁻¹ + 200 l vandens). Prieš ligas – fungicidas Signum (0,5 kg ha⁻¹ + Ciperkil 0,05 l ha⁻¹ + 200 l vandens). Sėta pupų veislė „Fuego“. Derlius nuimtas rugpjūčio pabaigoje-rugsėjo pradžioje kombainu Wintersteiger Delta (1 pav., b).

2017 m. pupų vegetacijos metu vidutinė paros oro temperatūra buvo žemesnė už daugiametę, išskyrus rugsėjį, kai buvo 0,8° C aukštesnė nei įprastai. Krituliai pasiskirstė labai netolygiai ir jų kiekis daugeliu atvejų buvo perteklinis, dažnai lijo, bet ne itin gausiai. 2018 metų vegetacija buvo šiltesnė ir sausesnė nei daugiametis vidurkis. 2019 m.

vegetacijos pradžia buvo vėsi ir sausa. Tai sumažino pupų pasėlio tankumą. Vasarą drėgmės buvo perteklius ir karšta. Ruduo taip pat buvo permainingas. Apskritai, 2017–2019 m. meteorologinės sąlygos nebuvo palankios pupų vystymuisi ir dirvožemio savybėms. Katerji et al. (2011) pažymi, kad Europoje sausra ir karščiai yra pagrindiniai veiksniai, galintys riboti pupų sėklų produktyvumą.



1 pav. Eksperimente naudoti: a) armens purentuvus Kverneland CLG-II; b) derliaus nuėmimo kombainas Wintersteiger Delta (nuotraukos R. Kimbirauskienės).

Fig. 1. Used in an experiment: a) chisel cultivator; b) combine harvester (photographed by R. Kimbirauskienė)

Cheminė dirvožemio sudėtis nustatyta imant mėginius agrocheminiu grąžtu mažiausiai 15 atsitiktinių laukelio

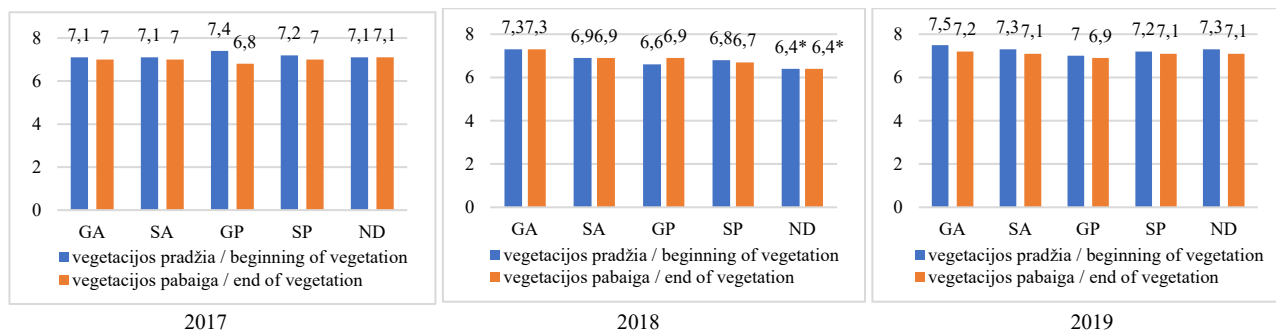
vieta. Mėginiai imti du kartus – prieš sėją ir nuėmus derlių. Tirtas buvo 0–15 cm dirvožemio sluoksniš.

Vėliau buvo suformuotas kiekvieno laukelio sudėtinis mėginys. Buvo ištirti dirvožemio makroelementai (N, P, K ir Mg) ir dirvožemio pH, remiantis laboratoriniais tyrimais. Analizės metodai: pH_{KCl} , ISO 10390 (potenciometrinis); P_2O_5 , K_2O , A-L metodas (P, spektrometrinis; K atominės emisijos spektrometrinis); N_{sum} , ISO 11261 (Kjeldalio). Mėginiai buvo tirti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centre Kaune.

Eksperimentiniai duomenys statistškai įvertinti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu kompiuterine programa ANOVA.

Rezultatai ir aptarimas

Mūsų eksperimente 2017 m. prieš pavasarinę žemės dirbimą ir po pupų vegetacijos dirvožemio pH esmingai nesiskyrė. 0–15 cm gylyje, dirvožemio pH svyravo nuo 6,8 iki 7,4 (2 pav.). 2018 m. nustatyti ryškesni skirtumai, nes neįdirbtų laukelių pH buvo esmingai mažesnis, nei kontrolinio varianto (GP) laukeliuose. Tam galėjo turėti įtakos ir šiltesnės bei sausesnės sąlygos 2018 m. Panašius rezultatus gavo ir kiti mokslininkai, pastebėję apie 3 proc. pH sumažėjimą neįdirbtoje žemėje palyginus su įprastiniu arimu (Li ir kt., 2019). 2019 m. esminių skirtumų tarp dirvožemio pH skirtingai įdirbtoje dirvoje nenustatyta, nors rodiklis varijavo nuo 6,9 iki 7,5. Avižienytė (2013) taip pat nenustatė esminių skirtumų tarp skirtingai įdirbtų dirvožemių pH.



2 pav. Skirtingų žemės dirbimo sistemų poveikis dirvožemio pH

Fig. 2. The impact of different tillage systems on soil pH

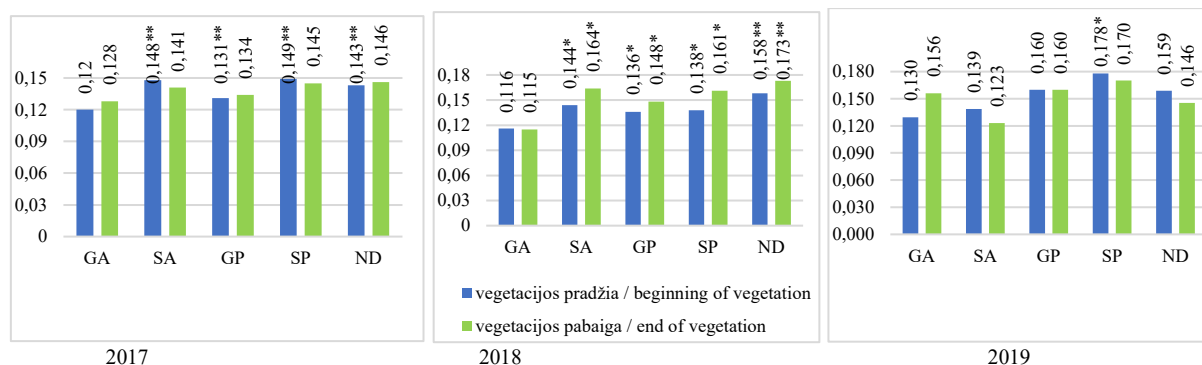
Pastaba: GA – giliai arta; SA – sekliai arta; GP – giliai purenta; SP – sekliai purenta, ND – neįdirbta žemė. * – esminis skirtumas nuo GA esant 95 proc. tikimybės lygiui.

Note: GA – deep ploughing; SA – shallow ploughing; GP – deep cultivation; SP – shallow cultivation; ND – not tilled. * – significant difference from GA at 95% probability level.

Dirvožemio azotingumas skyrėsi tarp tyrimų metų (3 pav.). Apskritai, dirvožemio azotingumas nebuvo didelis, nes tręšimo norma buvo pakankamai maža, kad išryškėtų skirtumai tarp variantų. Daugiausiai visuminio azoto dirvožemyje nustatyta 2019 m. dažniausiai supaprastintai įdirbtuose ar neįdirbtuose laukeliuose buvo nustatoma daugiau azoto, nei intensyviai įdirbtuose, tačiau skirtumai ne visada buvo esmingi. Skirtumus tarp dirvožemio azotingumo galėjo įtakoti skirtingas priešsėlio augalinių liekanų kiekis laukeliuose. Aschi ir kt. (2017) bei Lenka ir kt. (2019) padarė išvadą, kad augalinės liekanos didina azoto sankaupą dirvožemyje.

Skirtingos žemės dirbimo sistemos neturėjo esminės įtakos dirvožemio fosforingumui tiek atskirais tyrimų metais, tiek skirtingais vegetacijos laikotarpiais (4 pav.). Rodiklio reikšmės skyrėsi tarp metų. Apskritai, neartuose ir neįdirbtuose laukeliuose fosforo dirvožemyje buvo nustatyta daugiau nei giliai artuose. Skirtumas kartais sudarė 100 ir daugiau mg kg^{-1} .

Jei dirvožemio fosforingumas tarp variantų skyrėsi neesmingai, tai dirvožemio kalingumas proporcingai didėjo mažėjant dirvožemio įdirbimo intensyvumui (5 pav.).

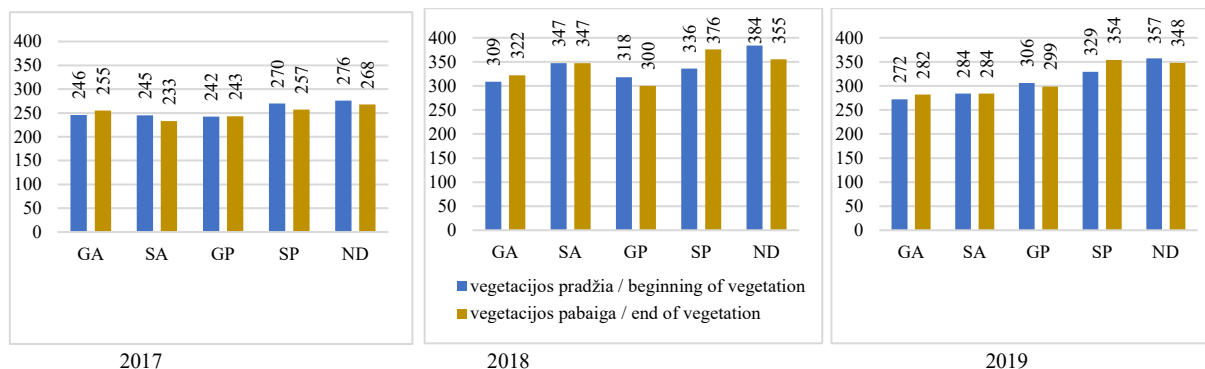


3 pav. Skirtingų žemės dirbimo sistemų poveikis dirvožemio azotinumui (N_{sum} proc.)

Fig. 3. The impact of different tillage systems on soil nitrogen (N_{total} %)

Pastaba: GA – giliai arta; SA – sekliai arta; GP – giliai purenta; SP – sekliai purenta, ND – neįdirbta žemė. * – esminis skirtumas nuo GA esant 95 proc. tikimybės lygiui, ** – 99 proc. tikimybės lygiui.

Note: GA – deep ploughing; SA – shallow ploughing; GP – deep cultivation; SP – shallow cultivation; ND – not tilled. * – significant difference from GA at 95% probability level, ** – at 99% probability level.

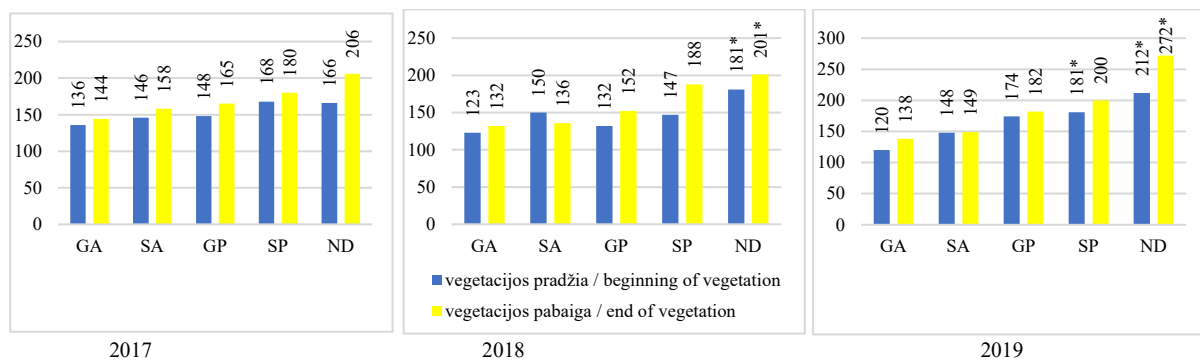


4 pav. Skirtingų žemės dirbimo sistemų poveikis dirvožemio fosforinumui (P_2O_5 mg kg⁻¹)

Fig. 4. The impact of different tillage systems on soil available phosphorus (P_2O_5 mg kg⁻¹).

Pastaba: GA – giliai arta; SA – sekliai arta; GP – giliai purenta; SP – sekliai purenta, ND – neįdirbta žemė. $P > 0,05$, esminių skirtumų nėra.

Note: GA – deep ploughing; SA – shallow ploughing; GP – deep cultivation; SP – shallow cultivation; ND – not tilled. $P > 0,05$, no significant differences.



5 pav. Skirtingų žemės dirbimo sistemų poveikis dirvožemio kalkingumui (K_2O mg kg⁻¹)

Fig. 5. The impact of different tillage systems on soil available potassium (K_2O mg kg⁻¹)

Pastaba: GA – giliai arta; SA – sekliai arta; GP – giliai purenta; SP – sekliai purenta, ND – neįdirbta žemė. * – esminis skirtumas nuo GA esant 95 proc. tikimybės lygiui.

Note: GA – deep ploughing; SA – shallow ploughing; GP – deep cultivation; SP – shallow cultivation; ND – not tilled. * – significant difference from GA at 95% probability level.

2018–2019 metais skirtumai buvo ryškiausi ir esmingiausi. Feiza ir kt. (2005) taip pat nustatė didesnius kalio ir fosforo kiekius dirvožemio viršutiniame sluoksnyje taikant supaprastintą žemės dirbimą. Pažymėtina, kad vienos vegetacijos metu pupos neįdirbtuose laukuose

padidino kalio kiekį dirvožemyje 2017 m. 40, 2018 m. – 20, o 2019 – 60 mg kg⁻¹. Ypač daug kalio vegetacijos metu suvartoja kukurūzai, todėl pupos būtų puikus ne tik žiemkenčių, bet ir kukurūzų priešėlis.

Išvados

1. Beplūgio žemės dirbimo (GP ir SP) ir sėjos į neįdirbtą žemę (ND) sistemos didino maistinių medžiagų (N_{sum} , P, K) dirvožemyje kieki, palyginus su artais laukeliais (GA ir SA).

2. Vidutiniais duomenimis, palyginus maisto medžiagų kiekius dirvožemyje pupų vegetacijos pradžioje ir pabaigoje, pupos didino kalio ir visuminio azoto (K_a , N_{sum}) kiekius.

Literatūra

- Aschi, A., Aubert, M., Riah-Anglet, W., Nélieu, S., Dubois, C., Akpa-Vinceslas, M., Trinsoutrot-Gattin, I. (2017). Introduction of faba bean in crop rotation: Impacts on soil chemical and biological characteristics. *Appl. Soil Ecol.* Vol. 120, P. 219–228, doi:10.1016/j.apsoil.2017.08.003.
- Avižienytė, D. (2016). Ilgalaikio skirtingo žemės dirbimo poveikis agroecozinei taikant intensyvias technologijas ir augalų kaitą. Daktaro disertacija. Akademijs. 101 p.
- Čiuberkis, S., Ožeraitienė, D., Bernotas, S., Abrasaitienė, D. (2008). Dirvožemio savybių pokyčiai taikant tradicinę ir supaprastinto rudeninio žemės dirbimo sistemas. *Žemdirbystė*. t. 95. Nr. 2. P. 16–28.
- Daugėlienė, N., Baltramaitytė, D. (2005). Ilgalaikio tręšimo įtaka judriojo kalio koncentracijai skirtingo rūgštingumo ganyklos dirvožemiuose. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 4. P. 27–35.
- Etamadi, F., Hashemi, M., Barker, A.V., Zandvakili, O.R., Liu, X. (2019). Agronomy, nutritional value, and medicinal application of faba bean (*Vicia faba* L.). *Hortic. Plant*. Vol. 5, P. 170–182.
- Feiza, V., Šimanskaitė, D., Deveikytė I., Šlepetienė, A. (2005). Pagrindinio žemės dirbimo supaprastinimo galimybės lengvo priemolio dirvose. *Žemdirbystė*. Akademijs. t. 92. P. 129–145.
- Li, Y., Li, Z., Cui, S., Jagadamma, S., Zhang, Q. (2019). Residue retention and minimum tillage improve physical environment of the soil in croplands: A global meta-analysis. *Soil Tillage Res.* Vol. 194, article 104292, doi:10.1016/j.still.2019.06.009.
- Lietuvos statistika. Oficialiosios statistikos portalas: Žemės ūkis. (2020). Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/zemes-ukis1> (žiūrėta 2022-02-21)
- Lenka, S., Trivedi, P., Singh, B., Singh, B.P., Pendall, E., Bass, A., Lenka, N.K. (2019). Effect of crop residue addition on soil organic carbon priming as influenced by temperature and soil properties. *Geoderma*. Vol. 347, P. 70–79, doi:10.1016/j.geoderma.2019.03.039.
- Katerji, N., Mastrorilli, M., Lahmer, F., Maalouf, F., Oweis, T. (2011). Faba bean productivity in saline–drought conditions. *Eur. J. Agron.* Vol. 35, P. 2–12, doi:10.1016/j.eja.2011.03.001.
- Mažulytė–Miškinė, E. (2015). Biogeninių augimo stimuliatorių poveikis vasariniam miežiui skirtingo drėgmės režimo sąlygomis. Daktaro disertacija. Akademijs. 103 p.
- Rawal, V., Navarro D.K. (Eds.). The Global Economy of Pulses. 2019. Rome: FAO. Prieiga per internetą: <http://www.fao.org/3/i7108en/i7108EN.pdf> (žiūrėta 2020-02-21). doi:10.1016/j.hpj.2019.04.004.
- Tripolskaja, L., Romanovskaja, D., Šlepetienė, A., Razukas, A., Šidlauskas, G. (2014). Effect of the chemical composition of gree manure crops on humus formation in a Soddy–Pozolic soil. *Eurasian Soil Science*. Vol. 47 (4). P. 310–318.
- United Nations. World Statistics Pocketbook 2017 Edition. (2017). Prieiga per internetą: <https://unstats.un.org/unsd/publications/pocketbook/files/world-stats-pocketbook-2017.pdf> (žiūrėta 2022-02-21)

Rasa Kimbirauskienė, Andrius Romaneckas, Algirdas Jasinskas, Mantas Almonaitis, Kęstutis Romaneckas

The Impact of Ploughless and No-Tillage on the Soil Agrochemical Properties in Faba Bean Cultivation

Summary

The intensity of tillage affects the chemical composition of the soil, the distribution of nutrients between the layers. Research on reduced tillage for field beans is still insufficient and more detailed analysis is needed. The research to solve these problems was conducted at Vytautas Magnus University, Agriculture Academy in 2017–2019. The aim of the research is to determine the influence of sustainable tillage on the chemical composition of the soil in the upper 0–15 cm soil layer. Five tillage systems were tested on the basis of a long-term tillage experiment: 1. Deep ploughing at a depth of 22–25 cm (GA) (control treatment); 2. Shallow ploughing to a depth of 12–15 cm (SA); 3. Deep loosening with chisel cultivator at a depth of 23–25 cm (GP); 4. Shallow loosening with chisel cultivator at a depth of 12–15 cm (SP); 5. Not-tilled (direct sowing) (ND).

The results of the study showed that systems of reduced tillage and sowing into untilled soil increased the amount of nutrients in the soil. The highest concentration of nutrients was found in not-tilled soil (ND). Faba bean crops increased potassium and total nitrogen levels even during one vegetation.

Soil nutrients, Sustainable tillage, Vicia faba L.

Gauta 2022 m. vasario mėn. 23 d., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Rasa KIMBIRAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros darbuotoja, mokslų daktarė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademijs, Kauno r. Tel. +370 65645914, el. paštas: rasa.kimbirauskienė@vdu.lt
Rasa KIMBIRAUSKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, PhD. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademijs, Kaunas r. Tel. +370 65645914, e-mail: rasa.kimbirauskienė@vdu.lt
Andrius ROMANECKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademijs, Kauno r. Tel. +370 61246557, el. paštas: andrius.romaneckas@stud.vdu.lt
Andrius ROMANECKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, master student. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademijs, Kaunas r. Tel. +370 61246557, e-mail: andrius.romaneckas@stud.vdu.lt
Algirdas JASINSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius, vyriausiasis mokslo darbuotojas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademijs, Kauno r. Tel. +370 61204002, el. paštas: algirdas.jasinskas@vdu.lt
Algirdas JASINSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor, chief researcher. Address: Studentų str. 15a, LT-53362 Akademijs, Kaunas r. Tel. +370 61204002, e-mail: algirdas.jasinskas@vdu.lt
Mantas ALMONAITIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros bakalaurantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademijs, Kauno r. Tel. +370 63028967, el. paštas: mantas.almonaitis@stud.vdu.lt
Mantas ALMONAITIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, bachelor student. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademijs, Kaunas r. Tel. +370 63028967, e-mail: mantas.almonaitis@stud.vdu.lt
Kęstutis ROMANECKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademijs, Kauno r. Tel. +370 65630044, el. paštas: kestutis.romaneckas@vdu.lt
Kęstutis ROMANECKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, professor. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademijs, Kaunas r. Tel. +370 65630044, e-mail: kestutis.romaneckas@vdu.lt

Visą traktorių operatoriaus kūną veikiančios vibracijos tyrimas pervežant grūdus

Martynas Andriukevičius, Gediminas Vasiliauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Vieni iš dažniausių įvairios technikos operatorius veikiančių rizikos veiksnių yra rankas ir visą kūną veikianti vibracija. Dėl ilgalaikio vibracijos poveikio įvairios technikos ir mašinų operatoriams diagnozuojamos profesinės ligos, prastėja jų gyvenimo kokybė. Šiame straipsnyje analizuojamos visą traktorininko kūną veikiančios vibracijos vertės atliekant grūdų transportavimo darbus. Tyrimai, kurių metu vertintas visą darbuotojo kūną veikiančios vibracijos pagreitis, buvo atliekami su traktoriumi CASE PUMA 150, prie kurio buvo prikabinata 12 tonų keliamosios galios priekaba. Tyrimai buvo atliekami keičiant sąstato važiavimo greitį ir sąlygas (važiuojant ražena, technologinėmis vėžiomis, statmenai technologinių vėžių, žvyrkeliu ir asfaltu). Nustatyta, jog vibracijos pagreičio vertės kinta ne tik nuo važiavimo greičio, bet ir nuo važiavimo sąlygų. Gauti rezultatai rodo, jog mažiausias vibracijos pagreitis ($0,42 \text{ m s}^{-2}$) užfiksuotas važiuojant technologinėmis vėžiomis 5 km h^{-1} greičiu, o didžiausias ($2,54 \text{ m s}^{-2}$) – statmenai technologinių vėžių kertant jas 15 km h^{-1} greičiu.

Visą kūną veikianti vibracija, vibracijos pagreitis, žemės ūkis, traktoriaus operatorius.

Įvadas

Įvairūs sveikatos sutrikimai, kurie gali išsivystyti į profesines ligas ir sukelti negrįžtamą žalą dažnai žemės ūkio sektoriuje sutinkamas reiškinys, kurio pasekmės galėtų būti mažinamos taikant įvairias gerąsias praktikas. Vienas dažniausiai pasitaikančių ir įvairios technikos bei mašinų operatorius veikiančių rizikos veiksnių yra visą kūną veikianti vibracija. Nesilaikant saugaus darbo režimo ir viršijant visą kūną veikiančios vibracijos poveikio vertes toks ilgalaikis poveikis gali virsti rimtu sveikatos sutrikimu ar net profesine liga.

Vertinant kasmet Valstybinės darbo inspekcijos (VDI) pateikiamas ataskaitas galima pastebėti nedidelį, tačiau teigiamą profesinių ligų skaičiaus pokytį Lietuvos įmonėse. Profesinių ligų valstybės registro duomenimis, per 2021 metus užregistruotos 273 profesinės ligos 129 asmenims. Tai 60 profesinių ligų ir 37 asmenimis mažiau negu 2020 metais (2020 m. užregistruotos 333 profesinės ligos 166 asmenims). Lietuvos Valstybinės darbo inspekcijos (VDI) duomenimis, 2021 metais, kaip ir jau eilę metų iki tol, dažniausiai dėl vibracijos poveikio kylančios jungiamojo audinio ir skeleto-raumenų sistemos ligos sudarė – 62,3 % visų registruotų profesinių ligų, nervų sistemos ligos – 20,5 %, ausų ligos – 15,4 % visų nustatytų profesinių ligų. Daugiausia nustatytų profesinių ligų 2021 metais, kaip ir ankstesniais metais, lėmė ergonominiai ir fizikiniai veiksniai. Pagal ekonominės veiklos rūšis 2020–2021 metų laikotarpiu trys ketvirtadaliai visų diagnozuotų profesinių ligų nustatytą statyboms, transporto ir saugojimo, žemės ūkio ir miškininkystės, apdirbamosios gamybos įmonėse (VDI ataskaita, 2021).

Atlikti įvairių autorių tyrimai ir jų rezultatai rodo, kad nuolat didelės vibracijos dozes patiriantys žemės ūkio, statybinės ar miškų ūkio technikos operatoriai ilgai gali patirti kaulų sistemos sutrikimų, apatinės nugaros dalies pakenkimų ar net vestibuliarinio aparato sutrikimų (Rehn ir kt., 2005). Iš visų sveikatos problemų rimčiausios ir dažniausiai pasitaikančios yra su stuburo pakenkimais susijusios problemos (Raffler ir kt., 2017).

Žemės ūkyje, traktorių ar kitų mobilių mašinų operatoriai sezono metu dažnai dirba ilgiau nei tipinė darbo pamainos trukmė, t. y. 8 darbo valandos, todėl jų patiriama rizika sveikatai yra didesnė. Traktoriuose ar kitose mobiliose mašinose didžiąją dienos dalį praleidžiantys

darbuotojai yra veikiami tiek visą kūną tiek rankas veikiančios vibracijos, triukšmo, kai kada dulkėtumo, o tai ilgai gali sukelti rimtų sveikatos problemų (Kia ir kt., 2020). Tai ypač aktualu, kai naudojama ne pati naujausia technika.

Siekiant užtikrinti saugias ir sveikas darbo sąlygas turi būti atsižvelgiama į darbo vietoje veikiančios vibracijos gerosios praktikos rekomendacijas, kuriomis siekiama vengti bet kokio vibracijos poveikio dirbantiems. Jeigu sąlygos, kuriomis darbuotojams tenka dirbti nėra tinkamos – galimi ne tik sveikatos sutrikimai darbuotojui, bet ir darbo rezultatų ir darbo našumo nuostoliai (Filip ir Candale, 2012).

Mašinų gamintojai nuolat sprendžia darbo sąlygų gerinimo klausimus ir mažina triukšmo lygį kabinose, didina jų sandarumą, naudoja įvairias vibracijos mažinimo priemones, tokias kaip amortizuojantys tiltai, kabinos, pneumatinės ar kitais būdais valdomos sėdynės bei kitos tiesiogiai operatoriui vibracijos dozes mažinančios priemonės. Esama tyrimų, jog, pavyzdžiui, naudojant papildomus dinامينius vibracijos slopintuvus galima vibracijos dozes tenkančias operatoriaus sėdnei sumažinti nuo 1,5 iki 4 kartų (priklausomai nuo dažnių diapazono) (Pobedin ir kt., 2016).

Traktorių operatorius vibracija veikia visose trijose ašyse, skirtingai nei, pavyzdžiui, kelių transporto priemonių vairuotojus, kuriems vibracijos poveikis daugiausia vyksta *z* ašyje (Johnson ir kt., 2015). Dėl šios priežasties žemės ūkio traktorių operatoriai patiria ir daugiau žalingų sveikatai padarinių (Kim ir kt., 2018).

Atsižvelgiant į jau atliktus kitų autorių tyrimus, galima daryti išvadą, jog visą traktoriaus operatoriaus kūną veikiančios vibracijos lygiai gali būti labai skirtingi, o darbuotoją veikiančios vibracijos dozės priklauso nuo darbo pobūdžio, dangos, kuria važiuoja traktorius ir kokius darbus jis atlieka. Kai kurie tyrimai, pavyzdžiui Adolfson (2012) rodo, kad, išskyrus lygų asfaltą, visi kiti reljefai, kuriais važiuoja traktoriai, turi reikšmingą įtaką vibracijos lygiui. Taip pat didelės įtakos turi ir padangų tipas, šoninis padangos standumas ir slėgis padangose (Scarlett, 2005).

Buvo atliktas ne vienas tyrimas, kuriame buvo tiriami vibracijos dozių mažinimo klausimai panaudojant virpesių slopintuvus ir kitokias priemones, tačiau yra nedaug informacijos apie tai, kaip pasirenkant važiavimo trajektorijas laukuose galima mažinti darbuotoją veikiančios

vibracijos poveikį. Todėl šio tyrimo tikslas – atlikti visą traktorininko kūną veikiančios vibracijos vertinimą grūdų transportavimo metu ir nustatyti operatorių veikiančios vibracijos pagreičius atliekant grūdų išvežimą iš laukų.

Tyrimų metodika

Traktorių operatorių veikiančios vibracijos matavimai buvo atlikti 2021-ųjų metų vasarą Marijampolės rajone. Laukas, kuriame buvo vykdomi darbai – 13,7 ha ploto. Grūdinė kultūra, kuri buvo transportuojama – žieminiai kviečiai. Lauke buvo naudojamos 24 m žingsniu viena nuo kitos nutolę technologinės vėžios su 1,3 m tarpavėžiu. Tyrimai buvo atliekami traktoriaus CASE PUMA 150 (2016 metų gamybos, su amortizuojančiu priekiniu tiltu, adaptivia sėdyne ir papildomus amortizatorius turinčia kabina). Tyrimų metu traktoriaus buvo tempama priekaba, kuri buvo užpildyta grūdais (12 t). Traktoriaus padangų slėgis buvo standartinis, kaip rekomenduoja gamintojas 1,4 bar priekinėse padangose ir 1,2 bar galinėse. Laukas nuo grūdų priėmimo vietos buvo nutolęs apie 6 km. Transportuojant grūdus darbuotoją veikiančios vibracijos tyrimai atlikti juos transportuojant ražiena, žvyrkeliu ir keliu su asfalto danga.

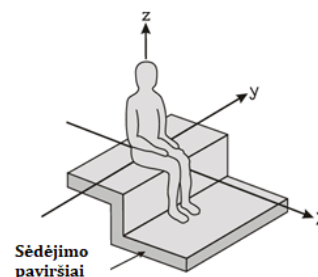
Siekiant palyginti kuo įvairesnius važiavimo scenarijus ražiena, buvo pasirinktos tokios važiavimo sąlygos:

1. Važiuojant ražiena lygiagrečiai technologinėms vėžioms, t.y. jų nekertant (5, 10 ir 15 km h⁻¹ greičiu)
2. Važiuojant technologinėmis vėžiomis (5, 10 ir 15 km h⁻¹ greičiu)
3. Važiuojant statmenai technologinėms vėžioms (5, 10 ir 15 km h⁻¹ greičiu)
4. Važiuojant žvyrkeliu (5, 10 ir 15 km h⁻¹ greičiu)
5. Važiuojant asfalto danga (20, 30 ir 40 km h⁻¹ greičiu)

Šios sąlygos yra dažniausiai sutinkamos atliekant grūdų transportavimo darbus, nes operatoriui tenka atvažiuoti iki lauko (dažniausiai asfaltuoto ir žvyru dengto kelio danga), tuomet lauke važiuoti įvairiomis kryptimis tiek technologinėmis vėžiomis, tiek kartais jas kertant.

Tyrimai atlikti naudojant vibracijos lygių analizatorių Bruel & Kjaer 4447 kartu su triašiu DeltaTron 4515-B-002 akcelerometru, sumontuotu sėdmens pado. Matavimo komplektas atitinka EN ISO 8041:2005 reikalavimus. Visą kūną veikianti vibracija buvo matuojama naudojant sėdmens padą, kuris buvo padėtas ant traktoriaus vairuotojo sėdynės, o traktorininkas sėdėjo ant šio sėdmens pado. Traktoriaus sėdynė buvo sureguliuota taip, kad atitiktų operatoriaus svorį. Vibracijos pagreitis buvo matuojamas ir vertinamas trijų ašių kryptimis: išilginė kryptis (vertikali) – a_{hwz} , šoninės pažymėtos a_{hwx} ir a_{hwy} , kai a_{hwx} nurodo judesius į priekį ir atgal, o a_{hwy} nurodo judesius į dešinę ir kairę (žr. 1 paveikslą).

Visą žmogaus kūną veikiančios vibracijos matavimas ir vertinimas buvo atliekamas pagal ISO 2631-1:2004 ir standartą ir ES direktyvą 2002/44 EB ir Lietuvoje galiojančius darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatus.



1 pav. Vibracijos kryptių išdėstymas x, y ir z ašyse

Fig. 1. Arrangement of vibration directions in the x, y, and z axes

Visą žmogaus kūną veikiančios vibracijos vertė yra skaičiuojama aštuonių darbo valandų trukmei $A(8)$, kuri negali viršyti 1,15 m s⁻² (vibracijos dozės vertė (VDV) – 21 ms^{-1,75}). Kasdienio vibracijos veikimo vertė veiksams pradėti yra skaičiuojama aštuonioms darbo valandoms taip pat ir neturi viršyti 0,5 m s⁻² vertės (VDV – 9,1 m s^{-1,75}) (Europos parlamento direktyva, 2002).

Kasdieninio veikimo vertė – bendroji kasdieninio vibracijos veikimo vertė per 8 valandų darbo laiko trukmę, išreiškiama vibracijos svertinėmis dažninėmis efektinio vidurkio (vidutinio kvadratinio – rms) pagreičio vertėmis, ir naudojant šią formulę (LR Socialinės apsaugos, 2004) :

$$A(8) = a_{hww,i} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}}, m s^{-2} \quad (1)$$

čia: $a_{hww,i}$ – svertinis dažninis efektinio vidurkio vibracijos pagreitis i-uju darbo proceso metu (ar i-oje operacijoje);

T_i – i-ojo laikotarpio (operacijos) trukmė sekundėmis;

T_0 – 8 valandų darbo laiko trukmė sekundėmis, lygi 28800 s.

Rezultatai ir aptarimas

Bendrosios išmatuotos vibracijos pagreičio vertės skirtingomis sąlygomis yra pateikiamos 1 lentelėje.

1 lentelė. Bendrasis vibracijos pagreitis, m/s²

Table 1 Total vibration acceleration, m/s²

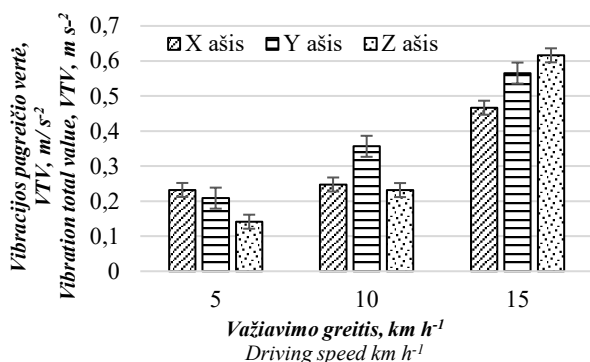
Sąlygos Conditions	Greitis / speed, km h ⁻¹		
	5	10	15
Per ražieną Stubble	0,46	0,65	1,20
Technologinėmis vėžiomis Driving on tramlines	0,42	0,59	0,91
Kertant technologines vėžes Crossing the tramlines	0,86	1,92	2,54
Žvyrkeliu Gravel paving	0,60	0,63	0,66
Sąlygos Conditions	Greitis / speed, km h ⁻¹		
	20	30	40
Asfaltu Asphalt paving	1,36	0,90	0,59

Kaip matoma iš gautų tyrimų rezultatų, vibracijos vertės priklauso ne tik nuo važiavimo greičio, bet ir nuo važiavimo sąlygų. Traktoriaus tempiant grūdų priekabą lauke tiksliausia būtų tai atlikti važiuojant ne ražiena, o

išilgai lauko besidriekiančiomis technologinėmis vėžiomis. Esant mažam judėjimo greičiui (5 km h^{-1}) šis skirtumas yra tik $\sim 8 \text{ proc.}$, tačiau ženkliai didėja transportavimą atliekant didesniais greičiais. Esant 15 km h^{-1} važiavimo greičiui vibracijos pagreitis gautas net $\sim 25 \text{ proc.}$ mažesnis. Šie rezultatai rodo, kad jau suformuotos ir dėl daugkartinių važiavimų suplūktos technologinės vėžios suteikia komforto ir leidžia operatoriui patirti mažiausias vibracines apkrovas.

Iš gautų rezultatų taip pat galima matyti, jog beveik 2–3 kartus didesnius vibracijos pagrečius nei važiuojant technologinėmis vėžiomis generuoja važiavimas šias vėžes kertant. Jeigu transportavimas atliekamas didesniu greičiu (15 km h^{-1}), tai vibracijos pagreitis gali siekti net iki $2,54 \text{ m s}^{-2}$. Analizuojant vibracijos pagrečius asfaltu matomos priešingos tendencijos, kai didėjant važiavimo greičiui vibracijos pagreitis mažėja (beveik 3 kartus lyginant 20 ir 40 km h^{-1} važiavimo greitį). Tai aiškinama rezonansiniais padangų kontakto su danga reiškiniais, kurie greičiui didėjant turi tendenciją mažėti.

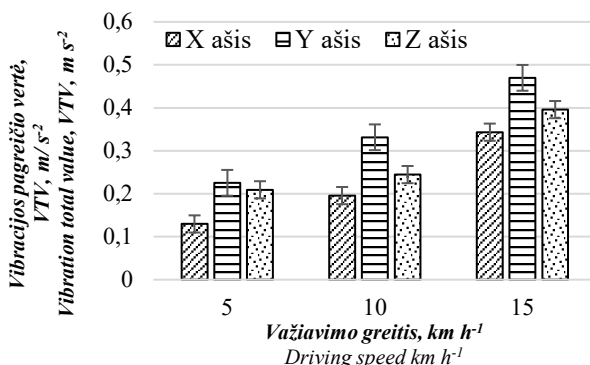
Siekiant suprasti generuojamos vibracijos pobūdį tyrimo metu buvo fiksuojamos ir analizuojamos vibracijos pagrečių vertės atitinkamai x , y ir z ortogonalinių ašių kryptimis. Šie rezultatai pateikti 3 paveiksle rodo, kad vibracijos poveikis ašims nėra visuomet tolygus ar nuosekliai vienodas. Keičiant važiavimo greitį, sąlygas – gaunami ir skirtingi poveikiai ašių atžvelgiu, tačiau bendra tendencija yra ta, jog didinant važiavimo greitį važiuojant ražiena, didžiausias vibracijos pokytis yra z ašies arba vertikali kryptimi.



3 pav. Vibracijos pagreitis važiuojant ražiena

Fig. 3. Vibration acceleration values driving on stubble

4 paveiksle pateikiamos vibracijos pagrečių vertės x , y ir z ašių kryptimis važiuojant technologinėmis vėžiomis.

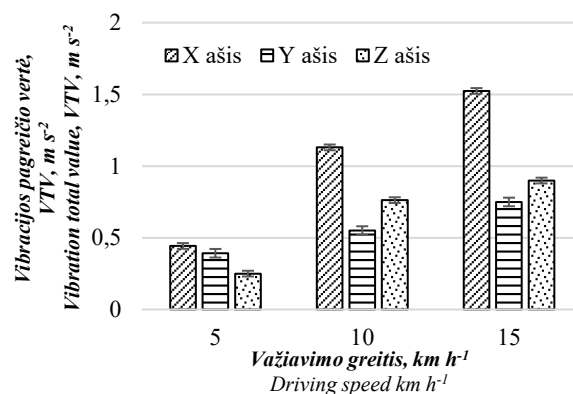


4 pav. Vibracijos pagreitis važiuojant technologinėmis vėžiomis

Fig. 4. Vibration acceleration driving on tramlines

Iš rezultatų pateikiamų 4 paveiksle matoma, jog vibracijos pagrečio vertės didėjant važiavimo greičiui tiesiškai didėja visų ašių kryptimis. Šiuose rezultatuose taip pat matoma, jog didžiausios vibracijos pagrečio vertės yra y ašies kryptimi, t. y. ten, kur vibracijos poveikis žmogui pagal ISO 2631 yra vertintinas koeficiento verte lygia 1,4.

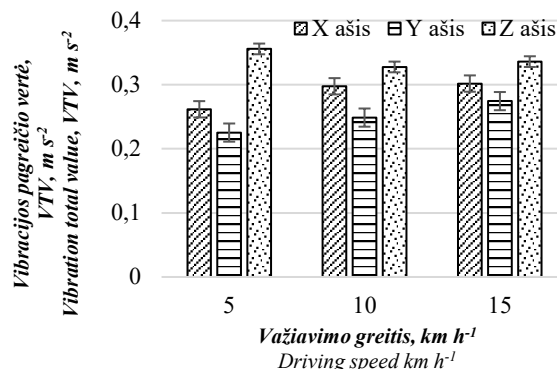
Stebint didžiausias bendrąsias vibracijos vertes sukeliantį važiavimą, kai traktoriaus operatorius kerta technologines vėžias (5 paveikslas) matoma, jog važiavimo greitis turi kritinės įtakos ypač vibracijos pagrečio didėjimui x ašies kryptimi. Važiuojant 5 km h^{-1} vibracijos pagreitis x ašies kryptimi siekė $0,44 \text{ m s}^{-2}$, kai, tuo tarpu, padidinus greitį iki 15 km h^{-1} – jau $1,52 \text{ m s}^{-2}$. Y ašyje tendencija išlieka tokia pati, važiuojant 5 km h^{-1} užfiksuotas vibracijos pagreitis $0,39 \text{ m s}^{-2}$, o 15 km h^{-1} vibracijos pagreitis $0,75 \text{ m s}^{-2}$. Z ašyje vibracijos pagreitis didinant važiavimo greitį nuo 5 iki 15 km h^{-1} kinta nuo $0,25 \text{ m s}^{-2}$ iki $0,90 \text{ m s}^{-2}$ atitinkamai.



5 pav. Vibracijos pagreitis kertant technologines vėžias

Fig. 5. Vibration acceleration perpendicular to the tramline

6 paveiksle pateikiami tyrimų rezultatai grūdus transportuojant žvyrkeliu. Čia matoma, jog greičio įtaka vibracijos pagrečio vertėms skirtingose ašyse nėra reikšminga, ir vibracijos pagreitis nuo važiavimo greičio priklauso nežymiai.



6 pav. Vibracijos pagreitis važiuojant žvyrkeliu

Fig. 6. Vibration acceleration on a gravel road

Apibendrinant gautus tyrimų rezultatus galima teigti, jog optimaliausia lauke grūdų transportavimą vykdyti ten esančiomis technologinėmis vėžiomis, vengti važiavimo ražiena arba jei to padaryti nepavyksta, vos atsiradus galimybei pervaziuoti į technologines vėžes. Taip pat

paminėtina, jog darbuotoją veikiančios vibracijos požiūriu, nerekomenduojama kirsti technologinių vėžių, ypač didesniais greičiais, nes dėl ten suformuotų vėžių ir reljefo nelygumo galimas net iki 3 kartų didesnis operatorių veikiančios vibracijos pagreitis. Taip pat paminėtina, jog vibracijos pagreičio padidėjimas didinant važiavimo greitį nėra kompensuojamas mažesnės važiavimo trukmės, todėl operatorių veikianti vibracijos ekspozicija (A(8) rodiklio vertė) važiuojant didesniais greičiais visuomet didesnė.

Šiame tyrime gauti rezultatai panašūs į kitų autorių, pavyzdžiui Kim ir kt. (2018), nes nustatyta, jog traktoriaus operatoriaus kūną veikiančios vibracijos pobūdis yra labai įvairus vibracijos poveikio ašių kryptimi, taipogi esant įvairioms sąlygoms nėra vyraujančios vibracijos veikimo krypties. Gauti rezultatai gali būti rekomendacinio pobūdžio operatoriams aiškinant galimybes mažinti transportavimo darbų metų operatorių patiriamas vibracines apkrovas.

Išvados

1. Nustatyta, jog vibracijos pagreičio vertės priklausomai nuo pasirinktos važiavimo per lauką vietos gali kisti nuo 0,42 iki 0,86 m s⁻² esant 5 km h⁻¹ greičiui bei padidėti iki 0,9–2,05 m s⁻² greitį padidinus iki 15 km h⁻¹.

2. Atlikus gautų vibracijos pagreičio verčių palyginimą darytina prielaida, jog atliekant grūdų transportavimą lauke ir žvyrkeliais tikslinga rinktis galimai mažesnę važiavimo greitį, o važiuojant asfaltuotais keliais – važiuoti galimai greičiau. Taip pat grūdų išvežimą iš lauko vykdyti technologinėmis vėžėmis, bei vengti važiavimo ražiena bei technologinių vėžių kirtimo.

Literatūra

- Adolfson, N., (2012). Whole body vibrations indicators in agricultural tractors. *NES 2012*, Proceedings, (Sweden)
- Butkus R., Šarlauskas A., (2007) Žemės ūkio mašinų operatorius veikiančios vibracijos verčių ir jų nustatymo metodikų analizė. *Žemės ūkio inžinerija*
- Cvetanovic, B. and D. ZLATKOVIC, 2013. Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 19: 1155-1160
- Europos parlamento ir tarybos direktyva 2002/44/EC dėl būtiniausių sveikatos ir saugos reikalavimų, susijusių su fizinių veiksnių (vibracijos) keliamo rizika darbuotojams 2002. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0044&from=LT>
- Filip N., Candale L., (2012). Researches regarding the noise conversion from tractor engine in order to reduce the intake manifold noise. In *Actual Tasks on Agricultural Engineering: Proceedings of the 40. International Symposium on Agricultural Engineering*, Opatija, Croatia 40:141-147. University of Zagreb Faculty of Agriculture
- Kia K., Fitch S., Newsom S., Kim J., (2020). Effect of whole-body vibration exposures on physiological stresses: Mining heavy equipment applications. *Applied Ergonomics* 85:103065
- Kim J., Dennerlein J., Johnson P., (2018). The effect of a multi-axis suspension on whole body vibration exposures and physical stress in the neck and low back in agricultural tractor applications. *Applied Ergonomics* 68:80-89
- Lietuvos respublikos nelaimingų atsitikimų darbe ir profesinių ligų socialinio draudimo įstatymas (1999). Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.93115?jfwid=-cfx9ejg>
- LR Socialinės apsaugos ir darbo ministro ir LR Sveikatos apsaugos ministro įsakymas dėl darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo (2004). Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.228686>
- Lietuvos respublikos valstybinės darbo inspekcijos prie socialinės apsaugos ir darbo ministerijos (VDI) 2021 metų veiklos ataskaita (2021). Prieiga per internetą: https://www.vdi.lt/PdfUploads/Veiklos_ataskaita_2021.pdf
- Pobedin A., Dolotov A., Shekhovtsov V., (2016). Decrease of the vibration load level on the tractor operator working place by means of using of vibrations dynamic dampers in the cabin suspension. *Procedia Engineering*. Volume 150, 2016, Pages 1252-1257
- Raffler N., Rissler J., Ellegast R., Schikowsky C., Kraus T., Ochsmann E., (2017). Combined exposures of whole-body vibration and awkward posture: A cross sectional investigation among occupational drivers by means of simultaneous field measurements. *Ergonomics* 60(11):1564-1575
- Rehn B., Lundstr R., Nilsson L., Liljelind I., (2005). Variation in exposure to whole-body vibration for operators of forwarder vehicles – aspects on measurement strategies and prevention. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(9). P 831–842.
- Scarlett, A. J., J. S. Price, D. A. Semple and R. M. Stayner, (2005). Whole-body vibration on agricultural vehicles: evaluation of emission and estimated exposure levels. *Research Report*, (UK)

Martynas Andriukevičius, Gediminas Vasiliauskas

Investigation of Tractor Operator Whole Body Vibration in Grain Transportation

Summary

Improper use of vehicles and work equipment can lead to permanent phenomena that can lead to poor health. Ignoring vibration doses and improper operation can cause back pain in the back area. It can also damage the connective tissue and nervous systems. One of the main risk factors for workers is vibration to the hands and whole body. This article analyzes the vibration values acting on the whole body of a tractor driver. The vibration level tests were performed on a CASE PUMA 150 tractor with a grain trailer loaded with ~ 12 tons of grain. During the study, the driving speed and conditions were changed (stubble, technological tracks, perpendicular technological tracks, gravel road and asphalt). It was found that the vibration values vary not only from the driving speed but also from the driving conditions (selected surfaces). According to the obtained results, the lowest vibration acceleration (0.42 m s⁻²) was recorded when driving on tramlines at 5 km h⁻¹, and the highest (2.54 m s⁻²) perpendicular on tracks at 15 km h⁻¹.

Whole body vibration, vibration acceleration, agriculture, tractor operator

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Martynas ANDRIUKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto magistrantas. Adresas: Spaudos g. 10, LT-68152 Marijampolė. Tel. 8 653 33699, el. paštas: martynas.andriukevicius@gmail.com

Martynas ANDRIUKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety MSc Address: Spaudos g. 10, LT-68152 Marijampolė. Tel (+370 653) 33 696, e-mail martynas.andriukevicius@gmail.com

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto lektorius, daktaras. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno r.; Tel. +370 689 77015; el. paštas: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy; Faculty of Engineering, lecturer, dr. Address: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Lithuania; Phone: +370 689 77015, e-mail: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

Aplinkos triukšmo grūdų elevatoriaus aplinkoje tyrimas

Donata Mikalauskienė, Gediminas Vasiliauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje analizuojamas grūdų elevatoriaus įrenginių sukeliamas triukšmas. Atlikus informacinių šaltinių analizę pastebėta, kad dažniausiai analizuojamas transporto sukeliamas triukšmas arba triukšmo poveikis darbuotojams, tačiau nedaug tyrimų atlikta triukšmo sklaidos į gyvenamąsias teritorijas tema. Triukšmo tyrimas atliktas grūdų elevatoriuje, buvo matuojamas ir vertinamas įrenginių skleidžiamas triukšmo lygis ir foninis triukšmo lygis teritorijoje. Nustatyta, jog triukšmingiausi įrenginiai yra grūdų džiovykla, kurios triukšmo lygis siekia 90,9 dBA bei valomoji, kurios triukšmo lygis siekia 84,22 dBA. Įvertinus grūdų elevatoriaus įrenginių (triukšmo šaltinių) emisijos vertes pagal HN 33:2011 pateikiamą ribinę vertę nakties laikotarpiu, galimi triukšmo lygio viršijimai gyvenamojoje aplinkoje esančioje arčiau nei 180 m atstumu nuo elevatoriaus įrengimų. Tyrime pateikti triukšmo lygių matavimo rezultatai taip pat gali būti naudingi atliekant aplinkos triukšmo sklaidos skaičiavimus, kaip įvesties duomenys triukšmo sklaidai skaičiuoti.

Grūdų elevatorius, gyvenamoji aplinka, pramonės triukšmas, triukšmo lygis.

Įvadas

Šiandieniniame gyvenime, mechanizavus pramonės ir žemės ūkio gamybą, didėjant transporto srautams miestuose ir gyvenvietėse, sparčiai didėja ir aplinkos triukšmas (Akelaitytė ir kt., 2013). Daugelyje miestų ir gyvenviečių fizikinė tarša, o tame tarpe triukšmas pagrįstai yra laikoma viena svarbiausių ekologinių problemų (Grubliauskas, 2009). Aplinkos triukšmas yra vienas labiausiai paplitusių diskomforto bei gyvenamosios aplinkos kokybę įtakančių veiksnių gyventojams visame pasaulyje (Ibrahim, ir kt., 2016), o jo paplitimas tankiai apgyvendintose vietovėse yra antras po aplinkos oro taršos.

Plečiantis žemės ūkio objektams ir su juo susijusioms apdirbamosios gamybos, produkcijos sandėliavimo, logistikos įmonėms taip pat plečiasi ir pramoninės veiklos zonos, kurios dažnai kuriasi netoli miestų bei gyvenviečių, dėl ko įprastą triukšmo lygį didina triukšmingi ūkių, žemės ūkio bendrovių ar gamybinių įmonių įrenginiai, mobiliosios mašinos.

Dėl šios priežasties aplinkos triukšmo valdymo klausimai plačiai sprendžiami tiek atskirų šalių, tiek ES lygiu. ES šalys narės yra įpareigosotos nuolat atlikti ir atnaujinti aglomeracijų (>100000 gyventojų) triukšmo žemėlapius, kuriuose pateikiama informacija apie kelių, oro uostų ir geležinkelių sukeliama triukšmo situaciją. Taip pat atliekamas pagrindinių kelių (>3 mln. transporto priemonių per metus) strateginis triukšmo kartografavimas. Nepaisant šių pastangų, mažesniuose miestuose, o tuo labiau gyvenvietėse praktiškai nėra informacijos apie ten esančius pramonės triukšmo objektus, pažeidžiamų gyventojų skaičių ir pan. Tuo galima įsitinkinti ir Europos aplinkos apsaugos sisteminamoje informacijoje, kur nėra pateikiama informacijos apie ne urbanizuotose teritorijose esančius triukšmo lygius (European Environment Agency, 2021).

Dalinai ši problema yra sprendžiama atliekant įvairias poveikio aplinkai ar poveikio visuomenės sveikatai vertinimo procedūras, kuomet prieš kuriant naują pramoninį objektą, plečiant esamo objekto veiklos apimtį, keičiant technologiją, privaloma atlikti aplinkos triukšmo vertinimą gyvenamosios paskirties pastatų aplinkoje atliekant aplinkos triukšmo matavimus arba triukšmo sklaidos modeliavimą.

Triukšmo poveikio vertinimui Lietuvoje vadovaujasi Lietuvos higienos normoje HN 33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ pateikiamomis vertėmis, kurios dera su ES triukšmo direktyvoje 2002/49/EB

pateikiamais ribiniais triukšmo lygiais. Gyvenamojoje aplinkoje yra nustatyti didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai dienos 7–19 val. (L_{dienos} iki 55 dBA), vakaro 19–22 val. (L_{vakaro} iki 50 dBA) ir nakties 22–7 val. ($L_{nakties}$ iki 45 dBA) laikotarpiais. Triukšmą keliančių pramoninių objektų savininkai yra įpareigoti taikyti įvairias triukšmo mažinimo priemones, kad triukšmo tarša gyvenamojoje aplinkoje neviršytų teisės aktuose nustatytų ribinių verčių. Triukšmo mažinimo priemonėmis laikomos akustinės sienelės, įvairūs ekranai, įrangos išdėstymo keitimas įmonės teritorijoje ir pan.

Grūdų elevatoriai yra vieni iš tų triukšmą keliančių pramoninių žemės ūkio objektų, kurie dėl kasmet didėjančio auginamų javų ploto (OSP, 2020) vis dažniau kuriasi Lietuvoje. Visoje šalyje, yra dešimtys elevatorių, kurie veiklą vykdo gyvenamosiose teritorijose (Anskaitienė, ir kt., 2020). Kai pramoniniuose žemės ūkio objektuose naudojama daug įrenginių, arba jei jų skleidžiamas triukšmas yra didelio intensyvumo, kyla rizika jog šalia esančių gyvenamosios paskirties teritorijų gyventojai gali patirti dirginantį triukšmo poveikį, o ilgainiui susilaukti ir kitų neigiamų pasekmių sveikatai. Ibrahim, ir kiti (2016) tyrinėjo pramoninio triukšmo lygius kviečių perdirbimo gamykloje ir triukšmo poveikį darbuotojų sveikatai. Šis tyrimas atskleidė, kad maišų užsiuvimo mašinos skleidžiamas triukšmo lygis gali siekti iki 89 dBA, o valymo įrenginių triukšmo lygis svyruoja nuo 78 dBA iki 93 dBA. Dėl tokių triukšmo lygių autoriai teigia, jog triukšmo lygis įmonėje gerokai viršija standartinę 85 dBA triukšmo ekspozicijos vertę. Anskaitienė ir Butkus (2020) taip pat atliko triukšmo tyrimą pramoniniame žemės ūkio objekte, tačiau analizavo ne poveikį darbuotojams, bet triukšmo sklaidą į gyvenamąsias teritorijas. Nustatyta, kad grūdų elevatoriaus į gyvenamąją aplinką skleidžiamas triukšmas gali viršyti Lietuvos higienos normoje HN 33:2011 nustatytas ribines vertes net iki 20 dB. Taip pat teigiama, kad ribinė 45 dBA vertė nakties metu yra viršijama, triukšmo lygis svyruoja nuo 48,6 dBA iki 70,8 dBA.

Informaciniuose šaltiniuose yra nedaug informacijos apie pramoninių žemės ūkio objektų (grūdų elevatorių) pagrindinius įrenginius kaip triukšmo šaltinius, jų veikimo trukmes, triukšmo lygius, t. y. triukšmo emisijas, todėl šiame darbe tiriama tipinio grūdų elevatoriaus triukšmo šaltiniai ir šių triukšmo šaltinių lygiai. Tokia informacija yra ypač naudinga, nes faktinių matavimų rezultatai gali būti naudojami triukšmo sklaidos skaičiavimams atlikti ar triukšmo modeliams sudaryti.

Darbo tikslas – atlikti aplinkos triukšmo matavimus elevatoriaus aplinkoje ir nustatyti pagrindinių stacionarių elevatoriaus triukšmo šaltinių triukšmo emisijos vertes.

Tyrimų metodika

Tyrimas buvo atliekamas grūdų elevatoriuje, kurio pagrindinė veikla yra grūdų ir grūdinių žaliavų prekyba, grūdų paruošimas, sandėliavimo paslaugos. Grūdų elevatoriuje priimami, apdirbami, saugomi ir vėliau išvežimui paskirstomi grūdai.

Grūdų elevatorius, tai pastatų kompleksas su technologine įranga, buitinėmis, administracinėmis patalpomis, bokštinėmis ir aruodinėmis sandėliavimo talpomis, kuriose gali būti sandėliuojama iki 15000 t grūdinių produktų. Čia grūdai, atsižvelgiant į jų būklę, pasiekia numatytą kondiciją LST standartų reikalavimus, t. y. operatoriaus valdomais transporteriais drėgni grūdai siunčiami į džiovyklą arba grūdai su per dideliu šiukšlių priemaišų kiekiu valomi grūdų valomojoje oru ar sijojant sietais. Šio elevatoriaus pagrindiniai įrenginiai į aplinką skleidžiantys triukšmą yra džiovykla, valomoji, ventiliatoriai ir transporteriai. Dauguma procesų kompiuterizuoti, jų valdymas atliekamas centrinėje operatorinėje, iš kur vyksta elevatoriaus valdymas ir grūdų priežiūra.

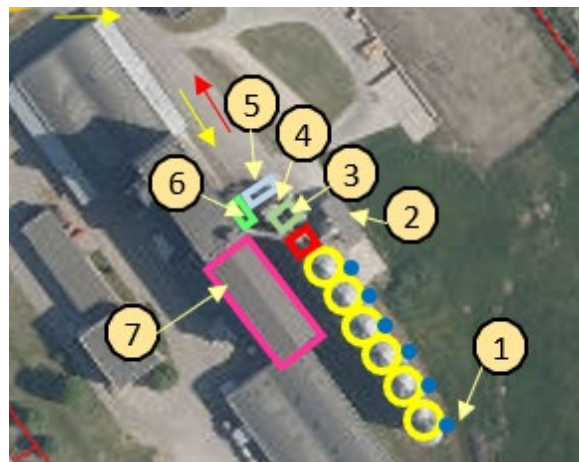
Grūdų elevatoriaus keliamo triukšmo vertinimui buvo pasirinkta atlikti matavimus triukšmingiausiose vietose. Į paveikslą matomos pasirinktos matavimo vietos, jų išsidėstymas įmonės teritorijoje.

Matavimai atlikti 1,5 metro atstumu nuo žemės paviršiaus, matavimai nebuvo atliekami, kai vėjo greitis didesnis kaip 5 m/s. Triukšmas buvo fiksuojamas esant maksimaliai elevatoriaus įrangos apkrovai. Matavimai buvo atliekami vadovaujantis tarptautiniu standartu ISO 1996-2:2017 „Akustika. Aplinkos triukšmo apibūdinimas, matavimas ir įvertinimas. 2 dalis. Aplinkos triukšmo lygių nustatymas“.

Kadangi grūdų elevatoriuje superkami įvairūs javai ir aliejinės sėklos (kviečiai, miežiai, rugiai, žirniai, pupos, rapsai ir kt.), todėl įvairios įrangos sukeliamas triukšmas buvo matuojamas įranga apkraunant įvairia produkcija. Tokiu būdu atliekant matavimus buvo gauti realios eksploatacines sąlygas atspindintys rezultatai.

Tyrimų metu buvo fiksuojamas ekvivalentinis A-svertinis garso slėgio lygis, o tuo pačiu metu matuojami ir

oktaviniai triukšmo lygiai skirtingose dažnių juostose. Atsistatytinės matavimų paklaidos buvo mažinamos skaičiuojant trijų matavimų pakartojimų vidurkį.



1 pav. Grūdų elevatoriaus teritorija ir pasirinkti matavimo taškai:

Fig 1. Grain elevator territory and selected measuring points:

1 – Išcentrinis ventiliatorius (11 kw); 2 – Džiovykla (34 t/val.); 3 – Grūdų valomoji (15-20 t/val.) (patalpoje); 4 – Grūdų valomoji (lauke); 5 – Grūdų išsipyimo duobė; 6 – Operatorinė; 7 – Transporterių patalpa.

1 – Centrifugal ventilator (11 kw); 2 – Dryer (34 t / h); 3 – Grain cleaning machine (15-20 t/h) (indoors); 4 – Cleaning machine (outdoors); 5 – Grain discharge pit; 6 – Operator room; 7 – Transporter room.

Triukšmo matavimai buvo atliekami naudojant pirmos tikslumo klasės triukšmo lygių analizatorių „Bruel & Kjaer“ 2250 su Bruel&Kjaer 4189 tipo matavimo mikrofonu. Triukšmo lygių analizatorius prieš matavimus buvo sukalibruotas kalibratoriumi Bruel&Kjaer 4231.

Rezultatai ir aptarimas

Atlikus įrenginių sukeliamo triukšmo matavimus buvo nustatyta, jog didžiausią triukšmo lygį skleidžiantys šaltiniai yra teritorijoje esantys stacionarūs įrenginiai, tokie kaip džiovykla, kurios triukšmo lygis 6 m atstumu nuo įrenginio siekė 90,9 dBA bei valomoji, kurios triukšmo lygis siekė 84,22 dBA. Daugiau triukšmo lygio matavimo rezultatų įvairiose grūdų elevatoriaus teritorijos vietose pateikiama 1 lentelėje.

1 lentelė. Išmatuoti grūdų elevatoriaus triukšmo šaltinių emisijos duomenys

Table 1. Emission data from grain elevator noise sources were measured

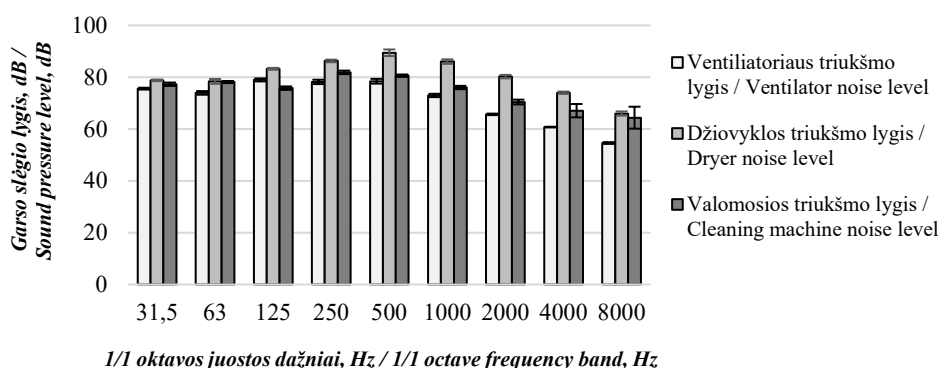
Nr. No.	Matavimo pavadinimas Measuring name	Atstumas iki triukšmo šaltinio, m Distance to noise source, m	Aritmetinis $L_{A,eq}$ vertės vidurkis, dBA Arithmetic mean of $L_{A,eq}$ values, dBA	Standartinis nuokrypis, dBA Standard deviation, dBA
1.	Ventiliatoriaus triukšmo lygis / Ventilator noise level	2	80,5	0,66
2.	Džiovyklos triukšmo lygis / Dryer noise level	6	90,9	0,87
3.	Valomosios triukšmo lygis / Cleaning machine noise level	-*	84,2	2,32
4.	Bendras triukšmo lygis prie valomosios / Total noise level near the cleaning machine	1	75,3	3,78
5.	Bendras triukšmo lygis prie grūdų išsipyimo duobės / Total noise level near the grain discharge pit	-	78,3	5,54
6.	Bendras triukšmo lygis operatorinėje / Total noise level in the operators room	-	72,3	5,39
7.	Bendras triukšmo lygis transporterių patalpoje / Total noise level in the transporters room	1	81,5	3,27

* Foninis triukšmo lygis, kuriam negalima priskirti konkretaus triukšmo šaltinio

Triukšmo sklaidos požiūriu patys reikšmingiausi triukšmo šaltiniai yra tie, kurie yra atviroje erdvėje ir kurių skleidžiamas triukšmo lygis yra didžiausias. Jeigu tokių įrenginių triukšmui mažinti nenaudojamos jokios techninės priemonės, arti tokių elevatorių esančioje gyvenamojoje aplinkoje galimi triukšmo lygio viršijimai. Siekiant nustatyti elevatoriaus įrenginių sukeltą triukšmo lygį,

1 lentelėje pateikti triukšmo šaltiniai ir jų skleidžiami lygiai buvo analizuojami suskirstant gautas reikšmes į 3 grupes: a) įrenginių sukeltas triukšmas; b) foninis triukšmas elevatoriaus teritorijoje; c) triukšmo lygis patalpose.

Pagrindinių grūdų elevatoriaus įrenginių išmatuoti triukšmo spektrai pateikti 2 paveiksle.



2 pav. Išmatuoti į aplinką įrenginių skleidžiami ekvivalentinio triukšmo lygio spektrai

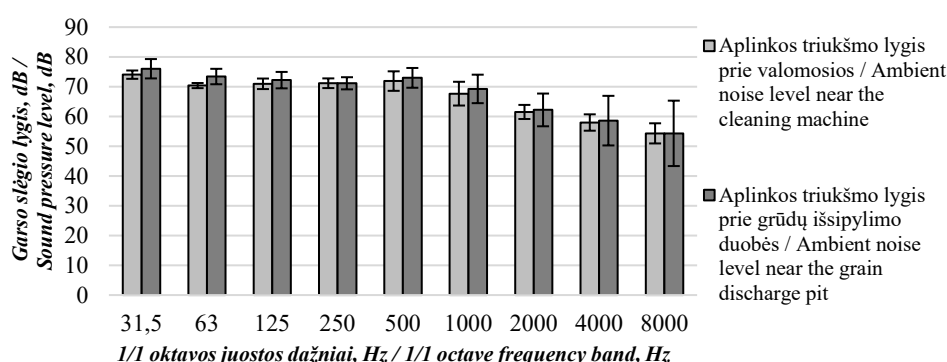
Fig 2. Noise spectrum of equipment in a grain elevator

Triukšmo spektruose 2 paveiksle matoma, kad visų triukšmo šaltinių garso slėgio lygiai buvo didžiausi vidutiniuose dažniuose (250–1000 Hz) ir siekė 90 dBA. Iš šių rezultatų matoma, jog pastoviu režimu veikiančių įrenginių triukšmo lygis oktavos juostose kinta nežymiai, tačiau, pavyzdžiui valomosios, labai priklauso nuo valomų sėklų rūšies. Tai ypač pastebima aukštuose dažniuose.

Išmatuoti foninio triukšmo lygio spektrai ir triukšmo lygio spektrai elevatoriaus pastatuose pateikiami 3 ir 4 paveiksluose. Iš šių duomenų matyti, jog foninio triukšmo lygiai prie grūdų išpylimo duobės ir valomosios yra

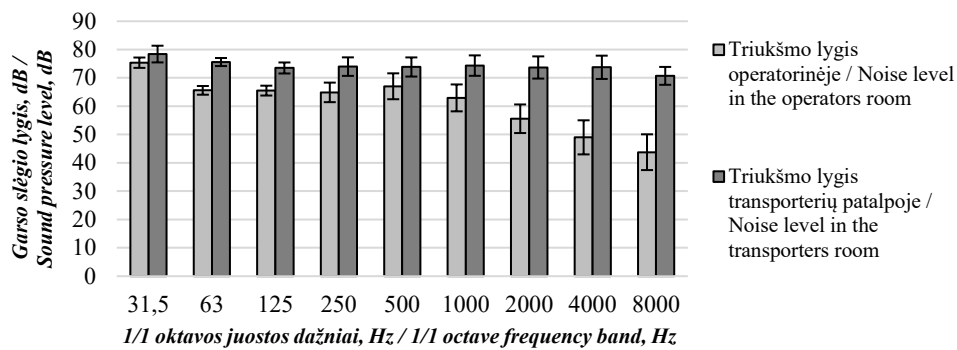
žemesnio lygio, nei kitų triukšmingų įrenginių, o triukšmo spektre vyrauja žemo ir vidutinio dažnio triukšmai.

Gauti tyrimų rezultatai taip pat rodo, jog grūdų elevatorių įrenginių triukšmo lygis gali siekti daugiau nei 90 dBA. Esant tokiam triukšmo lygiui ir tokius triukšmo šaltinius traktuojant kaip taškinis, galima apskaičiuoti, jog higienos normoje HN 33:2011 reglamentuojama ribinė vertė dienos laikotarpiu nebus viršijama už ~60 metrų nuo tokio triukšmingo įrenginio, tokiu pačiu intensyvumu jam veikiant naktį – už ~180 metrų.



3 pav. Išmatuoti foniniai ekvivalentinio triukšmo lygio spektrai

Fig 3. Measured equivalent noise level spectra of background noise



4 pav. Išmatuoti triukšmo lygio spektrai grūdų elevatoriaus pastatuose

Fig 4. Measured noise level spectra in grain elevator buildings

Šiame tyrime gauti rezultatai gerai koreliuoja su Anskaitienės ir Butkaus (2020) gautais rezultatais, kur taip pat buvo nustatyta, jog šalia elevatorių esančioje gyvenamojoje aplinkoje galimi reikšmingi aplinkos triukšmo lygio viršijimai įvairiais paros laikotarpiais. Tai aiškiai rodo poreikį spręsti tokių objektų triukšmo mažinimo ir valdymo problemas.

Išvados

1. Atlikus aplinkos triukšmo matavimus nuo grūdų elevatoriaus teritorijoje esančių įrenginių nustatyta, jog triukšmingiausi šaltiniai yra grūdų džiovyklą, kurios triukšmo lygis gali siekti iki 90,9 dBA bei valymo mašina, kurios triukšmo lygis gali siekti 84,22 dBA.

2. Nustatyta, kad grūdų elevatoriaus įrenginių (triukšmo šaltinių) emisijos vertės yra tokios, jog galimi triukšmo lygio viršijimai gyvenamojoje aplinkoje esančioje arčiau nei 180 m atstumu nuo elevatoriaus įrenginių, pagal HN33:2011 pateikiamą ribinę vertę nakties laikotarpiu.

Literatūra

1. Akelaitytė, R. ir Januševičius, T. (2013). Environmental factors having an impact on the noise induced by motor vehicles / Aplinkos veiksnių įtaka automobilių keliamam triukšmui. *Mokslas – Lietuvos Ateitis* /

Science – Future of Lithuania, 5(4), 323-329. <https://doi.org/10.3846/mla.2013.52>.

2. Anskaitienė, E. ir Butkus, R. (2020). Grūdų elevatoriaus triukšmo tyrimas. *Žmogaus ir gamtos sauga*, 38-41.
3. European Environment Agency. (2021). Noise country fact sheets 2021. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise/noise-fact-sheets>
4. Europos parlamento ir tarybos direktyva 2000/14/EB 2000 m. gegužės 8 d. dėl valstybių narių įstatymų, reglamentuojančių lauko sąlygomis naudojamos įrangos į aplinką skleidžiamą triukšmą, suderinimo, 2000.
5. Grubliauskas, R. (2009). Aplinkos triukšmo ir jo mažinimo, taikant lengvas konstrukcijas, tyrimai bei skaitinis modeliavimas: daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
6. Grubliauskas, R. ir Butkus, D. (2009). Chamber investigation and evaluation of acoustic properties of materials, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17:2, 97-105, doi: 10.3846/1648-6897.2009.17.97-105.
7. Ibrahim, I., Ajao, K.R. ir Aremu, S.A. (2016). Industrial noise level study in a wheat processing factory in ilorin, nigeria. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*. 21. 10.1515/ijame-2016-0030.
8. Lietuvos higienos norma. (2011). Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje (HN 33:2011). Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.402074/asr>
9. LST ISO 1996-2: 2008. Akustika. Aplinkos triukšmo aprašymas, matavimas ir įvertinimas. 2 dalis. Aplinkos triukšmo lygių nustatymas. Vilnius. Lietuvos standartizacijos departamentas.
10. Oficialios statistikos portalas „Javų plotas“. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S9R264#>

Donata Mikalauskienė, Gediminas Vasiliauskas

The Research of Environmental Noise in the Environment of a Grain Elevator

Summary

The article analyses the environmental noise caused by a grain elevator. The analysis of reliable sources reveals that transport noise or the impact of noise on workers is mostly investigated, but the diffusion of noise into the living environment has been little studied. The research was conducted in a grain elevator to assess the noise level emitted by the equipment and the total noise level in the area. The noisiest equipment was found to be a grain dryer with a noise level of 90,9 dBA and a cleaning machine with a noise level of 84,22 dBA. After estimating the emission values of grain elevator equipment (noise sources) according to the values of the Lithuanian hygiene norm HN 33: 2011 during the night period, it is possible that the noise level will exceed in a residential environment closer than 180 m from the elevator equipment. The obtained results can be used as input data for noise modelling.

Industrial noise, grain elevator, living environment.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Donata MIKALAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto, Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos programos magistrantė. Adresas: Ateities g. 3, LT- 71295, Griškabūdis, Šakių r. Tel: 862766716, el. paštas: donatalaur@gmail.com

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto, Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros lektorius. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel: 868977015, el. paštas: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

Donata MIKALAUSKIENĖ. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Master student of Agricultural Engineering and Management study program. Address: Ateities g. 3, LT- 71295, Griškabūdis, Šakių r. Tel: 862766716, e-mail: donatalaur@gmail.com

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, lecturer. Address: Studentu g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel: 868977015, e-mail: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

Ozono, aerozolio dalelių koncentracijų ir triukšmo lygio kopijavimo metu įvertinimas

Vaida Vasiliauskienė

Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija

Kai patalpose yra antropogeniniai oro taršos šaltiniai tai patalpų aplinka gali būti daugiau teršiama nei išorinės aplinkos oras. Kopijavimo aparatai, lazeriniai spausdintuvai, elektros prietaisai, kuriems veikiant susidaro ozonas ir aerozoliai, yra pagrindiniai antropogeniniai uždarų patalpų ozono ir aerozolio dalelių emisijos šaltiniai. Kadangi žmonės trečdalį savo laiko praleidžia darbo patalpose, kur oro tarša dėl antropogeninių taršos šaltinių įvairovės dažnai viršija sveikatai pavojingą lygį, todėl vis daugiau dėmesio skiriama oro taršos problemoms patalpose spręsti. Eksperimentas atliktas biuro patalpoje, veikiant kopijavimo aparatui. Tyrimo metu matuota ozono, aerozolio dalelių koncentracijų bei triukšmo lygio ir mikroklimatinių parametų kaita tirtose kopijavimo patalpoje. Ozono koncentracijai patalpoje nustatyti naudotas O₃ 41 M ozono analizatorius, aerozolio dalelių skaitinei koncentracijai įvertinti – AZ-5 aerozolio dalelių skaitiklis, triukšmo lygiui, aplinkos temperatūrai ir drėgmei pamatuoti – DrDAQ duomenų kaupiklis. Nustatyta, kad kopijavimo intensyvumas buvo pagrindinis veiksnys, lėmęs ozono ir aerozolio dalelių pokyčius tirtose biuro patalpoje. Vidutinė ozono koncentracija, automatinio kopijavimo metu (90 – 120 kopijų/min.) 840 %, o aerozolio dalelių 58 % didesnė nei kopijavimo aparato lėčiausio darbo metu (1 – 30 kopijų/min.). Kopijavimo aparato skleidžiamas triukšmas biuro patalpoje kito dažniausiai kartu su ozono ir aerozolio dalelių koncentracijomis. Nustatyta, kad vidutinis ekvivalentinis triukšmo lygis kopijavimo patalpoje beveik 30 % mažesnis už didžiausią leidžiamą triukšmo lygį darbo aplinkoje.

Kopijavimo aparatas, ozonas, aerozolio dalelės, triukšmo lygis, kopijavimo intensyvumas.

Įvadas

Žmonės praleidžia patalpose apie 90 % savo laiko, kur ozono ir aerozolio dalelių koncentracijos lygis yra mažesnis nei lauke, tačiau ir čia žmonės neišvengia šių teršalų poveikio, ypač, kai patalpose yra antropogeninių oro taršos šaltinių (kopijavimo aparatų, lazerinių spausdintuvų). Kopijavimo aparatai iki šiol neatsiejama daugelio biuro patalpų dalis. Pagrindiniai kopijavimo patalpose susidarantys teršalai: ozonas, azoto oksidai, lakieji organiniai junginiai, aerozolio dalelės (Kiurski et al., 2016). Be to, kopijavimo aparatai kelia triukšmą.

Kopijavimo metu daugiausiai ozono susidaro įelektrinant ir išelektrinant kopijavimo aparato būgną ir popierių bei veikiant ultravioletinių spindulių lempai (Kiurski et al., 2013; Singh et al., 2014; Vicente et al. 2017). Kopijavimo metu susidaro maždaug 20 ppb ozono vienai kopijai (Hetes et al., 1995). Dėl didelio reaktyvumo patalpoje ozonas yra labai nestabilus, jo pusėjimo trukmė patalpoje mažesnė nei 10 minučių (Valuntaitė et al., 2015). Kai ozono koncentracija 20 ppb, tai jis pasižymi dezinfekcinėmis savybėmis, tačiau didesnės ozono koncentracijos gali būti sauso kosulio, skausmo giliai įkvėpiant, kvėpavimo nepakankamumo, pykinimo ar streso priežastimi (Ayotamuno et al., 2013; Kiurski et al., 2011). Lietuvos higienos normoje HN 23:2011 nustatyta, kad darbo aplinkos ore 8 valandų didžiausia leidžiama ozono koncentracija – 100 ppb, tačiau kitose šalyse (Mannan et al., 2021) nutarta, kad didžiausia leidžiama šio teršalo koncentracija darbo aplinkos ore yra 50 ppb.

Tuo tarpu aerozolio dalelės kopijavimo metu susidaro mechanškai (varant kopijuojamus lapus, nuvalant dažomuosius miltelius). Antropogeninės kilmės aerozoliai sudaro 10 – 20 % viso aerozolių kiekio (Ukhov et al., 2020). Stambios aerozolio dalelės patalpos ore išsilaiko keliolika minučių, o pačios smulkiausios dalelės patalpos ore išsilaiko ženkliai ilgiau (Lee et al., 2007). Pavojingiausias yra labai smulkios aerozolio dalelės, nes jos patenka giliai į plaučius (Furukawa et al., 2002). Kopijavimo metu susidaranti aerozolio dalelės gali būti lėtinių ligų: bronchų uždegimo, bronchų astmos, negrįžtamo plaučių pakenkimo (pneumokoniozės) priežastimi (Ewers et al.,

2006). Nustatyta, kad ozono ir aerozolio dalelių suminis poveikis žmogaus nosiaryklei, gerklei, akims gerokai stipresnis nei kiekvieno teršalo atskirai (Möldave et al., 2005; Massey et al., 2011).

Triukšmo poveikis organizmui neapsiriboja tik žalojančiu poveikiu klausos organams, nes pakenkia daugeliui žmogaus organų: centrinę nervų sistemą, jutimo ir virškinimo organus, vidaus sekrecijos veiklą, didėja arterinės hipertenzijos ir miokardo infarkto rizika (Oberdörster et al., 2002). Kopijavimo patalpoje triukšmo lygis neturi viršyti 85 dBA (Butt et al., 2014).

Darbo tikslas – ištirti ozono ir aerozolio dalelių kitimą kopijavimo patalpoje bei įvertinti kopijavimo intensyvumo ir kopijavimo aparato skleidžiamo triukšmo įtaką ozono ir aerozolio dalelių koncentracijų pokyčiams.

Tyrimų metodika

Eksperimentas atliktas kopijavimo paslaugas vykdančioje 16 m² ploto darbo patalpoje, registruojant ozono ir aerozolio dalelių koncentracijų bei triukšmo lygio pokyčius. Tirtų parametų dinamika darbo patalpoje registruota ne tik kopijavimo aparato darbo metu (nuo 8:00 iki 19:00 val.), bet ir visos paros bėgyje. Didžiausias kopijavimo aparato darbo intensyvumas – 120 kopijų per minutę. Eksperimentas vykdytas mėnesį laiko, pateikiant vienos charakteringos darbo savaitės tirtų teršalų ir triukšmo lygio kaitos duomenis, vykstant kopijavimui optimaliu pajėgumu. Siekiant įvertinti kopijavimo aparato darbo tempo įtaką ozono ir aerozolio dalelių koncentracijų pokyčiams patalpoje, kopijavimo intensyvumas suskirstytas į penkis kopijavimo aparato darbo režimus: 1 – 0 kopijų/min.; 2 – nuo 1 iki 30 kopijų/min.; 3 – nuo 30 iki 60 kopijų/min.; 4 – nuo 60 iki 90 kopijų/min.; 5 – nuo 90 iki 120 kopijų/min.

Tirtų teršalų koncentracijų matavimai atlikti 50 cm aukštyje ir 40 cm atstumu nuo kopijavimo aparato, o ekvivalentinis triukšmo lygis matuotas 50 cm aukštyje ir 1 m atstumu nuo kopijavimo aparato, t.y. kopijavimo paslaugas atliekančio darbuotojo įkvėpimo zonoje ir klausos lygyje. Oro paėmimui, ozono ir aerozolio dalelių koncentracijų nustatymui, tame pačiame matavimo taške naudotas tefloninis vamzdelis. Kopijavimo patalpoje ozono

ir aerozolio dalelių koncentracija bei ekvivalentinis triukšmo lygis matuoti nenutrūkstamai, kompiuteryje registruojant 5 minučių vidutines vertes.

Ozono koncentracijos registravimui naudotas ultravioletinės sugertiems principu veikiantis ozono analizatorius O₃ 41 M, kurio jautris 1 ppb, o matavimo ribos 0–1000 ppb.

Aerozolio dalelių skaitinės koncentracijos registravimui naudotas aerozolio dalelių skaitiklis AZ-5, kurio dalelių srautas – 1,2 l/min., o paklaida neviršija 20 %. Šis aerozolio dalelių skaitiklis gali registruoti nuo 0,4 µm dydžio aerozolio daleles. Siekiant nustatyti kokio dydžio aerozolio dalelių daugiausiai susidaro kopijavimo patalpoje, tirtas aerozolio dalelių (nuo 0,4 iki 2,0 µm dydžio) spektras, registruojant kas 5 minutes skirtingo dydžio daleles.

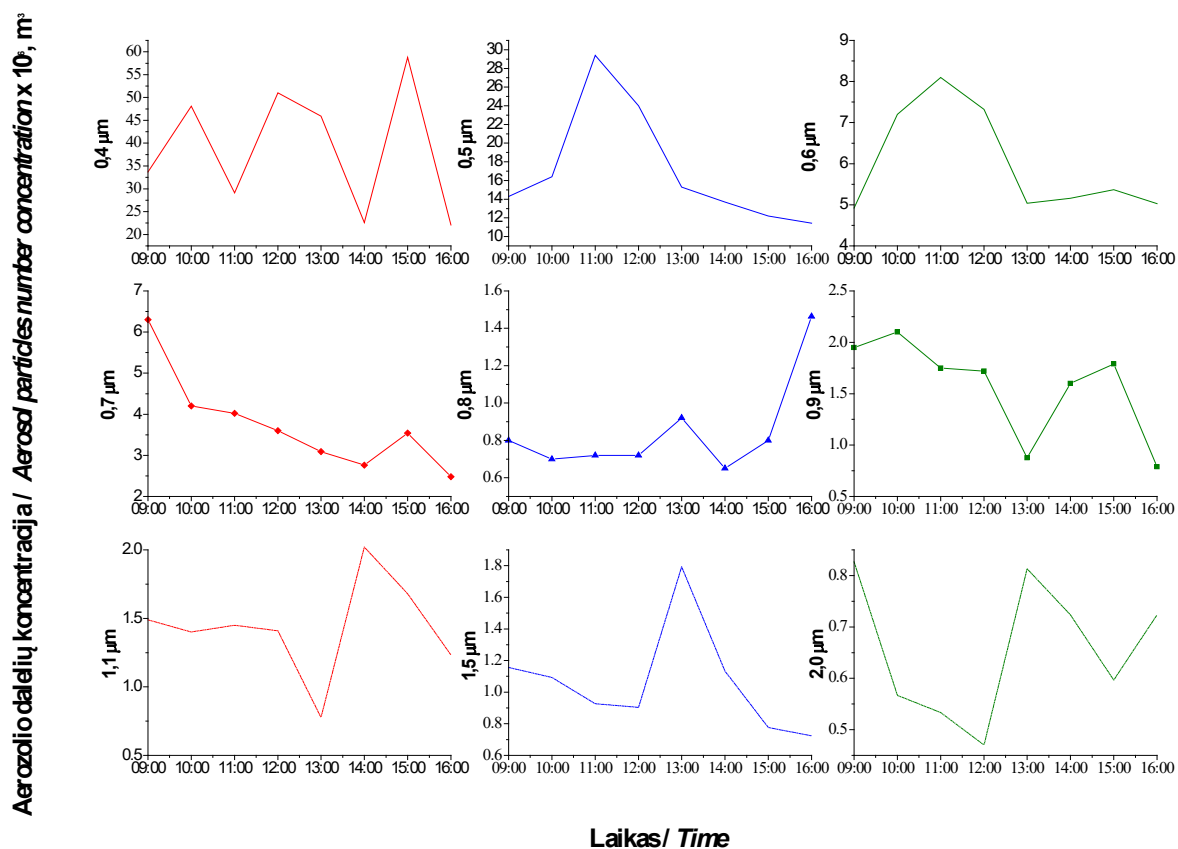
Triukšmo lygio registravimui naudotas DrDAQ duomenų kaupiklis, kuriuo dar matuota ir aplinkos temperatūra ir drėgmė patalpoje. Temperatūra kopijavimo patalpoje matuota dviejuose aukščiuose: prie lubų ir prie grindų, įvertinant temperatūrų skirtumą tirtoje patalpoje. DrDAQ duomenų kaupiklis gali matuoti temperatūrą (nuo -10 iki +105 °C), oro drėgmę (nuo 0 iki 99 %), o triukšmą (nuo 15 iki 100 dB) intervaluose.

Rezultatai ir aptarimas

Kopijavimo patalpoje vidutinė temperatūra prie lubų nustatyta 26,1 °C, o prie žemės registruota 24,8 °C. Temperatūra bei nustatytas **temperatūrų skirtumas kito nuo -1,0 iki 3,6**. Gautos sąlyginai nedidelės temperatūrų skirtumo vertės rodo, kad dėl kopijuojant išsiskyrusios šilumos nevyksta intensyvus vertikalių oro srautų judėjimas patalpoje, kuris lemia tirtų teršalų kaupimąsi kopijavimo zonoje. Tirtoje patalpoje santykinė oro drėgmė kito nuo 19,9 iki 26,8 %.

Kopijavimo aparato nedarbo metu ozono koncentracija patalpoje svyravo apie 1 ppb, o 0,4 µm aerozolio dalelių skaitinė koncentracija registruota apie $40 \times 10^6 \text{ m}^{-3}$. Kopijavimo metu ozono koncentracija patalpoje kito 1–65 ppb, o 0,4 µm aerozolio dalelių – $(10\text{--}315) \times 10^6 \text{ m}^{-3}$ intervaluose. Ekvivalentinis triukšmo lygis patalpoje, nevykstant kopijavimo darbams, 20 dBA. Kopijavimo aparato skleidžiamas ekvivalentinis triukšmo lygis tirtoje patalpoje kito 55–75 dBA ribose, todėl neviršijo leistino ekvivalentinio triukšmo lygio (85 dBA) darbo patalpoje.

Siekiant įvertinti kokio dydžio aerozolio dalelės susidaro kopijavimo metu, tirtas aerozolio dalelių (0,4–2,0 µm) spektras. Aerozolio dalelių spektro tyrimo rezultatai vienos darbo dienos bėgyje pateiktas 1 paveiksle.



1 pav. A Aerozolio dalelių spektro kitimas kopijavimo patalpoje

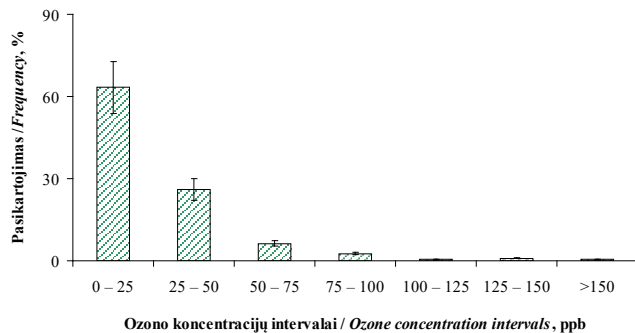
Fig. 1. Variation of the number concentration of aerosol particles in copying premises

Spektro tyrimo metu 0,4 µm aerozolio dalelių koncentracija kito $(22\text{--}60) \times 10^6 \text{ m}^{-3}$, 0,5 µm dalelių – $(10\text{--}30) \times 10^6 \text{ m}^{-3}$, 0,6–0,7 µm dalelių – $(2,5\text{--}8) \times 10^6 \text{ m}^{-3}$, o 0,8–

2,0 µm dalelių – $(0,5\text{--}2) \times 10^6 \text{ m}^{-3}$ intervaluose. Nustatyta, kad stambesnių (0,8–2,0 µm) aerozolio dalelių kopijavimo metu susidaro 93 % mažiau nei mažesnio diametro dalelių.

Gauti spektro tyrimo rezultatai rodo, kad kopijavimo metu aerozolio dalelių koncentracijos pokyčiai ryškesni mažų matmenų dalelių, o didesnių už $0,7\ \mu\text{m}$ aerozolio dalelių koncentracijos kaita vyksta siauresniame intervale. Vadina-si patalpoje veikiantis kopijavimo aparatas daugiausiai lemia smulkių ($< 0,8\ \mu\text{m}$) aerozolio dalelių susidarymą. Kadangi kopijavimo metu daugiausiai susidaro ir kitimo pokyčiai ženklesni smulkių aerozolio dalelių, todėl detalesnei analizei pasirinktos $0,4\ \mu\text{m}$ dydžio aerozolio dalelės.

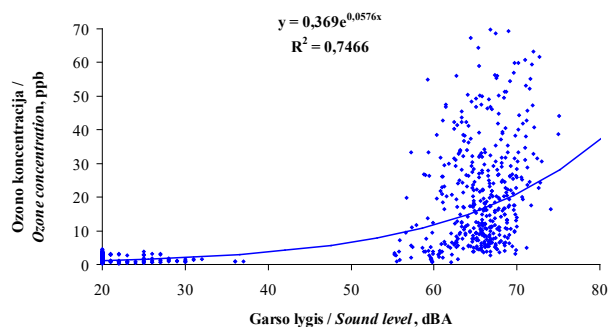
Ozono koncentracijos dažninis pasiskirstymas kopijavimo patalpoje pateiktas 2 paveiksle.



2 pav. Dažninis ozono koncentracijų pasiskirstymas kopijavimo patalpoje
Fig. 2. Frequency distribution of ozone concentrations in the copying room

Kopijavimo patalpoje daugiau nei 60 % eksperimento laiko ozono koncentracija registruota iki 25 ppb. Ozono koncentracija nuo 25 iki 50 ppb matuota 26% stebėjimo laiko. Didėsne kaip 50 ppb ozono koncentracija stebėta apie 10 % stebėjimo laiko.

Siekiant įvertinti kopijavimo aparato skleidžiamo triukšmo įtaką tirtų teršalų dinamikai biuro patalpoje, atlikta tarpusavio ryšio paieška tarp ozono koncentracijos ir garso lygio (3 pav.).

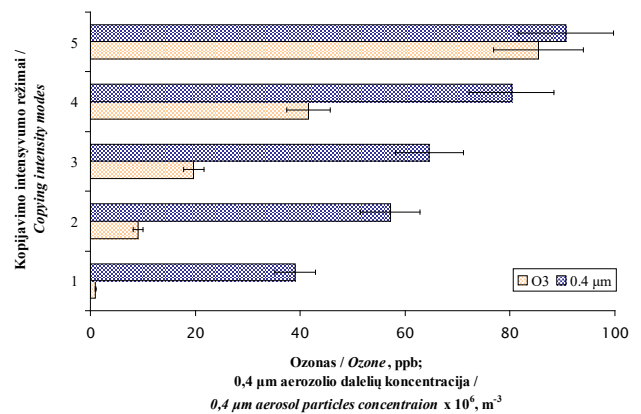


3 pav. Ryšys tarp ozono koncentracijos ir garso lygio
Fig. 3. Relationship between ozone concentration and sound level

Pastebėta, kad triukšmo lygis biuro patalpoje kito dažniausiai kartu su ozono bei aerozolio dalelių koncentracijomis, t. y. kai veikdavo kopijavimo aparatas. Gauti tyrimo duomenys rodo, kad vidutinis ekvivalentinis triukšmo lygis kopijavimo metu (60 dBA) $0,7$ karto mažesnis už didžiausią leidžiamą triukšmo lygį (85 dBA) darbo aplinkoje, todėl nekelia pavojaus kopijavimo paslaugas atliekančio darbuotojo sveikatai. Atliekant koreliacinę analizę tarp ozono koncentracijos ir kopijavimo aparato skleidžiamo ekvivalentinio garso lygio, nustatytas stiprus teigiamas statistiškai reikšmingas koreliacinis ryšys,

koreliacijos koeficientas tarp šių kintamųjų lygus $0,86$. Tarp $0,4\ \mu\text{m}$ dydžio aerozolio dalelių ir kopijavimo aparato skleidžiamo ekvivalentinio triukšmo nustatytas vidutinio stiprumo teigiamas koreliacinis ryšys, koreliacijos koeficientas tarp šių kintamųjų lygus $0,42$. Tai rodo, kad kopijavimo aparato skleidžiamo triukšmo įtaka aerozolio dalelių dinamikai tirtoje darbo patalpoje mažiau svarbi nei ozono kaitai. Vadinasi $0,4\ \mu\text{m}$ dydžio aerozolio dalelės gali susidaryti ne tik veikiant kopijavimo aparatui (jam skleidžiant triukšmą), bet ir pvz., vartant popierius.

Ozono ir $0,4\ \mu\text{m}$ dydžio aerozolio dalelių koncentracijų sklaidos priklausomybė nuo kopijavimo režimo pateikta 4 paveiksle.



4 pav. Ozono ir aerozolio dalelių koncentracijų kitimas skirtingais kopijavimo režimais

Fig. 4. Change of ozone and aerosol particle concentrations with the increase of the copying intensity

Foninė ozono (1 ppb) ir $0,4\ \mu\text{m}$ aerozolio dalelių ($40 \times 10^6\ \text{m}^{-3}$) koncentracija patalpoje registruota 1 kopijavimo aparato darbo režimo atveju, kuomet kopijavimo darbai patalpoje nevyko. Didžiausia ozono (85 ppb) ir $0,4\ \mu\text{m}$ aerozolio dalelių ($90 \times 10^6\ \text{m}^{-3}$) koncentracija nustatyta automatinio kopijavimo metu (5 režimas: 90–120 kopijų/min.). Nekopijavimo metu (1 režimas) vidutinė ozono koncentracija $> 98\%$, o $0,4\ \mu\text{m}$ aerozolio dalelių 57 % mažesnė nei šių teršalų vertės automatinio kopijavimo metu (5 režimas). Analizuojant gautus kopijavimo patalpoje tyrimo rezultatus, pastebėta, kad didėjant kopijavimo intensyvumui, ozono ir aerozolio dalelių koncentracija kopijavimo patalpoje taip pat didėja. Remiantis tyrimų duomenimis, nustatyta, kad ozono ir aerozolio dalelių koncentracijų priklausomybės nuo kopijavimo intensyvumo biuro patalpoje kitimą galima aprašyti laipsnine funkcija.

Išvados

1. Kopijavimo aparatai gali būti priskirti prie lokalių oro taršos ozonu ir aerozolio dalelėmis patalpose šaltinių, kurių dinamiką daugiausiai lemia kopijavimo intensyvumas.

2. Kopijavimo metu susidaranti stambių ($0,8\text{--}2,0\ \mu\text{m}$) aerozolio dalelių koncentracija $0,87$ karto mažesnė nei smulkių ($0,4\text{--}0,7\ \mu\text{m}$) dalelių.

3. Dažniausiai (60 %) ozono koncentracija registruota iki 25 ppb. Vainikinio išlydžio metu susidaranti ozono koncentracija 2 % kopijavimo aparato darbo laiko viršijo leistiną šio teršalo koncentracijos lygį (100 ppb) darbo patalpoje.

4. Kopijavimo aparato skleidžiamas triukšmas biuro patalpoje kito dažniausiai kartu su ozono ir aerozolio dalelių koncentracijomis, o triukšmo įtaka ozono koncentracijos pokyčiams kopijavimo patalpoje labiau reikšminga nei aerozolio dalelių. Koreliacijos koeficientas tarp ozono koncentracijos ir garso lygio 0,86, o tarp aerozolio dalelių koncentracijos ir garso lygio 0,42.

5. Automatinio kopijavimo metu (5 režimas) nustatyta ozono koncentracija > 80 kartų, o aerozolio dalelių > 2 kartus didesnė už šių teršalų vertes kopijavimo aparato nedarbo metu (1 režimas).

Literatūra

1. Ayotamuno, M., Okoroji, J., Akor, A. (2013). Ozone emission by commercial photocopy machines I Rivers State University of Science & Technology, Nigeria. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 4(6), 607-616.
2. Butt, A. I., Shaams, S. B., Ghauri, M., Shahzad, K., Jaffery, M. H. (2014). Study of physical, chemical and ergonomic occupational hazards faced by photocopy machine operators. *Life Science Journal*, 11(8), 370-381.
3. Ewers, U., Nowak, D. (2006). Health hazards caused by emissions of laser printers and copiers? *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, 66(5), 203-210.
4. Furukawa, Y., Aizawa, Y., Okada, M., Watanabe, M., Niitsuya, M., Kotani, M. (2002). Negative effect of photocopier toner on alveolar macrophages determined by in vitro magnetometric evaluation. *Industrial Health*, 40(2), 214-221.
5. Hetes, R., Moore, M., Norheim, C. (1995). Office Equipment: Design, Indoor Air Emissions, and Pollution Prevention Opportunities. EPA, 600, SR-95, 045, 1-5.
6. Kiurski, J., Adamovic, S., Oros, I., Krstic, J., Đogo, M. (2011). Detection and quantification of ozone in screen printing facilities. *World Academy of Science. Engineering and Technology*, 5(3), 922-927.
7. Kiurski, J. S., Maric, B. B., Aksentijević, S. M., Oros, I. B., Kecić, V. S., Kovačević, I. M. (2013). Indoor air quality investigation from screen printing industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28(C), 224-231.
8. Kiurski, J. S., Oros, I. B., Kecić, V. S., Kovacevic, I. M., Aksentijević, S. M. (2016). The temporal variation of indoor pollutants in photocopying shop. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30(4), 1289-1300.
9. Lee, C. W., Hsu, D.-J. (2007). Measurements of fine and ultrafine particles formation in photocopy centers in Taiwan. *Atmospheric Environment*, 41(31), 6598-6609.
10. Mannan, M., Al-Ghamdi, S. G. (2021). Indoor Air Quality in Buildings: A Comprehensive Review on the Factors Influencing Air Pollution in Residential and Commercial Structure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 3276.
11. Massey, D. D., Taneja, A. (2011). Emission and formation of fine particles from hardcopy devices: The cause of indoor air pollution. In *Monitoring, Control and Effects of Air Pollution*. TechOpen, 121-134.
12. Moldave, L., Kjærgaard, S., Sigsgaard, T., Lebowitz, M. (2005). Interaction between ozone and airborne particulate matter in office air. *Indoor Air*, 15(6), 383-392.
13. Oberdörster, G., Utell, M. J. (2002). Ultrafine particles in the urban air: To the respiratory tract—And beyond? *Environmental Health Perspectives*, 110(8), A440-A441.
14. Singh, B. P., Kumar, A., Singh, D., Punia, M., Kumar, K., Jain, V. K. (2014). An assessment of ozone levels, UV radiation and their occupational health hazard estimation during photocopying operation. *Journal of Hazardous Materials*, 275, 55-62.
15. Ukhov, A., Mostamandi S., da Silva, A.; Flemming, J., Alshehri, V., Shevchenko, I., Stenchikov, V. (2020). Assessment of natural and anthropogenic aerosol air pollution in the Middle East using MERRA-2, CAMS data assimilation products, and high-resolution WRF-Chem model simulations. *Atmospheric Chemistry Physics*, 20(15), 9281-9310.
16. Valuntaitė, V., Girgždienė, R. (2015). Outdoor and indoor ozone level— A potential impact on human health. *Vojnosanitetski Pregled*, 72(8), 696-701.
17. Vicente, E. D., Ribeiro, J. P., Custódio, D., Alves, C. A. (2017). Assessment of the indoor air quality in copy centres at Aveiro, Portugal. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 10(2), 117-127.

Vaida Vasiliauskienė

Assessment of Ozone and Aerosol Concentrations and Noise Levels during the Copying Process

Summary

When anthropogenic sources of air pollution are present in the premises, the indoor environment may be more polluted than the ambient air. Copying machines, laser printers, electrical appliances emitting ozone and aerosols are major anthropogenic sources of ozone and aerosol emissions indoors. Since people spend a third of their time in work premises where air pollution often exceeds levels that are hazardous to health due to the diversity of anthropogenic sources of pollution, there is an increasing focus on solving the issues of indoor air pollution. The experiment was performed in an office room with a copying machine in operation. During the study, the changes in ozone, aerosol concentrations as well as noise level and microclimatic parameters in the investigated copying room were measured. An O₃ 41 M ozone analyzer was used to determine the ozone concentration in the room, an AZ-5 aerosol particle counter was used to measure the numerical concentration of the aerosol particles, and a DrDAQ data logger was used to measure the noise level, ambient temperature and humidity. Copying intensity was found to be a major factor influencing the changes in concentrations of ozone and aerosol particles in the investigated office room. The average concentration of ozone during automatic copying (90 – 120 copies/min.) was 840 % and the average concentration of aerosol particles was 58 % higher than the levels measured during the slowest operation of the copying machine (1–30 copies/min.). The noise emitted by the copying machine in the office room mostly varied along with ozone and aerosol concentrations. The average equivalent noise level in the copying room has been found to be almost 30 % lower than the maximum permissible noise level in a work environment.

Copying machine, ozone, aerosol particles, noise level, copying intensity.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Vaida VASILIAUSKIENĖ, Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija, Gynybos ir technologijos vadybos mokslų grupė, docentas. Adresas: Šilo g. 5A, LT-10322, Vilnius. Tel. (8 52) 12 63 13, el. paštas: vaida.vasiliauskiene@lka.lt

Vaida VASILIAUSKIENĖ, General Jonas Žemaitis Military Academy of Lithuania, Research Group on Logistics and Defense Technology Management, assoc. prof. Address: Silo St. 5A, LT-10322 Vilnius, Tel. (8 52) 12 63 13, e-mail: vaida.vasiliauskiene@lka.lt

Jonizuojančiosios spinduliuotės pokyčių patalpose vertinimas

Milda Pečiulienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija

Statybinėse medžiagose esantys gamtinės kilmės radionuklidai yra išorinės ir vidinės apšvitos šaltiniai. Atlikus spektrometrinius medžiagų ir dozimetrinius patalpų matavimus, įvertintas gamtinės kilmės radionuklidų, esančių statybinėse medžiagose, indėlis sukeliamai papildomai apšvitai. Naudojant didelės skiriamosios gebos gama spektroskopiją, išmatuotas gamtinių radionuklidų ^{232}Th , ^{226}Ra ir ^{40}K savitasis aktyvumas pagrindinėse statybinių konstrukcijų medžiagose. Didžiausios vertės nustatytos betono ir gelžbetonio bandiniuose. Dozimetriniais tyrimais įvertintas atskirų gama spindulių (^{232}Th , ^{226}Ra ir ^{40}K) indėlis išorinei lygiavertei dozės galiai.

Statybinės medžiagos, radionuklidai, savitasis aktyvumas, lygiavertė dozės galia

Įvadas

Su gamtinės kilmės radionuklidų sukeliamą spinduliuotę susiduriame nuolat įvairiose veiklos sferose. Gamtinę jonizuojančiąją spinduliuotę sudaro kosminė, gamtinių radionuklidų, esančių vandenyje, grunte, maiste, statybinėse medžiagose ir pan., spinduliuotė bei radioaktyviosios radono dujos, patenkančios į pastatų vidų iš žemės gelmių. Radionuklidų jonizuojančioji spinduliuotė gali būti ir naudinga ir žalinga (Baraya et al., 2018).

Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) ir Tarptautinės Radiologinės saugos komisijos (ICRP) atliktos apklausos rodo, kad gyventojai vidutiniškai tik apie 20 % savo laiko praleidžia lauke ir net 80 % patalpose (namuose, biuruose, mokyklose ir kituose pastatuose) (Chad-Umoren et al., 2007). Šių organizacijų atliekamų statistinių tyrimų reikšmė akivaizdi – papildomos apšvitos tikimybė yra ženkliai didesnė patalpose nei lauke. Statybinėse medžiagose esantys radionuklidai yra pagrindiniai papildomos žmonių apšvitos šaltiniai (Jasaitis ir kt., 2016).

Radiacinės saugos požiūriu, pagrindinį indėlį sukeliamai papildomai vidinei ir išorinei apšvitai, turi statybinėse medžiagose esantys gamtinės kilmės radionuklidai – ^{40}K , ^{226}Ra ir ^{232}Th . ^{226}Ra ir ^{232}Th spinduliuotė taip pat gali padidinti radono izotopų ^{222}Rn ir ^{220}Rn bei jo skilimo produktų koncentraciją patalpose (Kovler, 2017). Tyrimais nustatyta, kad žmonės savo reikmėms dažnai naudoja statybines medžiagas, turinčias nemažus gamtinės kilmės radionuklidų kiekius (Trevisi et al., 2012). Bendrą ^{40}K , ^{226}Ra ir ^{232}Th jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį atspindi aktyvumo koncentracijos rodiklis I (European, 1999). Aktyvumo rodiklis leidžia lyginti ir teisingai pasirinkti statybines medžiagas, radiacinės saugos požiūriu, nes atskirų radionuklidų savitieji aktyvumai jose gali ženkliai skirtis (Righi et al., 2006), (Trevisi et al., 2012), (Stoulos et al., 2003).

Vienas iš svarbiausių parametrų, atspindinčių jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį žmogui, yra lygiavertės dozės galia (LDG, $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$). LDG pažemio ore lemia radionuklidų, esančių ore, žemės paviršiuje, statybinėse medžiagose, ir kosminė spinduliuotė. Vidutinis radiacinis fonas Lietuvoje svyruoja nuo 50 iki 120 $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ (Valstybinė, 2022).

Pagal šiuo metu galiojančius standartus, gamtinės išorinės gama spinduliuotės LDG neturi viršyti tam tikrų atskaitos lygių: 350 $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ gyvenamosiose patalpose ir 450 $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ darbo vietose. Šis reikalavimas netaikomas darbo vietoms patalpose, kuriose vykdoma veikla su

medžiagomis, turinčiomis gamtinės kilmės radionuklidų (Lietuvos higienos, 2018).

Tyrimo tikslas – įvertinti gamtinės kilmės radionuklidų sukeliamą papildomą apšvitą patalpose atliekant dozimetrinius ir spektrometrinius tyrimus. Išmatuoti gamtinės kilmės radionuklidų ^{232}Th , ^{226}Ra ir ^{40}K savituosius aktyvumus dažniausiai pastatų konstrukcijose naudojamose statybinėse medžiagose, įvertinti šių medžiagų tinkamumą radiacinės saugos požiūriu ir įvertinti jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį žmogui išmatuojant lygiavertę dozės galią (LDG) skirtingose patalpose.

Tyrimų metodika

Radiologiniam tyrimui pasirinktos skirtingo dydžio ir geometrijos patalpos – gyvenamieji kambariai (blokinuose, plytiniuose ir mediniuose pastatuose) bei rūšiai. Atliekant išsamius patalpų radiologinius tyrimus, spektrometriškai identifikuoti statybinėse medžiagose esantys pagrindiniai radionuklidai ^{40}K , ^{226}Ra ir ^{232}Th bei išmatuoti jų savitieji aktyvumai ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Medžiagų spektrometriniai tyrimai atlikti naudojant gama spektrometrinę sistemą (Cannberra Industries, JAV) su puslaidininkiniu grynojo germanio (HpGe) jutikliu (modelis GC2520, efektyvumas 26,2 %, skiriamoji geba 1,76 keV/1,33 MeV). Bandiniai matuoti po 90,000 s.

Gamtinės kilmės radionuklidų savitieji aktyvumai bandinyje apskaičiuoti naudojantis formule:

$$A=S/(\varepsilon_E\cdot\eta_\gamma\cdot m\cdot t), \quad (1)$$

čia S – spektro smailės plotas, atėmus foną, imp; ε_E – gama spektrometro efektyvumas; η_γ – radionuklido atitinkamos energijos skilimo kvantinė išeiga; m – bandinio masė, kg; t – matavimo laikas, s.

Siekiant įvertinti statybinių medžiagų tinkamumą radiacinės saugos požiūriu, nustatytas medžiagų aktyvumo koncentracijos rodiklis I (Righi et al., 2006), (Lietuvos higienos, 2018):

$$I=(A_{Ra}/300+A_{Th}/200+A_K/3000), \quad (2)$$

čia I – aktyvumo koncentracijos rodiklis; A_{Ra} , A_{Th} , A_K – ^{226}Ra , ^{232}Th ir ^{40}K savitieji aktyvumai, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Darbe atliktas spinduliuotės pokyčio vertinimas dozimetriškai matuojant LDG. Dozimetriniai patalpų tyrimai atlikti mobiliu jonizuojančiosios spinduliuotės

matavimo ir registravimo įrenginiu InSpector 1000 su Na I detektoriumi IPROS-3: stabilizuotas 3" x 3"; 32 000 cps/mmrem/h $\pm 3.5\%$ (pav. 1).



1 pav. Mobilus jonizuojančiosios spinduliuotės matavimo bei registravimo įrenginys InSpector 1000

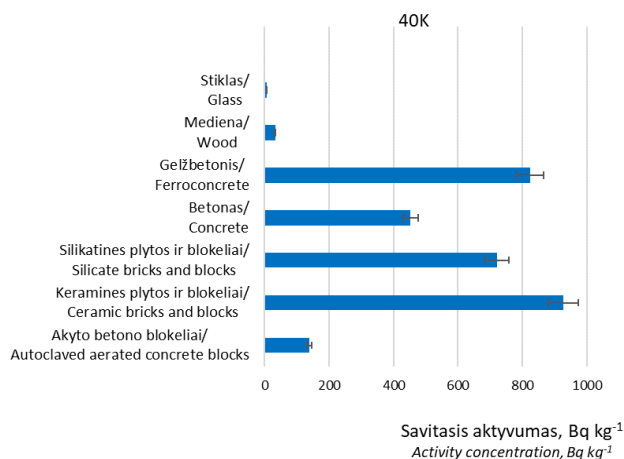
Fig 1. InSpector 1000 mobile device for measuring and recording ionizing radiation

Tyrimai atlikti vykdant nenutrūkstamą matavimų seką pagal sudarytą matavimo vietų tinklą kas 1 m. Dozimetro parodymai atnaujinti kas 3 s. Tame pačiame matavimo taške LDG ($nSv \cdot h^{-1}$) išmatuota po tris kartus iš eilės 1 m aukštyje nuo paviršiaus ir nemažesniu nei 1 m atstumu nuo sienos. Nustatyta kiekvienos bandymų serijos LDG pažemio ore vidutinė vertė.

Rezultatai ir aptarimas

Radiologiškai buvo tirtos Lietuvoje pagamintos ir į Lietuvą įvežamos dažniausiai naudojamos statybinės medžiagos: silikatinės ir keraminės plytos, silikatiniai bei keraminiai blokėliai, aktyto betono blokėliai, betonas, gelžbetonis, stiklas ir mediena. Minėtose statybinėse medžiagose, naudojant gama spektrometriją, buvo identifikuoti pagrindiniai gamtinės kilmės radionuklidai ^{40}K , ^{226}Ra ir ^{232}Th . Gamtinės kilmės radionuklidų savitieji aktyvumai įvairiose statybinėse medžiagose yra labai skirtingi ir atskirais atvejais gali skirtis iki kelių kartų. Dirbtinės kilmės radionuklidų savitieji aktyvumai statybinėse medžiagose, lyginant su gamtinės, yra nedideli, todėl jų lemiamą apšvitą nėra reikšminga ir į ją dėmesio nebuvo kreipta.

Radionuklidų savitųjų aktyvumų statybinėse medžiagose rezultatai pateikti 2 ir 3 paveiksluose. Analizuojant ^{40}K , ^{226}Ra ir ^{232}Th savitųjų aktyvumų tyrimų rezultatus, pastebėta, kad didžiausi šių radionuklidų savitieji aktyvumai yra keraminėse plytose ir blokeliuose bei gelžbetonyje. Akivaizdu, kad ^{40}K spinduliuotė statybinių medžiagų bandiniuose sudaro didžiąją dalį bendro tirtų gamtinės kilmės radionuklidų kiekio. Šio radionuklido savitieji aktyvumai varijuoja plačiame diapazone (2 pav.) – vidutinės vertės kito nuo $6,3 \pm 0,1$ iki $927,2 \pm 35$ Bq kg^{-1} (atitinkamai stiklo ir keraminėse statybinėse medžiagose). ^{40}K spinduliuotė turi didžiausią įtaką formuojamai išorinei apšvitai.

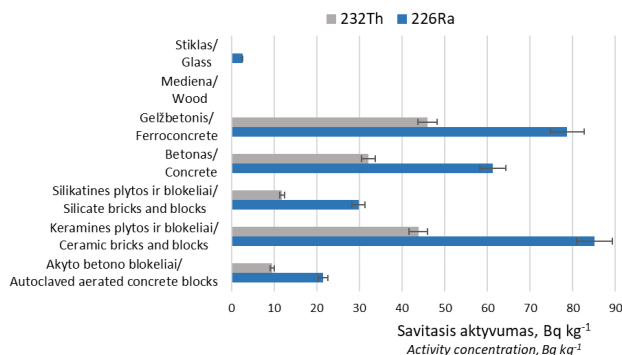


2 pav. ^{40}K savitasis aktyvumas (Bq kg^{-1}), dažniausiai Lietuvoje naudojamose statybinėse medžiagose

Fig 2. Activity concentration (Bq kg^{-1}) of ^{40}K in the most commonly used buildings materials in Lithuania

Gamtinės kilmės radionuklido ^{226}Ra savitojo aktyvumo vertės statybinėse medžiagose kito gana plačiame verčių intervale nuo $0,05 \pm 0,01$ Bq kg^{-1} medienoje ir jos gaminiuose iki $85,1 \pm 4,0$ Bq kg^{-1} keraminėse plytose ir blokeliuose (3 pav.).

Iš visų trijų identifikuotų radionuklidų, ^{232}Th savitasis aktyvumas tirtose statybinėse medžiagose yra mažiausias (3 pav.). Jo vertės kito nuo $0,01 \pm 0,01$ Bq kg^{-1} medienoje iki $46 \pm 2,1$ Bq kg^{-1} gelžbetonyje.



3 pav. ^{226}Ra ir ^{232}Th savitieji aktyvumai (Bq kg^{-1}), dažniausiai Lietuvoje naudojamose statybinėse medžiagose

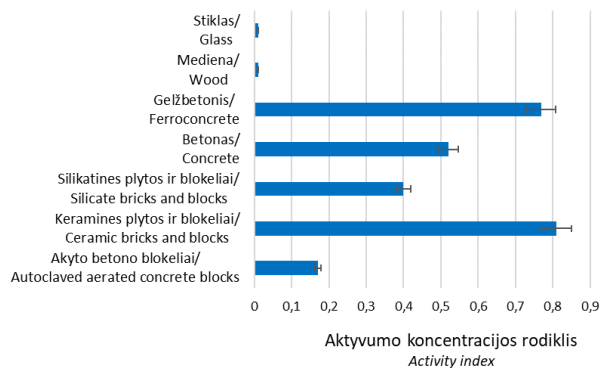
Fig 3. Activity concentration (Bq kg^{-1}) of ^{226}Ra and ^{232}Th in the most commonly used buildings materials in Lithuania

Pastebėta, kad ^{226}Ra ir ^{232}Th bei jų skilimo produktų savitieji aktyvumai medienoje yra mažesni lyginant su kitomis statybinėmis medžiagomis. Palyginti dideli radionuklidų savitieji aktyvumai yra medžiagose, kurių sudėtyje yra keramikos, šlako, molio, keramzito ar granito. Tokių medžiagų didesni radionuklidų aktyvumai paaiškinami savitais medžiagų sudėties ypatumais ir skirtingais jų gavimo būdais.

Radiacinės saugos požiūriu tinkamų naudojimui statybinių medžiagų pasirinkimą apibrėžia aktyvumo koncentracijos rodiklis I . Pagal šiuo metu galiojančias higienos normas jis neturi viršyti atitinkamų verčių, priklausančių nuo to, kur ir kaip statybinė medžiaga bus naudojama (Lietuvos higienos, 2018). Be apribojimų ir bet kokiais

kiekiais, galima naudoti statybines medžiagas, jeigu aktyvumo koncentracijos rodiklis neviršija 1 (Lietuvos higienos, 2018).

Iš 4 pav. pateiktų duomenų matyti, kad tirtų statybinių medžiagų aktyvumo rodikliai kito nuo 0,01 medienoje ir stikle iki 0,81 keraminėse plytose ir blokeliuose.



4 pav. Medžiagų koncentracijos rodiklis dažniausiai Lietuvoje naudojamose statybinėse medžiagose

Fig 4. Activity index in the most commonly used buildings materials in Lithuania

Vadovaujantis HN 73:2018 pateiktomis rekomendacijomis, matyti, kad tirtas statybines medžiagas galima naudoti be apribojimų.

Jeigu aktyvumo rodiklis viršytų 1, reikėtų įvertinti apšvitos dozę, kurią lemia tokios statybinės medžiagos naudojimas. Taip pat būtų rekomenduojama ieškoti alternatyvių medžiagų ir statybai naudoti tik turinčias mažesnius radionuklidų kiekius.

Žinoma, kad jonizuojančioji spinduliuotė patalpose labai priklauso nuo naudotų statybinių medžiagų rūšies. Atlikti dozimetriniai matavimai namuose, pastatytuose iš skirtingų statybinių medžiagų. Tyrimams pasirinkti gyvenamieji kambariai (blokinuose, plytiniuose ir mediniuose pastatuose) bei rūšiai. Dozimetriniais tyrimais nustatyta lygiavertės dozės galia (LDG), sukurta radionuklidų, esančių statybinėse medžiagose, jonizuojančiosios spinduliuotės. 1 lentelėje pateikti lygiavertės dozės galios matavimų statistiniai duomenys.

Blokinuose namuose vidutinė LDG vertė siekia $146 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$, silikatininių plytų – $121 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$, o mediniuose – $76 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$. Nustatyta, kad gama spinduliuotės dozė mediniuose namuose yra 1,6 karto mažesnė nei silikatininių plytų namuose ir apie 1,9 karto mažesnė nei blokinuose, vadinasi, ir žmogaus gaunamos dozės vidutiniškai tiek pat kartų būtų mažesnės. Akivaizdu, kad tokius nesutapimus lemia nevienoda naudotų statybinių medžiagų radioizotopinė sudėtis.

Reikia paminėti, kad į rūsius iš grunto patenka radonas, jo yra visur, tik skiriasi kiekiai.

1 lentelė. Lygiavertės dozės galia patalpose

Table 1. Equivalent dose rate indoors

Patalpa Room	Lygiavertės dozės galia, $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ Equivalent dose rate, $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$			
	Minimali reikšmė Minimum value	Maksimali reikšmė Maximum value	Vidutinė vertė Average value	Standartinis nuokrypis Standard deviation
Blokinis namas Block house	57	225	146	± 26
Plytinis namas (silikatininių plytų) Brick house (silicate bricks)	36	186	121	± 18
Medinis namas Wooden house	25	127	76	± 5
Rūsys Basement	49	267	138	± 34

Tokios dujos išsisklaido atmosferoje ir jų kiekis ore dažniausiai yra labai mažas, o uždaroje erdvėje, radonas gali kauptis ir pasiekti didelių aktyvumų, tokiu būdu padidindamas jonizuojančiosios spinduliuotės intensyvumą ir sukeldamas neigiamą poveikį žmogaus sveikatai. Todėl dėl radono, kaip papildomo apšvitos šaltinio, grėsmės labai svarbu statant pastatus atlikti radiologinius grunto tyrimus, tinkamai parengti pastatų projektus užtikrinant pamatų hermetiškumą bei gerą ventiliaciją.

Pastebėta, kad pastato aukštas lygiavertės dozės galios kaitai didelės įtakos nedaro (išskyrus požemines patalpas). Didžiausią įtaką LDG kaitai turi radioaktyviųjų medžiagų kiekiai statybinėse medžiagose. Nustatyta, kad toje pačioje patalpoje LDG vertės pasiskirsčiusios chaotiškai, jos priklauso nuo to, kurioje kambario vietoje atliekami matavimai. Prie durų, lango ar ventiliacijos angų LDG reikšmės išmatuojamos mažesnės, tuo tarpu neventiliuojamoje kambario dalyje jos 5–17 % didesnės.

Matavimai parodė, kad jonizuojančiosios spinduliuotės intensyvumas ir galima papildoma apšvita patalpose apie du kartus viršija jos intensyvumą lauke. Apšvitos pastato viduje ir lauke santykis varijuoja nuo 1,2 iki 2 kartų. Šis dydis labai priklauso nuo naudojamų statybinių medžiagų rūšies, ventiliacijos intensyvumo ir pastato sienų storio. Reikia nepamiršti, kad statybinės medžiagos yra ne tik jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinis, bet ir ekranas, saugantis žmogų nuo išorinio kosminės spinduliuotės poveikio, kuri sudaro ženkliai visos gamtinės spinduliuotės dalį (apie 13 % visos gamtinės spinduliuotės) (Valstybinė, 2022; UNSCEAR, 2000).

Išvados

1. Išmatuotas pagrindinių gamtinės kilmės gama spindulių – ^{40}K , ^{226}Ra ir ^{232}Th savitasis aktyvumas skirtingose pastatų statybai naudojamose statybinėse medžiagose. Didžiausios ^{40}K vertės nustatytos keraminėse plytose ir

blokeliuose (apie $927,2 \pm 35$ Bq kg⁻¹), mažiausios – stiklo (apie $6,3 \pm 0,1$). ²²⁶Ra savitojo aktyvumo didžiausios vertės išmatuotos keraminėse plytose ir blokeliuose ($85,1 \pm 4,0$ Bq kg⁻¹), o ²³²Th – gelžbetonyje ($46 \pm 2,1$ Bq kg⁻¹). Mažiausi šių radionuklidų kiekiai išmatuoti medienoje ir jos gaminiuose.

2. Atlikus statybinių medžiagų spektrometrinius tyrimus, apskaičiuotas aktyvumo koncentracijos rodiklis. Jo vertės kito nuo 0,01 iki 0,81. Jos neviršijo Lietuvos higienos normose reglamentuojamų dydžių. Rekomenduojama rinktis statybinės medžiagas, kurių aktyvumo koncentracijos rodiklis būtų kiek įmanoma mažesnis.

3. Įvertintas atskirų gama spindulių ²²⁶Ra, ²³²Th ir ⁴⁰K indėlis jų sukeliama išorinei lygiavertės dozės galiai. LDG kito nuo 25 iki 267 nSv·h⁻¹ priklausomai nuo patalpos rūšies. Didžiausios vertės išmatuotos rūsiuose, o mažiausios – medinių pastatų ir gerai ventiliuojamose patalpose.

4. Pastebėta, kad jonizuojančiosios spinduliuotės intensyvumas patalpose gali net iki kelių kartų viršyti jos intensyvumą lauke (dažniausiai 1,2–2 kartus). Tai rodo, kad gali padidėti ir galima papildoma apšvita.

5. Nustatyta, kad jonizuojančiosios spinduliuotės sukeltos LDG reikšmių įvairovė labiausiai priklauso nuo radionuklidų kiekio, esančio statybinėse medžiagose. Todėl norint išvengti papildomos apšvitos, labai svarbu atkreipti dėmesį į tinkamą medžiagų parinkimą.

Literatūra

1. Baraya, JT; Sani, MH; Alhassan, M. (2018). Assessment of Indoor and Outdoor Background Radiation Levels at School of Technology, Kano State Polytechnic, Kano State-Nigeria. J. Appl. Sci. Environ. Manage., 23 (3), 569-574.
2. Chad-Umoren, YE; Adekanmbi, M; Harry, SO. (2007). Evaluation of Indoor Background Ionizing Radiation Profile of a Physics Laboratory. Facta. Univ. Series: Work. Liv. Environ. Protec., 3(1), 1–7.
3. European Commission. (1999). Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials. Radiation protection 112. Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection Geneva: EC.
4. Jasaitis, D., Chadyšienė, R., Pečiulienė, M., Vasiliausienė, V. (2016). Research on change of natural ionizing radiation in car parking places. Romanian journal of physics, 61 (9–10), 1657–1676.
5. Kovler, K. (2017). The national survey of natural radioactivity in concrete produced in Israel. Journal of Environmental Radioactivity, 168, 46-53.
6. Lietuvos higienos normos (2018). „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ HN 73:2018. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.159355/asr>.
7. Righi, S.; Bruzzi, L. (2006). Natural radioactivity and radon exhalation in building materials used in Italian dwellings. J. Environ. Radioact., 88, 158-170.
8. Stoulos, S.; Manolopoulou, M.; Papastefanou, C. (2003). Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation from building materials in Greece. J. Environ. Radioact., 69, 225-240.
9. Trevisi, R., Risica, S., D'alessandro, M., Paradiso, D., Nuccetelli, C. (2012). Natural radioactivity in building materials in the European Union: a database and an estimate of radiological significance. J. Environ. Radioact., 105, 11-20.
10. UNSCEAR. (2000). Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 report to the General Assembly, 1, 654 p.
11. Valstybinė atominės energetikos saugos inspekcija (VATESI). (2022). Prieiga per internetą: <http://www.vatesi.lt/index.php?id=2>.

Milda Pečiulienė

Assessment of Changes of Ionizing Radiation Indoors

Summary

Radionuclides in building materials are sources of external and internal exposure. The contribution of naturally occurring radionuclides in building materials to the additional exposure was assessed by spectrometric measurements of materials and dosimetric measurements of premises. The activity concentration of natural radionuclides ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K in constructions materials, were analyzed using high resolution gamma spectroscopy. The highest values were found in concrete and ferroconcrete samples. The contribution to the external equivalent dose rate of separate gamma emitters (²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K) was estimated dosimetrically.

Building materials, radionuclides, activity concentration, equivalent dose rate

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Milda PEČIULIENĖ. Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Statybos fakulteto, Statybos inžinerijos katedros, technologijos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Antakalnio g. 54, LT–10303 Vilnius. Tel. (+370)61475709, el. paštas: m.peciulienė@vtdko.lt

Milda PEČIULIENĖ. Vilnius College of Technologies and Design, Civil Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, doctor of technology sciences, assoc. prof. Address: Antakalnio g. 54, LT–10303 Vilnius. Phone: (+370)61475709, e-mail: m.peciulienė@vtdko.lt

Ozono dinamikos prie intensyvaus eismo gatvės Vilniuje tyrimas

Vaida Vasiliauskienė^{1,2}, Milda Pečiulienė¹, Dainius Jasaitis¹

¹Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ²Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija

Transporto priemonių poveikio aplinkai aspektai glaudžiai susiję su spartaus transporto priemonių skaičiaus didėjimu, transporto nepertraukiamais srautais, įgaunančiais linijinių taršos šaltinių pobūdį. Lietuvoje mobiliems taršos šaltiniams tenka 75 % visų į aplinkos orą išmetamų teršalų. Nors transportas nėra tiesioginis ozono emisijos šaltinis, tačiau priskiriamas prie jo pirmtakų (azoto oksidų, anglies oksidų, angliavandenilių) šaltinių. Tyrimas atliktas Vilniuje prie intensyvaus eismo gatvės, registruojant ozono koncentracijos ir meteorologinių parametrų (temperatūros, drėgnio, slėgio, vėjo greičio ir krypties, kritulių kiekio) dinamiką žiemos sezono metu. Ozono koncentracijos nustatymui naudotas ML9811 ozono analizatorius, o meteorologinių parametrų registravimui – mobili meteorologinė stotelė. Tyrimo metu buvo stebima aiškiai išreikšta ozono koncentracijos kaita paros bėgyje, kurią lėmė eismo intensyvumas ir transporto priemonių tarša. Vidutinės ozono koncentracijos skirtingomis dienomis skyrėsi iki 72 %, o naktimis iki 76 %. Įvertinti pagrindiniai meteorologiniai veiksniai (temperatūra, santykinis oro drėgnis ir vėjo greitis), darantys įtaką ozono koncentracijos pasiskirstymui prie tiriamosios eismo gatvės.

Ozonas, meteorologiniai parametrai, transporto tarša, eismo intensyvumas

Įvadas

Aukštesniuose atmosferos sluoksniuose esantis ozonas saugo žemę nuo kenksmingo saulės ultravioletinės spinduliuotės (280-320 nm diapazone) poveikio (Birks et al., 2018), tačiau arti žemės esančiame oro sluoksnyje esantis ozonas laikomas teršalu, nes didesnė jo koncentracija kenkia žmonių sveikatai ir aplinkai. Pažemio ozonas nėra tiesiogiai išmetamas į atmosferą, o yra antrinis teršalas, kuris susidaro dėl sudėtingų fotocheminių reakcijų, kai atmosferoje esantys azoto oksidai ir angliavandeniliai, kurių pagrindiniai šaltiniai yra transporto priemonių vidaus degimo varikliai bei pramonės įmonės (Lin et al., 2017; Gong et al., 2018; Boleti et al., 2020), veikiami saulės spindulių reaguoja tarpusavyje ir sudaro pažemio ozoną (arba fotocheminį smogą) (Lama et al., 2005).

Automobilių transportas priskiriamas prie lokalių oro taršos ozonu miestų ore šaltinių. Lietuvos keliais važiuoja daugiau kaip 70 % dyzeliniai automobiliai, kurių vidutinis amžius 15 metų. Dyzelinis transportas išmeta daugiau azoto oksidų ir lakiųjų organinių junginių nei benzininės transporto priemonės, todėl jis yra laikomas reikšmingu ozono pirmtakų šaltiniu.

Troposferos ozono koncentracija kinta dienos ir metų bėgyje ir priklauso nuo geografinės platumos, vietovės ypatumų, vyraujančių meteorologinių sąlygų, o taip pat nuo atstumo iki taršos šaltinio ir sklaidos laiko (Elminir, 2005). Meteorologiniai veiksniai (dispersija, pernaša, praskiedimas) vaidina svarbų vaidmenį ozono susidarymui (Cheng et al., 2015). Paprastai didesnės ozono koncentracijos atmosferos pažemio sluoksnyje stebimos karštomis, saulėtomis dienomis, palankiomis fotocheminei ozono gamybai, esant ozono pirmtakų. Be to, aukštesnė aplinkos temperatūra lemia konvekciją, kuri savo ruožtu gali sustiprinti vertikalų ozono pernešimą iš aukštesnių atmosferos sluoksnių į pažemio sluoksnį (Carvalho et al., 2010; Belan et al., 2018; Lu et al., 2019). Ir atvirkščiai, drėgnas, lietingas oras su dideliu santykinio oro drėgniu, paprastai siejamas su maža ozono koncentracija, kurią nulemia ne tokia intensyvi fotocheminė ozono gamyba (Tarasova et al., 2003).

Pažemio sluoksniuose esantis ozonas laikomas nekenksmingu, jei jo koncentracija neviršija 30 ppb (Bakas et al., 1995). Ilgalaikiai tyrimai Lietuvoje rodo, kad apie 9 % laiko ozono koncentracija atmosferos ore viršija 50 ppb

(Girgždienė et al., 2003). Žinoma, kad ozono poveikiui labiausiai jautrūs yra vaikai ir vyresnio amžiaus žmonės. Ozonas gali sukelti sausą kosulį, skausmą giliai įkvėpiant, kvėpavimo nepakankamumą ar pykinimą.

Darbo tikslas – įvertinti automobilių eismo intensyvumo ir meteorologinių parametrų įtaką ozono koncentracijos pokyčiams prie intensyvaus eismo gatvės.

Tyrimų metodika

Eksperimentas atliktas Vilniuje, vienoje intensyviausių gatvių, kurioje stebimas apie 50 tūkst. transporto priemonių per parą eismas (1 pav.). Tai viena didžiausių gatvių Vilniuje, šalia jos gyvena apie 30 tūkst. gyventojų. Šalia tiriamosios vietos yra trys prekybos centrai, ties kuriais nuo 8 iki 22 val. stebimas intensyvus automobilių judėjimas. Buvo registruota ozono koncentracijos bei meteorologinių parametrų dinamika prie gatvės. Eksperimentas, atliktas žiemos sezono metu. Detalesnei duomenų analizei pasirinktas antras žiemos mėnuo – sausis, pateikiant vienos charakteringos šiam mėnesiui savaitės tyrimų duomenis.



1 pav. Eksperimento vieta

Fig. 1. Location of the experiment

Ozono koncentracijos įvertinimui naudotas ML9811 ozono analizatorius, veikiantis UV spinduliuotės sugerties principu. Prietaisas gali matuoti ozono koncentracijas 0-1000 ppb intervale, jo jautris 1 ppb. Ozono koncentracijos duomenų rinkimui ir analizei naudota PicoLog programinė įranga. Analoginio signalo konvertavimui į skaitmeninį naudotas ADc-16 duomenų kaupiklis, kurio tikslumas 0,2 %.

Tyrimo metu mobilia meteorologine stotele nenutrūkstamai matuota aplinkos temperatūra, santykinis oro drėgnis, vėjo greitis ir kryptis bei kritulių kiekis.

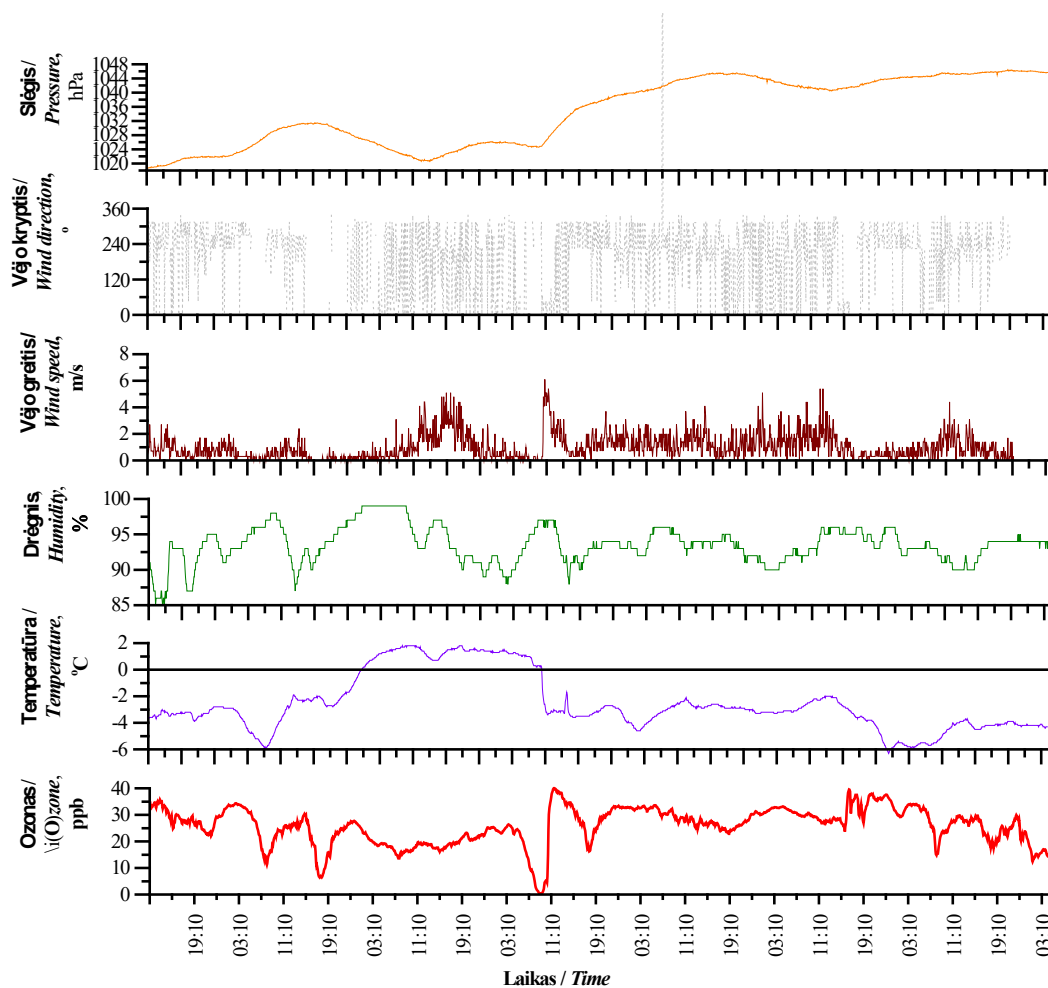
Meteorologinės stotelės jutikliai, sumontuoti toje pačioje vietoje, kur tefloniniu vamzdeliu buvo siurbiamas oras ozono koncentracijos nustatymui. Ši stotelė dirba plačiuose temperatūros (nuo -40 iki +65 °C), santykinio oro drėgnio (nuo 10 iki 100 %), slėgio (nuo 999 iki 1080 hPa, vėjo greičio (nuo 0 iki 44 m/s) ir kritulių kiekio (nuo 0 iki 9999 mm) intervaluose.

Ozono koncentracija bei meteorologiniai parametrai matuoti nenutrūkstamai, kompiuterio duomenų bazėje fiksuojant 5 minučių vidutines tirtų parametrų vertes.

Tikslesnei duomenų analizei atlikti, vėjo kryptis buvo suskirstyta į 8 dalis po 45 laipsnius.

Rezultatai ir aptarimas

Lietuvos klimatui būdingos vidutiniškai šaltos ir permainingos žiemos. Dažni Atlanto ciklonai, kurie neretai atneša atodėrį, vyrauja sniegas, šlapdriba ir lietus. Kartais nusistovi anticiklonas – įsivyroja šaltesni orai su neigiamą temperatūra, daugiau pragiedrulių ir mažesniu kritulių kiekiu. Darbe pateikti permainingos orų savaitės (sausą periodą kečiantis drėgnas, lydimas lietaus, šlapdribos, sniego laikotarpis, o teigiamą temperatūrą keičianti neigiamą) ozono koncentracijos ir meteorologinių parametrų tyrimo duomenys (2 pav.).



2 pav. Ozono koncentracijos ir meteorologinių parametrų dinamika prie tirtos gatvės

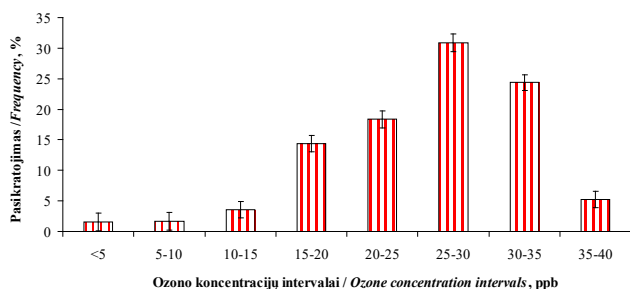
Fig. 2. The dynamics of ozone concentration and meteorological parameters near the researched street

Temperatūra eksperimento metu kito nuo -6 iki +2 °C. Pirmas keturias eksperimento dienas stebimas platus santykinio oro drėgnio (nuo 85 iki 100 %) intervalas, o nuo penktos eksperimento dienos santykinio oro drėgnio kitimo amplitudė nedidelė (nuo 90 iki 96 %). Eksperimento metu registruotas iki 3,6 mm kritulių kiekis. Trečiąją eksperimento dieną fiksuoti krituliai, šią dieną buvo stebima šlapdriba. Slėgis šiuo laikotarpiu kito nuo 1019 iki 1047 hPa. Kiekvieną tyrimo dieną buvo stebimas slėgio didėjimas, išskyrus laikotarpį, kuomet buvo registruojami krituliai – tuomet stebimas slėgio kritimas. Vėjo greitis ir kryptis eksperimento metu buvo nepastovūs. Nustatytas ilgas štiliaus ir silpno vėjo (<1 m/s) laikotarpis (58 % eksperimento laiko). Laikotarpis, kuomet pūtė stipresnis nei

3 m/s vėjas, nesiekia 5 %. Didžiausias vėjo greitis registruotas dienos metu ir siekė 6 m/s. Dažniausiai (45 % laiko) pūtė pietvakarių, krypties vėjas (nuo gatvės pusės), o vėjas iš rytų pusės pūtė rečiausiai (3 % laiko). Viso eksperimento metu vidutinės meteorologinės sąlygos buvo artimos paskutiniųjų 5 metų sausio mėnesio daugiamečių vertėms.

Ozono koncentracija dienos metu kito (0,4-40 ppb), o nakties metu – (14-38 ppb) intervale. Skirtingomis eksperimento dienomis, keičiantis meteorologinėms sąlygoms, dienos didžiausia ozono koncentracija skiriasi 1,5 karto. Kadangi eksperimento metu vyravo permainingi orai, tai formavosi palankios sąlygos ozono išsisklaidymui.

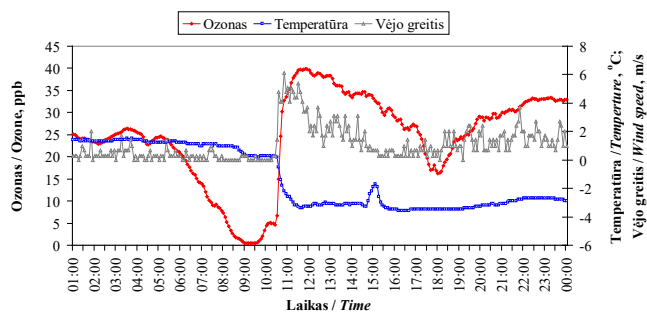
Ozono koncentracijos dažninis pasikartojimas pateiktas 3 paveiksle.



3 pav. Ozono koncentracijų pasikartojimas laike
Fig. 3. The frequency distribution of ozone concentrations

Gauti duomenys rodo, kad ozono koncentracija iki 15 ppb registruota 5 % stebėjimo laiko. Dažniausiai (30 %) ozono koncentracija matuota nuo 25 iki 30 ppb. Didesnė kaip 25 ppb ozono koncentracija buvo fiksuojama du trečdalius eksperimento laiko.

Ozono koncentracijos, temperatūros ir vėjo greičio vienos paros bėgyje dinamika pateikta 4 paveiksle. Ozono koncentracija šią eksperimento dieną kito nuo <1 iki 40 ppb, tai didžiausia ozono koncentracija išsiskirianti eksperimento dieną. Ozono koncentracijos sumažėjimas stebimas 9 ir 18 val. Šią eksperimento dieną teigiamą temperatūrą (1,5 °C) nuo 11 val. keitė neigiamą (-3,6 °C), registruota didelė santykinio oro drėgnio reikšmė – 92 %. Štaliaus laikotarpį keitė 6 m/s vėjas. Ozono koncentracijos dinamika daugeliu atvejų sutampa su vėjo greičio kaita šios paros bėgyje.



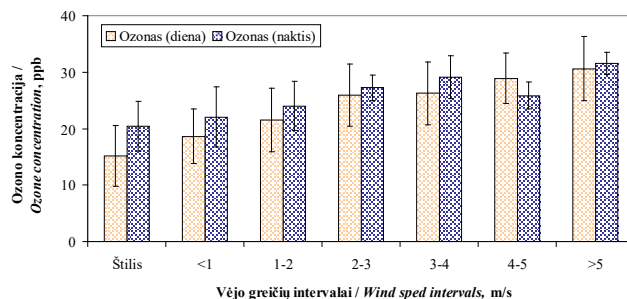
4 pav. Ozono koncentracijos, temperatūros, vėjo greičio kitimas vienos eksperimento dienos bėgyje

Fig. 4. Variation of ozone concentration, temperature, wind speed during one experiment day

Dienos metu ozono koncentracija padidėja dėl oro turbulencijos ir ozonu praturtinto oro pritekėjimo iš aukštesnių sluoksnių į pažemio sluoksnį bei fotocheminio susidarymo. Be to, automobilių eismo intensyvumas ir išmetami teršalai (ozono pirmtakai) turi įtakos ozono koncentracijos lygiui dienos metu. Daugeliu atvejų ozono pirmtakų gausa lemia ozono koncentracijos padidėjimą atmosferos pažemio sluoksnyje. Prie intensyvaus eismo gatvės Vilniuje gauti tyrimo duomenys rodo, kad kai kuriomis dienomis transporto išmetami teršalai, tirtomis meteorologinėmis sąlygomis, prisideda prie ozono suardymo dienos metu. Nakties metu fotocheminis ozono susidarymas nevyksta, o vertikalus ozono pritekėjimas iš aukštesnių atmosferos sluoksnių nestebimas, todėl

mažiausia ozono koncentracija stebima prieš saulės patekėjimą. Tyrimo laikotarpiu saulė patekėdavo po 8 val. Kadangi tirtose vietose dienos metu dėl didelės transporto taršos ozonas suardomas, todėl skirtingomis dienomis nakties metu stebėtos didesnės ozono koncentracijos nei dienos metu, kurios artimos foninėms ozono koncentracijos vertėms.

Atlikta ozono koncentracijos ir vėjo greičio tarpusavio ryšio paieška (5 pav.).



5 pav. Ozono koncentracijos priklausomybė nuo vėjo greičio
Fig. 5. Dependence of ozone concentration on the wind speed

Pučiant stipresniam vėjui registruota didesnė ozono koncentracija nei silpno vėjo atveju. Esant štiliui vidutinė ozono koncentracija prie transporto eismo gatvės buvo 18 ± 5 ppb, o pučiant stipresniam nei 5 m/s stiprumo vėjui ozono koncentracija siekė 31 ± 4 ppb. Ozono koncentracija prie stipresnio nei 5 m/s vėjo gauta dienos metu 2 kartus, o nakties metu 1,5 karto didesnė nei štaliaus atveju. Stipresnis vėjas dažniausiai nustatytas esant aukštesnei aplinkos temperatūrai ir mažesniai oro drėgnei.

Išvados

1. Didžiausios ozono koncentracijos skirtingomis dienomis skyrėsi iki 92 %, o skirtingomis naktimis iki 44 %. Mažesni ozono koncentracijos pokyčiai nustatyti apsiniaukusiomis, vėjuotomis dienomis. Kadangi eksperimento metu oras lėmė žemo slėgio sukūrimą – ciklonai, tai susiformavo sąlygos ozono išsisklaidymui.

2. Kenksminga žmogaus sveikatai (> 30 ppb) ozono koncentracija registruota 30 % eksperimento laiko.

3. Svarbiausi meteorologiniai veiksniai, kurie daugiausiai turėjo įtakos ozono koncentracijos pokyčiams prie tirtos gatvės, yra aplinkos temperatūra, santykinis oro drėgnis ir vėjo greitis. Gautas statistiškai reikšmingas teigiamas ryšys tarp: ozono koncentracijos ir temperatūros 0,63 ir ozono koncentracijos ir vėjo greičio 0,56 bei neigiamas ryšys tarp ozono koncentracijos ir santykinio oro drėgnio -0,62.

4. Stebima aiškiai išreikšta ozono koncentracijos kaita paros bėgyje: koncentracijos minimumas stebimas anksti ryte prieš aušrą, o maksimumas – dieną arba naktį. Ozono koncentracijos maksimumui daugiausiai įtakos turėjo transporto priemonių išmetami teršalai (ozono pirmtakai) ir vėjo kryptis.

5. Ozono koncentracija pučiant stipresniam nei 5 m/s vėjui nustatyta daugiau kaip 70 % didesnė nei štaliaus atveju.

Literatūra

1. Bakas, A., Baltrėnas, P., Girgėdienė, Kaulakys, J. (1995). Investigation of the ozone formation in two – stage electrostatic filters. *Atmospheric Physics*, 17(1), 75–81.
2. Belan, B. D., Savkin, D. E., Tomachev, G. N. (2018). Air-Temperature Dependence of the Ozone Generation Rate in the Surface Air Layer. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 11(2), 187–196.
3. Birks, J. W., Williford, C. J., Andersen, P. C., Turnipseed, A. A., Strunk, S., Ennis, C. A. (2018). Portable ozone calibration source independent of changes in temperature, pressure and humidity for research and regulatory applications. *Atmospheric Measurement Techniques*, 11(8), 4797–4801.
4. Boletti, E., Hueglin, G., Grange, S. K., Prévôt, A. S. H., Takahama, S. (2020). Temporal and spatial analysis of ozone concentrations in Europe based on time scale decomposition and a multi-clustering approach. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(14), 9051–9066.
5. Carvalho, A., Monteiro, A., Ribeiro, I., Tchepel, O., Miranda, A. I., Borrego, C., Saavedra, S., Souto, J. A., Casares, J. J. (2010). High ozone levels in the northeast of Portugal: Analysis and characterization. *Atmospheric Environment*, 44(8), 1020–1031.
6. Cheng, F. Y., Jan, S. P., Yang, Z. M., Yen, M. – Ch., Tsuang, J. (2015). Influence of regional climate change on meteorological characteristics and their subsequent effect on ozone dispersion in Taiwan. *Atmospheric Environment*, 103, 66–81.
7. Elminir, H. K. (2005). Dependence of urban air pollutants on meteorology. *Science of The Total Environment*, 350(1-3), 225–237.
8. Girgėdienė, R., Girgėdys, A. (2003). Variations of the seasonal ozone cycles in the Preila station over the 1988-2001 period. *Environmental and Chemical Physics*, 25(1), 11–15.
9. Gong, X., Hong, S., Jaffé, D. A. (2018). Ozone in China: Spatial Distribution and Leading Meteorological Factors Controlling O₃ in 16 Chinese Cities. *Aerosol and Air Quality Research*, 18(9), 2287–2300.
10. Lama, K. S., Wang, T.-J., Wu, C. L., Li, Y. S. (2005). Study on an ozone episode in hot season in Hong Kong and transboundary air pollution over Pearl River Delta region of China. *Atmospheric Environment*, 39(1), 1967–1977.
11. Lin, M. Y., Horowitz, L. W., Payton, R., Fiore, A. M., Tonnesen, G. (2017). US surface ozone trends and extremes from 1980 to 2014: Quantifying the roles of rising Asian emissions, domestic controls, wildfires, and climate. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(4), 2943–2970.
12. Lu, X., Zhang, L., Shen, L. (2019). Meteorology and Climate Influences on Tropospheric Ozone: a Review of Natural Sources, Chemistry, and Transport Patterns. *Current Pollution Reports*, 5, 38–260.
13. Tarasova, O. A., Karpetchko, A. Yu. (2003). Accounting for local meteorological effects in the ozone time-series of Lovozero (Kola Peninsula). *Atmospheric Chemistry and Physics*, 3, 941–949.

Vaida Vasiliauskienė, Milda Pečiulienė, Dainius Jasaitis

Investigation of Ozone Dynamics near the Street with Heavy Traffic in Vilnius

Summary

The impact of vehicles on the environment is closely linked to the rapidly increasing number of vehicles and the uninterrupted traffic flows taking a form of a linear source of pollution. In Lithuania, 75 % of all emissions into the ambient air are produced by mobile pollution sources. Although transport is not a direct source of ozone emissions, it is classified as a source of its precursors (nitrogen oxides, carbon oxides, hydrocarbons). The study was carried out in Vilnius near the street with heavy traffic by recording the dynamics of ozone concentration and meteorological parameters (temperature, humidity, pressure, wind speed and direction, precipitation) during the winter season. An ML9811 ozone analyser was used to determine ozone concentrations, and a mobile weather station was used to record meteorological parameters. During the study, a clearly expressed variation in ozone concentrations during the day due to traffic intensity and vehicle pollution was observed. Average ozone concentrations varied up to 72 % on different days and up to 76 % on different nights. The main meteorological factors (temperature, relative humidity and wind speed) having the influence on the distribution of ozone concentration on the traffic street under study have been also assessed.

Ozone, meteorological parameters, traffic pollution, traffic intensity.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Vaida VASILIAUSKIENĖ. Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakulteto Fizikos katedros technologijos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius. Tel. (8 52) 51 21 77, el. paštas: Vaida.Vasiliauskiene@vilniustech.lt; Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija, Gynybos ir technologijos vadybos mokslų grupė, docentas. Adresas: Šilo g. 5A, LT–10322, Vilnius. Tel. (8 52) 12 63 13, el. paštas: vaida.vasiliauskiene@lka.lt

Vaida VASILIAUSKIENĖ. Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Fundamental Sciences, Department of Physics, doctor of technology sciences, assoc. prof. Address: Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius. Phone: (+370 52) 51 21 77, e-mail: Vaida.Vasiliauskiene@vilniustech.lt; General Jonas Žemaitis Military Academy of Lithuania, Research Group on Logistics and Defense Technology Management, assoc. prof. Address: Silo St. 5A, LT-10322 Vilnius, Tel. (8 52) 12 63 13, e-mail: vaida.vasiliauskiene@lka.lt

Milda PEČIULIENĖ. Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakulteto Fizikos katedros technologijos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius. Tel. (8 52) 51 21 79, el. paštas: Milda.Pečiulienė@vilniustech.lt

Milda PEČIULIENĖ. Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Fundamental Sciences, Department of Physics, doctor of technology sciences, assoc. prof. Address: Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius. Phone: (+370 52) 51 21 79, e-mail: Milda.Pečiulienė@vilniustech.lt

Dainius JASAITIS. Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakulteto Fizikos katedros technologijos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius. Tel. (8 52) 74 48 33, el. paštas: Dainius.Jasaitis@vilniustech.lt

Dainius JASAITIS. Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Fundamental Sciences, Department of Physics, doctor of technology sciences, assoc. prof. Address: Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius. Phone: (+370 52) 74 48 33, e-mail: Dainius.Jasaitis@vilniustech.lt

Darbuotojų saugai ir sveikatai palankių sprendinių taikomų statybvietėje analizė

Vilma Kriauciūnaitė-Neklejonovienė^{1,2}, Arnoldas Musteikis¹, Eglė Klumbytė¹, Donatas Rekus^{1,2}

¹ Kauno technologijos universitetas, ² Vytauto Didžiojo universitetas

Rizikos šaltinių statybų veikloje supratimas laikomas esminiu žingsniu siekiant užkirsti kelią statybų avarijoms, pavojui aplinkai ir žmogaus gyvybei. Siekiant užtikrinti DSS, organizacijose dažniausiai įsipareigojama laikytis visų darbų saugos ir sveikatos norminių teisinių reikalavimų, užtikrinti profesinės rizikos valdymą įmonėje, pagrindinį dėmesį skirti prevencijai, užtikrinti darbuotojų kvalifikaciją, dirbant potencialiai pavojingus darbus, aprūpinti darbuotojus asmeninėmis ir kolektyvinėmis apsaugos priemonėmis, periodiškai peržiūrėti ir atnaujinti darbų saugos ir sveikatos politiką. Tikslas – ištirti saugos ir sveikatos organizacinių sprendimų poveikį, kuriais pasiekiami saugos rezultatai skirtingose statybos objektuose. Atlikta ekspertinė apklausa, kurios gauti rezultatai ranguojami pagal svarbą, o jų pagalba analizuojamos skirtingos situacijos siekiant pagerinti DSS statybvietėje. Analizuoti pavyzdžiai liudija, kad darbdaviai ne visada tinkamai organizuoja profesinės rizikos vertinimą; darbų vadovai leidžia dirbti ne visada pilnai supažindintiems su darbų sauga darbuotojams; nekontroliuoja, kaip jie laikosi nustatytų reikalavimų, darbuotojai dirba nesaugiose darbo vietose ir pan.

Nustatyta, kad dažna pasikartojančių DSS problemų priežastis – darbdavių, darbų saugos specialistų bei darbuotojų pareigų ir teisių ribotas žinojimas, atsakomybės vengimas, laiku nevykdoma rizikos vertinimo analizė, savalaikių sprendimų bei priemonių nesiėmimas. Saugos ir sveikatos vykdymo sistema yra reglamentuojama aiškiai, tačiau dėl kompetencijos stokos, darbuotojų abejingumo, darbdavių neatsakingumo, kontrolės, susiduriama su įvairiomis problemomis, kurios seka viena po kitos ir atsiranda esant nors vienai silpnai grandžiai

Darbuotojų sauga ir sveikata, statybų sektorius, sprendiniai darbų saugai

Įvadas

Pastaraisiais metais didžiulis dėmesys skiriamas traumų ir mirčių prevencijai ir saugos gerinimui; tačiau statybos ekonominė veikla vis dar yra viena iš pavojingiausių pramonės šakų (Nelaimingų..., 2021). Išsivysčiusių šalių statybos sektoriaus darbuotojai visame pasaulyje 3–4 kartus dažniau patiria mirtinus nelaimingus atsitikimus darbe nei kitose pramonės šakose – besivystančiose šalyse ši tikimybė padidėja iki 6 kartų (TDO, 2014; VDI, 2022). Dėl specifinių statybos bruožų kaip daugiaplaniškumas, daugialypiškumas ar dinamiškumas, DSS valdymas statybos organizacijose yra sudėtingesnis ir komplikuočiau, nei kitoki verslą plėtojančiose organizacijose (Klumbytė, 2011). Statybos sektoriuje darbuotojų sauga ir sveikata (toliau DSS) privalo būti pirmoje vietoje, nes pažeidus saugos reikalavimus, neretu atveju gali būti sukeltas pavojus aplinkai ir žmogaus gyvybei.

Rizikos šaltinių statybų veikloje supratimas laikomas esminiu žingsniu siekiant užkirsti kelią statybų avarijoms. Taip pat labai svarbu įvertinti šių rizikos veiksmų įtaką rizikai, susijusiai su avarijų priežastiniais procesais (Alomari et al., 2020; Gramauskas ir kt., 2017). Viena iš dažnesnių nelaimingų atsitikimų darbo vietose priežasčių yra kritimas iš aukščio, kuris dažniausiai siejamas su konstrukcijų montavimo darbais ir stogo dengimu (Choe et al., 2017; Nelaimingų..., 2021). Būna situacijų statybvietėse, kai rizikos negalime pašalinti net pasitelkę kritimo sulaukymo sistemą, kuri apsaugo nuo nelaimingų atsitikimų statybvietėse (TDO..., 2014; Sanni-Anibire et al., 2020).

Statybos sektoriuje kasmet įvyksta daug darbų saugos ir sveikatos pažeidimų, kurie baigiasi traumomis arba mirtimis. Nelaimingų atsitikimų koeficientas statybų sektoriuje yra vienas didžiausių, o tai įrodo, kad darbų saugos ir sveikatos pažeidimai yra viena didžiausių problemų statyboje. Gramausko ir kt. (2018) teigimu, net 40 proc. nelaimingų atsitikimų įvyksta pažeidimų padariusiems darbuotojams, kurių darbo stažas įmonėje nėra didesnis nei 1 metai. Darbininkai įmonėje dirbantys ne pirmus metus, į sunkius arba nelaimingus atsitikimus papuola kur kas rečiau (Gramausko ir kt., 2018). Dažnai pasitaikančių nelaimingų atsitikimų priežastys yra prastas sąmoningumas dėl

saugumo, nesugebėjimas atpažinti rizikos ir pan. (Kang et al., 2021).

Saugos ir sveikatos įstatymas yra vienas pagrindinių teisės aktų, kurio pagalba reglamentuojama sauga ir sveikata darbe (Darbuotojų..., 2003). Vienas naujausių darbų saugos statybos standartų yra ISO 45001:2018. Tarptautinis standartas yra seniau galiojusio BS OHSAS 18001:2007 alternatyva, kuris kelia reikalavimus darbuotojų saugos ir sveikatos vadybos sistemai. Standartas ISO 45001 nuo kitų skiriasi galimybe dirbti su kitais galiojančiais standartais tokiais kaip LST EN ISO 9001:2015, LST EN ISO 14001:2015 ir susiejamas su vadybos sistemomis (Naujas ISO..., 2018).

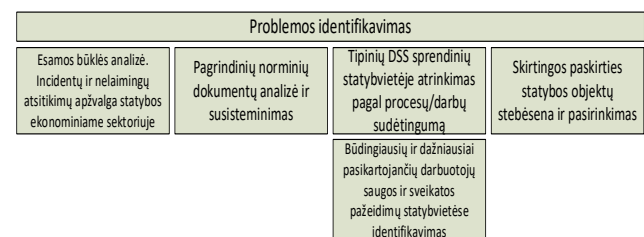
Tyrimų tikslas – ištirti saugos ir sveikatos organizacinių sprendimų poveikį, kuriais pasiekiami saugos rezultatai skirtingose statybos objektuose.

Tyrimų objektas – sprendimai statybvietėje nulemti darbuotojų saugos darbo aplinkos sąlygas.

Tyrimų metodika

Tyrimo organizavimo loginė seka:

1 etapas susideda iš problemos identifikavimo, tyrimo metodikos parengimo ir teorinio valdymo modelio sukūrimo, skirto pavojinguose statybos objektuose darbų saugos procedūroms statybvietėje optimizuoti. Analizuotos pagrindinės situacijos, dėl kurių yra pažeidžiami teisės aktai ir sauga statybvietėse.



1 pav. DSS problemos identifikavimas (sudaryta pagal Musteikis, 2021)

Fig. 1. Identification of work safety and health problem

2 etapas susideda iš anketinės vartotojų apklausos, interviu su DSS specialistais atlikimo bei vertinimo kriterijų per atrinktus pažeidimus grupavimo.

Siekiant išsiaiškinti dažniausiai pasikartojančias darbų saugos problemas statybvietėje taikoma ekspertinė apklausa, kurios gauti rezultatai ranguoti pagal svarbą, o jų pagalba analizuotos skirtingos situacijos siekiant pagerinti DSS statybvietėje.

Atsižvelgiant į dažniausiai pasikartojančius pažeidimus dėl darbuotojų darbų saugos ir sveikatos ir remiantis literatūros šaltinių, ekspertų ir autorių (Musteikis, 2021) asmenine nuomone nagrinėjimui atrinkti klausimai įvairiomis temomis ir pagal juos parengtos trys skirtingos apklausos ekspertams. Anketose pateikta nuo 15 iki 25 klausimų, kuriais respondentų prašyta įvertinti darbų saugą įmonėje ar objekte, darbininkus veikiančius rizikos veiksnius (nuo žemiausio -1 iki aukščiausio +5). Pavojingos situacijos su kuriomis susiduria atskirų profesijų darbuotojai tam tikrų statybos technologinių procesų metu, iš anksto nuspėjamos ir žinomos. Aukščiausias vertinimas parodo, kad darbo sąlygos, technologiniai procesai, darbo aplinka kelia riziką darbuotojo saugai ir sveikatai. Apklausą darbininkams sudaryta iš klausimų, kurie tiesiogiai susiję su vykdomais darbais, asmeninių saugos priemonių naudojimu ir pan. Parengtos anketos ir darbų vadovams dirbantiems statybų aikštelėje ir įmonėse dirbantiems saugos ir sveikatos specialistams (dalyvavo 20 darbininkų ir atsakė į 15 klausimų, 15 darbų vadovų, kurie atsakė į 20 bei 10 saugos ir sveikatos specialistų, atsakė į 25). Apklausą vykdė 2021 m. pradžioje. Tirtos statybos ekonomine veikla užsiimančios organizacijos rinkoje veikiančios daugiau nei 5 metus. Įmonės savo veiklą vykdo Kauno apskrityje, Jonavos ir Kėdainių rajonuose ir atlieka statybos darbus pavojinguose, ypatingos paskirties ir neypatingos paskirties objektuose.

3 etapas susideda iš tyrimo rezultatų apdorojimo, kurio metu vykdomas rodiklių reikšmingumo skaičiavimas ir ekspertų nuomonių suderinimo nustatymas (Kendall, Gibbons, 1990), analizės ir apibendrinimo, saugos ir sveikatos sprendinių veiksmingumo statybvietėje modelio vertinimo ir saugos ir sveikatos sprendinių statybvietėje vertinimo rekomendacijų formulavimo.

Rezultatai ir aptarimas

Statybos objektuose kyla pavojai ir rizika, susijusi su tiesioginių pareigų atlikimu. Kiekviename objekte, technologinio proceso ribiniai ir rentabilūs apskaičiavimai, pagrindinės saugos priemonės ir kt. esminiai reikalavimai pateikiami, tačiau vis tiek pasitaiko nemažai darbų saugos problemų. Tai atsiskleidžia ir VDI statistikoje ar kitų šaltinių rezultatų apžvalgose (VDI, 2022; Nelaimingų..., 2021). Nelaimingi atsitikimai darbe bei profesinės ligos, kelia didžiulius ekonominius nuostolius, naudojami draudimo pinigai, prarandamos darbo vietos.

Analizuotos pagrindinės situacijos, dėl kurių yra pažeidžiami teisės aktai ir sauga statybvietėse. Siekiant užtikrinti saugų darbą statybvietėje privaloma laikytis įrankių ir įrenginių saugaus darbo instrukcijų, suprojektuotos technologijos vykdant darbus. Darbuotojams dirbantiems statybvietėje privalo būti praveisti visi instruktažai ir siekiant gerinti saugą ir sveikatą, darbuotojai turi turėti rašytines darbų saugos instrukcijas, kurios gelbsti siekiant greitai prisiminti taikomus reikalavimus.

Ekspertų nuomonių suderinamumui dėl pasikartojančių saugos problemų statybos sektoriuje rodiklių reikšmingumo patikrinti buvo naudotas Kendall konkordancijos koeficientas (W) (Kendall, Gibbons, 1990). Apskaičiavus nustatyta, kad nuomonės sutapo: sudaro atitinkamai darbininkams $W=0.61$, darbų vykdytojams $W=0.63$, darbų saugos ir sveikatos specialistams $W=0.83$ (nuomonių suderinamumui Kendall konkordancijos koeficientas laikomas tinkamu kai $> 0,6$).

Išskiriami kiekvienos ekspertų tikslinės grupės apklausos 8 svarbiausi teiginiai-klausimai. Pagal jų svarbumą sudaryta prioritetų eilė, kuri pateikiama 1 lentelėje.

Beveik visi pavojai su kuriais susiduria atskirų profesijų darbuotojai tam tikrų technologinių procesų metu statybose daugiausia yra jau iš anksto nuspėjami ir žinomi (Saugos ir., 2001, 2011; VDI, 2022). Svarbiausios darbų vykdytojų ir saugos ir sveikatos specialistų išsakytos problemos – darbininkų instruktavimo trūkumas darbininkų neatsisakymas dirbti kylant pavojui, dažni DSS pažeidimai, pareigų ir teisių nežinojimas, pastebėtų pažeidimų objekte ignoravimas, vidinių objektų patikrinimų poreikis ir daugiau (žr. 1 lentelę).

Dažnai pasikartojantys darbų saugos ir sveikatos pažeidimai	Saugos ir sveikatos specialistų pareigų ir teisių nežinojimas			
	Nepakankamas arba nevykdomas darbų vadovų ir darbuotojų instruktavimas	BIM nenaudojimas saugos ir sveikatos priemonių planavime	Vidiniai objektų patikrinimai vykdomi retai arba nevykdomi	Pastebėjus pažeidimą darbai objekte nestabdomi
	Nenaudojamos asmeninės apsaugos priemonės	Gaisro gesinimo priemonės netinkamose vietose	Triukšmas, garsas ir vibracija objekte	
	Darbininkai vykdo darbus kylant pavojui jų sveikatai, neatsisako dirbti	Oksiduojančios ir degios medžiagos laikomos ir naudojamos netinkamai	Nepakankamas apšvietimas vykdant darbus	Netinkamas pavojingų medžiagų naudojimas

2 pav. Tyrimo metu išgryninti, dažniausiai pasikartojantys DSS pažeidimai (sudaryta pagal Musteikis, 2021)

Fig. 2. The most frequent recurrences of occupational safety and health were highlighted during the investigation

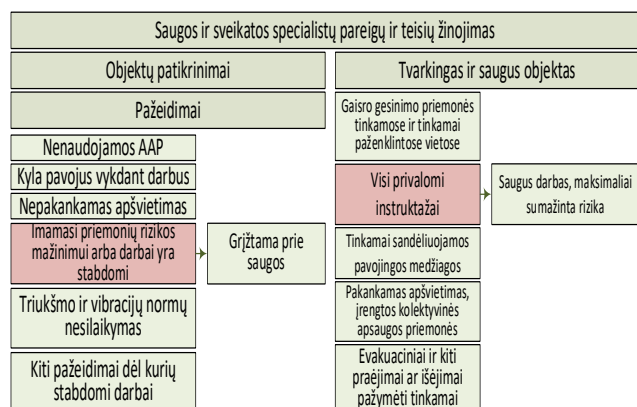
Pagal išgrynintus dažniausiai pasikartojančius darbų saugos pažeidimus, sudaryta hierarchijų grandinė (žr. 2 pav.), pagal kurią nustatoma kokia problema iš kokios kyla.

Pagal dažniausiai pasikartojančių DSS pažeidimų grandinę, galima sudaryti pagrindinių darbų aprašus, kuriuose atspindėtų aiškūs priemonių parinkimo, naudojimo ir priežiūros nurodymai (konkrečios naudojamos priemonės, įrengimai, AAP, tai pateikiant per aiškiai ir lengvai suvokiamas schemas, brėžinius, skaičiuojamuosius elementus ir t.t.).

Analizuojant dažniausiai pasitaikančias rizikas ir kylančias problemas statybų objektuose, atliktas rizikų, veikiančių statybų sektorių, detalizavimas. Susistemintos dažnai pasikartojančios problemos, reikalavimai turintys užtikrinti problemos mažinimą, reglamentuojantys dokumentai bei veiksmų planas siekiant sumažinti DSS problemą susiekiamu rezultatu. Rizikos vertinimo modelio detalizavimas atliktas siekiant sudaryti schemą, padėsiančią užtikrinti saugą ir sveikatą statybos objektuose. Detalizavus rizikos vertinimo modelį, pagal gautus duomenis, sudaroma saugos ir sveikatos užtikrinimo objektuose schema (žr. 3 pav.).

1 lentelė. Tikslinių grupių apklausos rezultatų pasiskirstymas pagal svarbą**Table 1.** Distribution of survey results of target groups

Ekspertų tikslinės grupės apklausa / Survey of Expert target group		
Darbininkai/ Workers	Darbų vykdytojai/vadovai / Work supervisors	Darbų saugos specialistai/ Safety and health specialists
1. Netinkamas pavojingų medžiagų naudojimas / Improper use of hazardous materials	Darbininkų neinstruktavimas / Worker coaching	Pareigų nežinojimas / Ignorance of duties
2. Nepakankamas apšvietimas / Insufficient lighting	Darbininkų neatsisakymas dirbti kylant pavojui / Refusal of workers to work in danger conditions	Pastebėjus pažeidimą objekte darbai nėra stabdomi / If the violation is noticed at the object, the works are not stopped
3. Triukšmas, garsas, vibracija objekte / Noise, sound, vibration in the object	Dažni DSS pažeidimai / Common WSH violations	Vidiniai objektų patikrinimai / Internal inspections of objects
4. Nepakankamas instruktavimas / Insufficient coaching	Gaisro gesinimo priemonės netinkamoje vietoje / Fire extinguishers in the wrong place	Teisių nežinojimas / Ignorance of rights
5. Nenaudojamos AAP / No personal protective equipment used	Netinkamai naudojamos ir laikomos medžiagos / Agents are used and stored improperly	BIM nauda saugos ir sveikatos klausimais / Safety and health benefits of BIM
6. Dažni DSS pažeidimai / Common WSH violations	Teisių nežinojimas DSS srityje / Ignorance of rights in the field of work safety	Patekimas į judančių mechanizmų zonas / Access to areas of moving machinery
7. Nesupažindinimas su gresiančiais pavojais / There is no introduction to the dangers involved	Netinkamas darbdavio požiūris DSS klausimais / Improper employer approach to WSH issues	Darbo vieta ir aplinka neatitinka keliamų reikalavimų / The workplace and the environment do not meet the requirements
8. Darbo krūvis nuolat arba kartais yra labai didelis / The workload is constantly or sometimes very high	Aukštas triukšmo lygis objekte dėl technologinio proceso / High noise level at the site due to the technological process	Dažnesnių VDI patikrinimų poreikis ir nauda / The need for and benefits of more frequent inspections by the State Labor Inspection

**3 pav.** Darbų saugos ir sveikatos užtikrinimo objektuose schema (sudaryta pagal Musteikis, 2021)**Fig. 3.** Work safety and health assurance in construction site scheme

DSS organizavimo ir vykdymo sistema Lietuvoje yra aiškiai reglamentuota (Darbuotojų saugos..., 2003). Tačiau Lietuvoje, o ypač mažesnėse statybinėse organizacijose, dėl įvairių priežasčių, netobulos vidinės kontrolės, atsakomybės ir kt. susiduriama su darbuotojų saugos problemomis, nors atrodo, įrankių padedančių efektyviai identifikuoti problemines sritis netrūksta. Todėl organizacijai svarbu turėti aiškią, nuoseklią ir efektyvią DSS erdvinės raiškos pirminę (viziją), atsakančią į pagrindinius ir konkrečius saugos (trumpo, ilgo laikotarpio) iššūkius ir efektyviai vykdyti projektavimo, planavimo ir statybos darbus, optimaliai atliekant dokumentų sprendinių ir procesų statybvietėse įgyvendinimą ir stebėseną.

Vaizdinės priemonės, grafiniai aprašai, plakatai yra geras būdas priminti darbų saugos ir sveikatos svarbą. Jie reikalingi ir naudingi ne tik žmonėms dirbantiems statybos darbus, siekiant priminti reikalavimus konkrečioms darbams, tačiau taip pat ir jų darbus prižiūrintiems darbų

vykdytojams bei saugos ir sveikatos specialistams siekiantiems įgyvendinti, patobulinti esamą darbų saugą statybų objekte. Darbų saugos specialistų ir darbų vykdytojų kompetencija ir atsakomybė prisidėtų siekiant užtikrinti greitą reakciją į susidariusią situaciją ir savalaikį rizikos sumažinimą.

Išvados

1. Dažniausiai pasikartojančios problemos susijusios su darbuotojų sauga ir sveikata statybvietėje yra netinkamas pavojingų medžiagų naudojimas, nepakankamas apšvietimas, triukšmas, garsas, vibracija objekte, nepakankamas instruktavimas, nenaudojamos asmeninės apsaugos priemonės, darbininkų neinstruktavimas, darbininkų neatsisakymas dirbti kylant pavojui, gaisro gesinimo priemonės netinkamoje vietoje, oksiduojančios medžiagos naudojamos ir laikomos netinkamai, darbų saugos specialistai nežino savo teisių ir pareigų, objektų patikrinimai vykdomi retai ir kt. (pateiktos šio darbo 1 lentelėje ir 2 paveiksle).

2. Dažna pasikartojančių DSS problemų priežastis – darbdavių, darbų saugos specialistų bei darbuotojų pareigų ir teisių ribotas žinojimas, atsakomybės vengimas, laiku nevykdoma rizikos vertinimo analizė, savalaikių sprendimų bei priemonių nesiėmimas.

3. Saugos ir sveikatos vykdymo sistema yra reglamentuojama aiškiai, tačiau dėl kompetencijos stokos, darbuotojų abejingumo, darbdavių neatsakingumo, netobulos kontrolės, susiduriama su įvairiomis problemomis, kurios seka viena po kitos ir atsiranda esant nors vienai silpnai grandžiai.

4. Kompetencijos stoka, abejingumas, neatsakingumas, kyla iš pareigų nežinojimo, nežinojimo kaip greitai ir teisingai pasielgti. Saugos ir sveikatos srityje, norint perteikti reikalavimus, pasiūlymus ar normas, privaloma mokyti, dažniau papildomai instruktuoti darbuotojus naudojant įvairias medijas ir vaizdines priemones.

Literatūra

1. Abdolahi F.H., Variani A.Z., Varmazyar S. (2021). Predicting Ability of Dynamic Balance in Construction Workers Based on Demographic Information and Anthropometric Dimensions, Safety and Health at Work, Dec; 12(4), 511-516. doi.org/10.1016/j.shaw.2021.07.009.
2. Alomari, K., Gambatese, J.A., Nnaji, C., & Tymvios, N. (2020). Impact of Risk Factors on Construction Worker Safety: A Delphi Rating Study Based on Field Worker Perspective. Arabian Journal for Science and Engineering, 45, 8041-8051.
3. Choe, S., & Leite, F. (2017). Assessing safety risk among different construction trades: Quantitative approach. Journal of Construction Engineering and Management, 143(5), 04016133.
4. Darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas (2003). Žin. 2003, Nr. 70-3170.
5. Gramauskas, V. Jakubavičius. (2018). Nelaimingų atsitikimų priežastys ir jų statistinė analizė statybų sektoriuje. Prieiga per internetą: <http://jmk.vvf.vgtu.lt/index.php/Verslas/2018/paper/view/236>
6. Kang Y, Yang S, Patterson P. (2021). Modern Cause and Effect Model by Factors of Root Cause for Accident Prevention in Small to Medium Sized Enterprises, Safety and Health at Work, 12 (4), 505-510.
7. Kendall, M. G., Gibbons, J. D. (1990). *Rank Correlation Methods*. – Edward Arnold, London.
8. Klumbytė, E. (2011). Work safety system improvement in construction / Darbų saugos sistemos tobulinimas statyboje. Science–Future of Lithuania, 2011, 3.2: 26-29.
9. Musteikis, A. (2021). Saugos ir sveikatos sprendinių statybvietėje vertinimas. Magistro studijų baigiamasis projektas, 74 p.
10. Naujas ISO 45001:2018 standarto reikalavimas. (2018). Prieiga per internetą: <https://www.sdg.lt/puslapis/naujas-iso-450012018-standartoreikalavimas>
11. Nelaimingų atsitikimų darbe pagrindinių rodiklių analizė pagal ekonominių veiklų sektorius. (2021), VDI. Prieiga per internetą: https://www.vdi.lt/Forms/Tekstas1.aspx?Tekstai_ID=744
12. Sanni-Anibire, M. O., Mahmoud, A. S., Hassanain, M. A., & Salami, B. A. (2020). A risk assessment approach for enhancing construction safety performance. Safety Science, 121, 15-29.
13. Saugos ir sveikatos taisyklės statyboje DT 5-00 (2001, 2011). Valstybinė darbo inspekcija prie Socialinės apsaugos ir darbo ministerijos, Įsakymas Nr. V-131, 2011-06-21, Žin., 2011, Nr. 77-3785.
14. TDO (2014). Sauga ir sveikata statybų sektoriuje – iššūkių įveikimas. Prieiga per internetą: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---multi/documents/presentation/wcms_319265.pdf
15. VDI (2022) Nelaimingų atsitikimų darbe statistika 2010–2022 metais. Prieiga per: internetą: <https://www.vdi.lt>.

Vilma Kriauciūnaitė-Neklejonovienė, Arnoldas Musteikis, Eglė Klumbytė, Donatas Rekus

Analysis of Work Safety And Health Solutions Applied on the Construction Site

Summary

Understanding the sources of risk in construction activities is essential in preventing construction accidents risks to the environment and human life. In order to ensure the safety and health of employees, organizations usually undertake to comply with all work safety and health (WSH) regulations, ensure work risk management in the company, focus on prevention, ensure the qualification of employees in potentially hazardous work, provide employees with personal and collective protective equipment, periodically review and update work safety and health policies. The study investigates the impact of safety and health organizational decisions that achieve safety results in different construction sites. Conducted expert survey's results were ranked according to importance, and with their help, different situations are analyzed to improve the WSH on the construction site. The examples analyzed to show that employers do not always organize occupational risk assessments properly; work supervisors allow employees who are not always fully acquainted with work safety to work; does not control how they comply with the established requirements, employees work in unsafe workplaces, etc. The study found that a common cause of recurring WSH problems is limited knowledge of the duties and rights of employers, occupational safety professionals and employees, evasion of responsibility, failure to conduct timely risk assessment analysis, and failure to take timely decisions and measures. The safety and health enforcement system is regulated, but the lack of competence, the indifference of employees, the irresponsibility of employers, the lack of control lead to a series of problems that follow one another and arise at least one weak link.

Occupational safety and health, construction sector, solutions for occupational safety

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Vilma KRIAUCIŪNAITĖ-NEKLEJONOVIEŅĖ. Kauno technologijos universiteto Statybos ir architektūros fakulteto lektorė. Adresas: Studentų g. 48-416, LT- 51367, Kaunas. el. paštas: vilma.kriaciunaite@ktu.lt / Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemėtvarkos ir geomatikos katedros lektorė. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53361 Akademija, Kauno r., el. paštas: vilma.kriaciunaite-neklejonoviene@vdu.lt

Vilma KRIAUCIŪNAITĖ-NEKLEJONOVIEŅĖ. Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, lect.. Address: Studentų g. 48-416, LT- 51367, Kaunas. e-mail vilma.kriaciunaite@ktu.lt / Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Land Use Planning and Geomatic, lect.. Address: Universiteto g. 10, LT-53361 Akademija, Kaunas r., e-mail vilma.kriaciunaite-neklejonoviene@vdu.lt

Arnoldas MUSTEIKIS. Kauno technologijos universiteto Statybos ir architektūros fakulteto, Statybos valdymo programos magistrantas. Adresas: Studentų g. 48, LT- 51367 Kaunas. el. paštas: arnoldas.musteikis@ktu.edu

Arnoldas MUSTEIKIS. Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Master's of Construction Management study program. Address: Studentų g. 48, LT- 51367, Kaunas. e-mail arnoldas.musteikis@ktu.edu

Eglė KLUMBYTĖ. Kauno technologijos universiteto Statybos ir architektūros fakulteto lektorė. Adresas: Studentų g. 48-416, LT- 51367 Kaunas. el.paštas: egle.klumbyte@ktu.lt

Eglė KLUMBYTĖ. Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, lect.. Address: Studentų g. 48-416, LT- 51367, Kaunas. e-mail egle.klumbyte@ktu.lt

Donatas REKUS. Kauno technologijos universiteto Statybos ir architektūros fakulteto docentas. Adresas: Studentų g. 48-415, LT- 51367 Kaunas. el. paštas: donatas.rekus@ktu.lt / Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemėtvarkos ir geomatikos katedros lektorius. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r., el. paštas: donatas.rekus@vdu.lt.

Donatas REKUS. Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Assoc.prof.. Address: Studentų g. 48-415, LT- 51367, Kaunas. e-mail donatas.rekus@ktu.lt / Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Land Use Planning and Geomatic, lect.. Address: Universiteto g. 10, LT-53361 Akademija, Kaunas r., e-mail donatas.rekus@vdu.lt.

Defektų įtaka statybinių konstrukcijų patikimumui

Monika Kalonienė, Rytis Skominas

Vytauto Didžiojo universitetas

Daugumas statybos darbų yra pavojingi, todėl nenuostabu, kad kiekvienais metais per medijos priemones išgirstame apie įvairias nelaimes ištikusias statybos metu. Norint sumažinti šių nelaimių kiekį turi būti vykdoma griežta darbų sauga ir statybos darbų techninė priežiūra. Šiame darbe nagrinėti klausimai susiję su statybos technine priežiūra. Tyrimui buvo pasirinkti 20 statybos objektų, išanalizuoti šių objektų konstrukcijų statybos techninės priežiūros žurnalai ir fotografijų archyvai. Analizuojamuose statybos objektuose nustatyti 5 nekonstrukciniai defektai (betono paviršiaus pažeidimas, tuštumos konstrukcijose, betono spalvos pakitimai, netinkamai įrengtos deformacinės siūlės, konstrukcijų geometrinės formos pažeidimai) ir 3 konstrukciniai defektai (konstrukcijų pleišėjimas, konstrukcijų įlinkiai, netinkama konstrukcijų sandūra). Norint nustatyti defektų įtaką patikimumui, kaip pavyzdys skaičiavimams, pasirinkta denginio plokštė. Skaičiavimuose buvo mažinamas betono gniuždymo stipris (jei į statybietę būtų pristatytas žemesnės klasės betonas) ir pagrindinės armatūros skerspjūvio plotas (jei būtų padidintas išdėstymo žingsnis arba sudėta mažesnio skersmens armatūra). Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad pavojingiausios klaidos yra susijusios su armavimo darbais.

Konstrukcija, defektas, gelžbetonis, patikimumas

Įvadas

Statinio statybos etapas yra vienas iš svarbiausių jo saugumo atžvilgiu. Šio etapo metu apkrovos dažnu atveju būna net didesnės nei naudojimo apkrovos. Pastaruoju metu pasitaiko ne mažai atvejų, kai gelžbetoninių konstrukcijų statiniai sugriūna statybos etapo metu. Dažniausiai viskas prasideda nuo lokalaus suirimo, kuris įtakoja grandininę kitų konstrukcijų griūtį.

Paprastai statinių avarijos statybos metu įvyksta dėl trijų priežasčių: projektavimo klaidos, statybos klaidos ir stichinės nelaimės. Todėl yra labai svarbu, kad tiek projektavimo metu tiek statybos metu vyktų tinkama procesų kontrolė. Projektavimo metu padarytos klaidos turėtų būti surandamos projekto ekspertizės metu, statybos klaidos – statybos techninės priežiūros ir projekto vykdymo priežiūros metu.

Deja, Lietuva ne išimtis, per įvairias medijas girdime apie įvairius incidentus įvykusius statybos aikštelėje. Kaip pavyzdžiui, 2016 m. spalio 5 d. Kaune statybietėje buvo vykdomi sandėliavimo paskirties statinio statybos darbai – ant sumūrytų statinio sienų buvo montuojami mūrtašiai bei atliekami kiti paruošiamieji stogo konstrukcijos įrengimo darbai. Darbuotojams pradėjus surinkinėti pastolius greta vienos statinio sienos, staiga neteko pastovumo ir griuvo šios sienos konstrukcijos dalis su joje įrengta gelžbetonine srama bei užvirto ant statinio vidinėje pusėje buvusio darbininko ir jį mirtinai prispaudė. Statinio avarijos tyrimo komisija nustatė, kad nugriuvusios sienos aukščio ir storio santykis, įvertinant sienoje esančias angas, netenkina STR 2.0509:2005 „Mūrinių konstrukcijų projektavimas“ reikalavimų. Nuostoliai – žmogaus netektis ir materialiniai nuostoliai atstatant sugriuvusią sieną (Valstybinė darbo..., 2016)

Kita skaudi nelaimė įvyko 2021 m. sausio 27 d. Kaune statant Klebonišio tiltą automagistralėje A1. Nelaimės metu žuvo vienas žmogus, trys sužeisti – vienas iš jų sunkiai. Pagrindine priežastimi įvardijamas lūžęs traukimo įrenginys vykdant konstrukcijos traukimo darbus. Įrenginys griūdamas užkliudė pastolius ir prispaudė ten dirbusius darbininkus. Po avarijos atlikus tilto konstrukcijos vertinimą buvo nustatyta, kad pagrindinės konstrukcijos – perdanga ir atramos – nepažeistos. Įvertinus perdangos ir atramų būklę, konstatuota, kad tilto statybos darbus galima tęsti nepertvarkant konstrukcijų. Tačiau tyrimo metu

nustatyta laikinų įrenginių, skirtų konstrukcijos tempimui, pažeidimų. Įrenginiai buvo pakeisti. Nuostoliai – žmogaus netektis, trijų žmonių sužalojimas ir materialiniai nuostoliai atstatant sugriuvusias konstrukcijas (Delfi, 2021).

Visai neseniai, 2022 m. sausio 14 d. Vilniuje Geležinio Vilko ir Mokslininkų gatvės kampe esančioje statybietėje (Visorių informacinių technologijų parke statomas inovacijų, tyrimų ir laboratorijų centras) įvyko avarija – griuvo 3-iojo aukšto atraminė kolona, dėl to sulūžo ir griuvo 4-ojo aukšto perdanga. Šio incidento metu žmonės nenukentėjo, tačiau patirti nemaži materialiniai nuostoliai. Pagrindinė priežastis netinkamai įrengta atraminė kolona (Made in Vilnius, 2022).

Taip pat reiktų nepamiršti skaudžios nelaimės kaimyninėje valstybėje. 2013 metų lapkritį įgriuvus Rygos vakariniame Zolitūdės rajone veikusios „Maxima“ parduotuvės stogui, žuvo 54 žmonės, tarp jų – trys gelbėtojai, dar dešimtys žmonių buvo sužeisti. Pažymėtina, kad pati parduotuvė veikė, nors ant jos stogo buvo įrenginėjama žalioji zona ir vaikų žaidimų aikštelė. Statybų ekspertai padarė išvadą, kad griūtis įvyko dėl neteisingai apskaičiuotų statinio stogo apkrovos ribinių reikšmių. Baudžiamojon atsakomybėn dėl šios tragedijos buvo patraukti parduotuvės projektavimui ir statybai vadovavę asmenys, taip pat juos netinkamai kontroliavę atitinkamų valstybės tarnybų vadovai (Delfi, 2020).

Taigi, atsižvelgiant į statybos metu įvykstančių avarių priežastis ir padaromus nuostolius yra būtina imtis priemonių, kad sumažinti riziką iki minimumo. Dar 1974 m. buvo sukurtas kriterijų sąrašas, kas turi būti atliekama statybos metu, kad neįvyktų statinio griūtis. Šie kriterijai nuolatos buvo tobulinami atsižvelgiant į naujausius avarių tyrimų duomenis, naujas statybos technologijas, inspektavimo įrangą ir kt. M. Buitrago kartu su kolegomis monografijoje (Buitrago ir kt., 2018) kriterijų sąrašą, kur svarbiausias, kur svarbiausias dėmesys skiriamas visoms statybos stadijoms – nuo projektavimo iki statybos užbaigimo.

Vykdant monolitinių gelžbetoninių konstrukcijų įrengimą dažnai reikia laikinų atramų. Kaip pavyzdžiui, statant perdangimą yra įrengiama atramų sistema, kuri apkrovą perduoda žemiau esančioms konstrukcijoms ar gruntui. Šios atramos yra pašalinamos, kai betonas pasiekia reikiamą stiprumą. Laikinos atramų kiekis ir išdėstymas turi

būti paremtas skaičiavimais, jos privalo būti kokybiškai įrengtos, kadangi tai gali būti viena iš konstrukcijos avarijos priežasčių (Buitrago ir kt., 2018).

Defektų įtaka konstrukcijų patikimumui ir saugiai yra mažai tyrinėta, moksliniuose tyrimuose didžiausias dėmesys yra skiriamas pažaidų įtakai minėtiems rodikliams. Kaip pavyzdžiui, yra nemažai mokslinių darbų, kuriuose yra nagrinėjama armatūros įtaka gelžbetoninių konstrukcijų patikimumui (Aslani ir kt., 2020; Ding ir kt., 2022; Guo ir kt., 2021; Huang ir kt., 2022; Nohueira ir kt., 2013). Norint papildyti kitų mokslininkų informaciją šio tyrimo tikslas – nustatyti statybinių defektų įtaką gelžbetoninių konstrukcijų patikimumui. Uždaviniai:

- Nustatyti dažniausiai pasitaikančius defektus įrengiant gelžbetonines konstrukcijas;
- Įvertinti defektų pavojingumą statiniui;
- Nustatyti defektų įtaką gelžbetoninių konstrukcijų patikimumui.

Tyrimų metodika

Norint nustatyti defektų pobūdį pasitaikantį statant konstrukcijas buvo atlikta 20 statybos objektų analizė. Buvo nagrinėjami statybos techninės priežiūros žurnalai (statybos techninės priežiūros vadovo įrašai) ir statybos procesų nuotraukų archyvai. Atliekant šią analizę defektai buvo grupuojami pagal reikšmingumo lygį suskirstant juos į konstrukcinius (turinčius įtaką konstrukcijų laikomajai galiai) ir nekonstrukcinius (turinčius įtaką estetinei išvaizdai, sandarumui ir kt.).

Norint nustatyti kokią įtaką daro konstrukciniai defektai patikimumui buvo atlikti tikimybinių skaičiavimai. Skaičiavimams pasirinkta denginio plokštė (tarpatramis 6 m), kurios aukštis yra 30 cm, betonas C35/45 klasės, pagrindinė armatūra S400 klasės, 12 mm skersmens, išdėstyta kas 100 mm ($A_s = 11,31 \text{ cm}^2$). Akimirksninis pasirinktos konstrukcijos saugis skaičiuotas kai atsparumo ir poveikio tikimybinių skirstiniai yra normalieji (Gurskis ir kt., 2008).

Akimirksninis saugis apskaičiuotas pagal šias formules: jeigu $\beta \leq 2,75$

$$P\{1\} = P\{R > S\} = \Phi(\beta) \quad (1)$$

čia: $P\{R > S\}$ – ilgalaikis saugis;

R – konstrukcijos atsparumas;

S – poveikis;

$\Phi(\beta)$ – Laplaso funkcija, parenkama iš (Gurskis ir kt., 2008) 1 priedo;

β – konstrukcijos patikimumo koeficientas;

jeigu $\beta > 2,75$

$$P\{1\} = P\{R > S\} = 1 - 460 \exp(-4,3\beta) \quad (2)$$

Konstrukcijos patikimumo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\beta = \frac{R_m - S_m}{[\sigma^2(R) + \sigma^2(S)]^{0,5}} \quad (3)$$

čia: R_m – vidutinis konstrukcijos atsparumas;

S_m – vidutinis poveikis;

$\sigma^2(R)$ – atsparumo kvadratinis nuokrypis;

$\sigma^2(S)$ – poveikio kvadratinis nuokrypis;

Vidutinis konstrukcijos atsparumas ir jo kvadratinis nuokrypis apskaičiuoti pagal formules (Gurskis ir kt., 2008):

$$R_m = f_{s,m} \cdot A_s \cdot d - \frac{f_{s,m}^2 \cdot A_s^2}{0,85 \cdot f_{c,m} \cdot b} \quad (4)$$

čia: $f_{s,m}$ – vidutinis armatūros tempimo stipris (S400 klasės armatūrai $f_{s,m} = 400 \text{ MPa}$);

A_s – pagrindinės armatūros skerspjūvio plotas;

d – naudingas skerspjūvio aukštis (30 cm aukščio perdangai $d = 26 \text{ cm}$);

$f_{c,m}$ – vidutinis betono gniuždymo stipris (C35/45 klasės betonui $f_{c,m} = 45 \text{ MPa}$);

b – perdangos plotis (skaičiavimai atliekami 1 m perdangos pločiu).

$$\sigma^2(R) = (A_s \cdot d - \frac{2 \cdot f_s \cdot A_s^2}{0,85 \cdot f_c \cdot b})^2 \cdot \sigma^2(f_s) + (\frac{f_s^2 \cdot A_s^2}{0,85 \cdot f_c^2 \cdot b})^2 \cdot \sigma^2(f_c) \quad (5)$$

čia: $\sigma^2(f_s)$ – armatūros tempimo stiprio kvadratinis nuokrypis, apskaičiuojamas $\sigma^2(f_s) = f_{s,m} \cdot \delta(f_s)$, kur $\delta(f_s)$ – armatūros tempimo stiprio variacijos koeficientas, pagal (Skominas ir kt., 2016) lygus 5 %;

$\sigma^2(f_c)$ – betono gniuždymo stiprio kvadratinis nuokrypis, apskaičiuojamas $\sigma^2(f_c) = f_{c,m} \cdot \delta(f_c)$, kur $\delta(f_c)$ – betono gniuždymo stiprio variacijos koeficientas, pagal (Skominas ir kt., 2016) lygus 13 %.

Vidutinis poveikis ir jo kvadratinis nuokrypis apskaičiuoti pagal formules (Gurskis ir kt., 2008):

$$S_m = 0,25 \cdot F \cdot l + 0,125 \cdot q \cdot l^2 \quad (6)$$

čia: F – koncentruota jėga, priimta norminė pagal STR 2.05.04:2003 ($F = 20 \text{ kN}$);

q – iškirstytas krūvis, priimtas norminis pagal STR 2.05.04:2003 įvertinant konstrukcijų savąjį svorį ir naudojimo apkrovą ($q = 10 \text{ kN/m}$);

l – tarpatramio ilgis, skaičiavimuose priimtas $l = 6 \text{ m}$.

$$\sigma^2(S) = (0,25 \cdot l)^2 \cdot \sigma^2(F) + (0,125 \cdot l^2)^2 \cdot \sigma^2(q) \quad (7)$$

čia: $\sigma^2(F)$ ir $\sigma^2(q)$ – apkrovų kvadratiniai nuokrypiai apskaičiuojami jų dydžius padauginant iš variacijos koeficientų, kurie pagal (Skominas ir kt., 2016) lygus 15 %.

Rezultatai ir aptarimas

Atlikus 20 statybos objektų 143 statybos techninės priežiūros žurnalų ir fotonuotraukų analizę buvo nustatyta, kad nekonstrukcinių defektų pasitaikė 16 statybos objektų. Pagrindiniai nekonstrukciniai ir konstrukciniai defektai, jų dažnumas, atsiradimo priežastys, bei šalinimo būdai pateikiami 1 lentelėje.

Analizuojant nekonstrukcinius defektus matyt, kad dažniausiai pasitaikė betono spalvos pakitimai (baltos dėmės) ir konstrukcijų geometrinės formos pažeidimai. Pirmuoju atveju pagrindinė priežastis netinkamas klojinių paruošimas (nevienoda vandens absorbcija iš betono). Šie defektai nėra pavojingi, tačiau turi neigiamą poveikį estetiniai išvaizdai. Šie defektai svarbūs gyvenamuosiuose ir visuomeniniuose pastatuose, kur numatoma palikti matomas gelžbetonines konstrukcijas. Tokie defektai gali būti šalinami naudojant tik apdailinias medžiagas. Antruoju

atveju tokių defektų atsiradimo priežastis netinkamas klojinių sutepimas (nuimant klojinius pasišina ir prilipusios betono vietos), nuskelti betono kampai, briaunos konstrukcijų transportavimo ir montavimo metu. Šie defektai svarbūs estetiniu požiūriu ir ilgalaikiškumui, kadangi konstrukcijos pažeidimo vietoje sumažėja betono apsauginis sluoksnis ir armatūros korozija gali prasidėti anksčiau laiko. Tokio tipo defektai šalinami paviršinio betono remonto būdu naudojant tam skirtas remontines medžiagas (LST EN 1504-3:2006). Taip pat gana dažnai pasitaikė defektas susijęs su netinkama priežiūra betono kietėjimo metu. Šis defektas turi neigiamą įtaką ne tik estetinei išvaizdai bet ir betono ilgalaikiškumui. Toks betonas daugiau įgeria vandens, taigi jis ne toks atsparus šalčiui. Paprastai šis defektas taisomas pašalinant visą pažeistą betono paviršių (tuo pačiu pašiuurkštinant paviršių) ir klojant naują betono ar remontinės medžiagos sluoksnį. Remonto metu galima pasiekti reikiamą estetinį vaizdą, kadangi remontuojama visa konstrukcijos plokštuma, tačiau išlieka grėsmė dėl tinkamo konstrukcijos vienytiškumo – remontuotose konstrukcijose gali atsirasti pažaidos anksčiau laiko. Taip pat toks remontas reikalauja nemažų papildomų išlaidų. Kitas defektas – tuštumos konstrukcijose atsiranda dėl netinkamo sutankinimo (taip pat priežastis gali būti netinkama betono slankumo klasė). Šie defektai pavojingi estetiniu ir ilgalaikiškumo požiūriu. Tokie defektai šalinami atliekant lokalius betono paviršiaus remontus: pažalinant nesutankintą betoną ir užbetonuojant tuštumas. Taip pat prie nekonstrukcinių defektų priskirtas netinkamas deformacinės siūlės įrengimas. Įrengiant deformacines siūles svarbu tinkamai apsaugoti deformacines siūles medžiagas, kad jos anksčiau laiko nesusidėvėtų, taip pat svarbu išvengti standaus sujungimo, kadangi tai gali sąlygoti konstrukcinių defektų atsiradimą.

Vertinant konstrukcinius defektus, trijuose statybos objektuose nustatytas gelžbetoninių konstrukcijų supleišėjimas – pagrindinės priežastys netinkamas deformacinių siūlių įrengimas (1 pav.), projektavimo klaidos. Atsiradus tokiems defektams būtina atlikti plyšių tyrimus – stebėti jų pločio kitimą laike. Priklausomai nuo to parenkama remonto strategija. Konstrukcijų įlinkis nustatytas objekte, kuriame statybos metu (projektuotojui sutikus) buvo atsisakyta laikančiosios kolonos. Šis defektas pašalintas stiprinant konstrukcijas. Deja, šis defekto šalinimo būdas turi nemažus kaštus. Trečiasis konstrukcinis defektas – per mažas konstrukcijos atrėmimo ilgis. Šį defektą svarbu laiku pastebėti, kadangi jo nepastebėjus jis gali įtakoti kitų konstrukcijų deformacijų formavimosi (pavyzdžiui, atsiradus necentriniams gniuždymui), o pastebėjus per vėlai, jį sudėtinga pašalinti.

Norint nustatyti statybos klaidų įtaką konstrukcijų patikimumui, kaip pavyzdys pasirinkta denginio plokštė ir palyginta, kaip jos patikimumas jei bus naudojamas ne tos klasės betonas ir bus dedama mažiau armatūros nei nurodyta projekte. Skaičiavimų rezultatai pateikti 2 lentelėje.

Ribinė patikimumo rodiklio reikšmė yra 99,9 %. Kaip matyti iš gautų rezultatų betono stiprumas denginio plokštės patikimumui didelės įtakos nedaro, tačiau armatūros skerspjūvio ploto sumažėjimas yra kritinis patikimumui. Taigi, vykstant statyboms statybos vadovas ir techninės priežiūros vadovas privalo atidžiai peržiūrėti konstrukcijų armavimą: ar sudėta tinkamo skersmens armatūra, ar ji

išdėstyta tinkamu žingsniu. Nors betono stiprumas lenkiamos konstrukcijos patikimumą stipriai neįtakoja, tačiau jis stipriai įtakoja konstrukcijos ilgalaikiškumą. Naudojant konstrukciją agresyvioje aplinkoje, gali prasidėti pirma laikis betono irimas ir armatūros korozija.

1 lentelė. Statybos defektai

Table 1. Construction defects

Eil. Nr. No	Defektas Defect	Objektų skaičius su defektu Defect in construction sites	Dažnis Frequency %
Nekonstrukciniai defektai Non-structural defects			
1	Betono paviršiaus pažeidimas	6	30
2	Tuštumos konstrukcijose	4	20
3	Spalvos pakitimai	7	35
4	Netinkamai įrengtos deformacinės siūlės	3	15
5	Konstrukcijų geometrinės formos pažeidimai	7	35
Konstrukciniai defektai Structural defects			
1	Konstrukcijų supleišėjimas	3	15
2	Konstrukcijų įlinkiai	1	5
3	Netinkama konstrukcijų sandūra	2	10



1 pav. Supleišėjusi konstrukcija

Fig. 1. Cracked structure

2 lentelė. Statybos klaidų įtaka denginio plokštės patikimumui**Table 2.** Construction mistakes impact on slab reliability

Statybos klaida <i>Construction mistake</i>	Patikimumo rodiklis <i>Reliability index</i> %
Be klaidų	99,9998
Vietoje C35/45 panaudotas C30/37 klasės betonas	99,9997
Vietoje C35/45 panaudotas C25/30 klasės betonas	99,9995
Vietoje C35/45 panaudotas C20/25 klasės betonas	99,999
Vietoje C35/45 panaudotas C16/20 klasės betonas	99,996
Armatūros išdėstymo žingsnis padidintas nuo 100 iki 125 mm	88,8

Išvados

1. Analizuojamuose statybos objektuose pasitaikė 5 tipų nekonstrukciniai defektai. Dažniausiai pasitaikantis defektas (35 % statybos objektų) yra betono spalvos pakitimas, kuris turi neigiamą įtaką tik estetinei išvaizdai.

2. Konstrukciniai defektai užfiksuoti trijų tipų: konstrukcijų pleišėjimas (15 % statybos objektų), įlinkiai (5 % statybos objektų) ir netinkama konstrukcijų sandūra ((10 % statybos objektų). Visi defektai yra pavojingi ir privalo būti pašalinti prieš statinio naudojimo pradžią.

3. Gelžbetoninių perdangų patikimumui didžiausią įtaką daro armavimo klaidos (netinkamas išdėstymo žingsnis ar per mažas armatūros skersmuo). Statybos darbų vadovas ir techninės priežiūros vadovas privalo atidžiai kontroliuoti šiuos darbus.

Literatūra

- Aslani, F., Dehestani, M. (2020). Probabilistic impacts of corrosion on structural failure and performance limits of reinforced concrete beams. *Construction and Building Materials* 265.

Monika Kalonienė, Rytis Skominas

Impact of Defects on the Reliability of Building Structures**Summary**

Most construction work is dangerous, so it's no surprise that we hear about various accidents during construction every year through the media. Strict work safety and technical supervision of construction work must be carried out to reduce the number of these accidents. Issues related to construction technical supervision are examined in this work. 20 construction objects were selected for the research, construction technical supervision journals and photo archives of the construction of these objects were analysed. 5 non-structural defects (concrete surface damage, empties in structures, concrete colour changes, improperly installed deformation joints, structural geometry shape damage) and 3 structural defects (structural cracking, structural deflections, wrong joints) were identified in the analysed construction objects. To determine the effect of defects on reliability, a slab was chosen as an example for the calculations. In the calculations, the compressive strength of the concrete was reduced (if lower-grade concrete was delivered to the construction site) and the cross-sectional area of the main reinforcement (if the layout step was increased or a smaller diameter reinforcement was added). Calculations have shown that the most dangerous errors are related to reinforcement work.

Structure, defect, reinforced concrete, reliability

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Monika KALONIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros magistrantė. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kauno r. el. paštas: monika.kalone@gmail.com

Rytis SKOMINAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros docentas. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kauno r. el. paštas: rytis.skominas@vdu.lt

Monika KALONIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, master student. Address: Universiteto str. 10, LT-53362 Akademija, Kaunas r. e-mail monika.kalone@gmail.com

Rytis SKOMINAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, assoc. prof. Address: Universiteto str. 10, LT-53362 Akademija, Kaunas r. e-mail rytis.skominas@vdu.lt

- Buitrago, M., Moragues, J. J., Calderón, P. A., Adam J. M. (2018). Structural failures in cast-in-place reinforced concrete building structures under construction. *ICITECH*, 153-170 p.
- Delfi. (2020). „Maximos“ tragedijos Latvijoje atomazga: nuteistas tik vienas žmogus. Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/verslas/verslas/maximos-tragedijos-latvijoje-atomazga-nuteistas-tik-vienas-zmogus.d?id=83562609>
- Delfi. (2021). „Kauno tiltų“ vadovas: darbuotojo gyvybę nusinešusi nelaimė Klebonišio tilto nepažeidė. Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/verslas/verslas/kauno-tiltu-vadovas-darbuotojo-gyvybe-nusinesusi-nelaime-kleboniskio-tilto-nepazeide.d?id=86626415>
- Ding, Z., Zheng, S., Yu, B. (2022). Probabilistic prediction and calibration for residual shear strength of corroded reinforced concrete columns. *Journal of Building Engineering* 48.
- Guo, H., Dong, Y., Bastidas-Arteaga, E., Gu, X. L. (2021). Probabilistic failure analysis, performance assessment, and sensitivity analysis of corroded reinforced concrete structures. *Engineering Failure Analysis* 124.
- Gurskis, V., Skominas, R. (2008). Statybinių konstrukcijų patikimumo tyrimai. Mokomoji knyga.
- Huang, X., Bei, Y., Li, L., Hu, B., Zhou, Y. (2022). Reliability assessment on maximum crack width of concrete beams reinforced with high-strength steel bars. *Journal of Building Engineering* 45.
- LST EN 1504-3:2006 Betoninių konstrukcijų apsaugos ir remonto produktai bei sistemos. Apibrėžtys, reikalavimai, kokybės kontrolė ir atitikties įvertinimas. 3 dalis. Konstrukcinis ir nekonstrukcinis taisymas.
- Made in Vilnius. (2022). Visoriuose įgriuvo statomas verslo centras. Prieiga per internetą: https://madeinvilnius.lt/naujienos/aktualijos/visoriuose-igriuvo-statomas-verslo-centras-nuotraukos/?fbclid=IwAR3AZYI8Kg0jDxEHjUP778BIE4_biTnt4mO9BLG_mSHCo3c4ItPpPxuuk
- Nogueira, C. G., Leonel, E. D. (2013). Probabilistic models applied to safety assessment of reinforced concrete structures subjected to chloride ingress. *Engineering Failure Analysis* 31.
- Skominas, R., Gurskis, V., Šadzevičius, R., Ramukevičius, D. (2016). Influence of defects on reliability of reinforced concrete retaining wall. *Proceedings of the 7th International Conference on Safety and Durability of Structures*.
- Statybos techninis reglamentas STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“.
- Valstybinė darbo inspekcija. (2016). Mirtinai traumavo nugriuvusi vienos statinio sienos konstrukcijos dalis. Prieiga per internetą: https://www.vdi.lt/Forms/TekstasNA.aspx?NA_ID=1224

Telšių rajono hidromazgų būklės analizė

Dominyka Gailienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Lietuvoje įrengta 1590 tvenkinių, didžiojoje dalyje pastatyti hidrotechnikos statiniai. Naudojami statiniai nuolatos patiria agresyvių aplinkos poveikį bei intensyvias apkrovas, dėl to ilgainiui nusidėvi, formuojasi pažaidos, statiniai genda ir tampa nebetinkami naudojimui. 2017 ir 2021 metais tyrinėtose Telšių rajone esančios 6 hidromazgai, užfiksuoti konstrukcijų defektai ir pažaidos, įvertintas hidromazgų techninės būklės kitimas. Nustatyta, kad visų statinių būklė per paskutinius keturis metus pablogėjo.

Hidrotechnikos statiniai, konstrukcijos, defektai, pažaidos

Įvadas

Šiuo metu Lietuvoje yra apie 3400 dirbtinių ežerų – tvenkinių, kūdrų. Iš jų apie 340 didesni kaip 50 ha ir tik 5 – didesni kaip 500 ha, t. y. vyrauja labai maži dirbtiniai ežerėliai. Tvenkiniai būna paprasti, kai užtvankos sulaikytas vanduo užlieja upės slėnį, ir sudėtingi, kai į užlajas patenka ir natūralių ežerų duburiai (Visuotinė..., 2021). Hidrotechnikos statiniai (HTS) eksploatuojami sudėtingomis gamtinėmis sąlygomis, juos veikia atmosferiniai krituliai, vandens aplinka, ledas ir ižas, temperatūra, vėjas bei technologiniai veiksniai. Todėl jų priežiūrai turi būti skiriamas ypatingas dėmesys. Daugelis HTS amžius yra nuo 30 iki 50 metų ir vien tik dėl medžiagų senėjimo padidėja gedimų ir avarijų tikimybė. Nors gelžbetonis yra patvari medžiaga, tačiau dėl įvairių įtakojančių veiksnių (natūralaus medžiagų senėjimo, įvairių apkrovų) konstrukcijose, atsiranda statinio bloginančių naudojimo savybių, dažniausiai formuojasi pažaidos, kurios įtakoja statinio naudojimo efektyvumą, jo naudojimo trukmę. Dėl atsiradusių gedimų konstrukcijoms turi būti atliktas remontas, vienus defektus galima nesunkiai pataisyti, kitiems pašalinti reikalingi sudėtingi darbai.

Norint tiksliai vertinti hidromazgų techninę būklę, reikia ištirti, surinkti ir susisteminti kuo daugiau stebėjimo ir tyrimo duomenų. Lietuvoje daugiausiai tyrinėti vidurio Lietuvos savivaldybių hidrotechnikos statiniai, o duomenų apie kraštinių savivaldybių hidrotechnikos statinius trūksta. Tyrimams pasirinkta viena iš mažai tyrinėtų savivaldybių – Telšių rajonas. Atliktų Telšių rajono hidromazgų vizualiniai natūriniai tyrimai ir gauti duomenys leidžia daryti prielaidas jų techninei būklei nustatyti. Surinkti duomenys bus aktualūs tiek mokslinė tiek taikomąja prasme, kadangi remiantis šiais rezultatais galima bus nustatyti konstrukcijų irimo greitį, planuoti būtinus remonto darbus.

Tyrimų tikslas: atlikti Telšių rajono hidromazgų techninės būklės analizę.

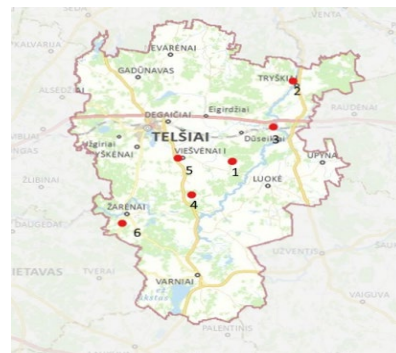
Tyrimo uždaviniai:

1. Įvertinti Telšių rajone esančių šešių hidromazgų techninę būklę.
2. Palyginti techninės būklės rezultatus su 2017 m. atliktų tyrimų rezultatais.
3. Nustatyti techninės būklės kitimo pagrindines priežastis.

Tyrimų metodika

Telšių rajone yra 15 hidromazgų su tvenkiniais, o iš jų 7, kurių plotas didesnis kaip 5 ha, šioms hidrotechnikos statiniams kaip ir visoje Lietuvoje yra nuo 30 iki 50 metų.

Tyrimo objektu pasirinkti Telšių rajone esantys šeši hidromazgai: Patumšalių, Sukončių, Ubiškės, Viešvėnų, Vembūtų, ir Žarėnų (1 pav.). Šie šeši hidromazgai pasirinkti visiškai atsitiktine tvarka, neatsižvelgiant į statybos metus, PVP tipą, tvenkinio dydį ar kitus kriterijus. Todėl surinkti duomenys leis daryti objektyvias išvadas.



1 pav. Telšių rajono žemėlapis. 1 – Patumšalių, 2 – Sukončių, 3 – Ubiškės, 4 – Vembūtų, 5 – Viešvėnų, 6 – Žarėnų.

Fig. 1. Telšiai map: 1 – Patumšaliai, 2 – Sukončiai, 3 – Ubiškės, 4 – Vembūtai, 5 – Viešvėnai, 6 – Žarėnai.

Darbo pradžioje buvo analizuojama literatūra susijusi su darbo temos tikslais ir uždaviniais. Surinkta archyvinė medžiaga apie šiuos hidromazgus Telšių rajono savivaldybėje. Atlikti vizualiniai – natūriniai tyrimai Patumšalių, Sukončių, Ubiškės, Viešvėnų, Vembūtų ir Žarėnų hidromazgams. Vizualinių tyrimų metu hidromazgai buvo apžiūrimi, fotografuojama statinių elementuose esančios deformacijos ir įvertinama jų techninė būklė. Techninės būklės įvertinimas atliktas pagal statybos techninę reglamentą STR 1.07.03:2017 „Statinių techninės ir naudojimo priežiūros tvarka. Naujų nekilnojamojo turto kadastro objektų formavimo tvarka“ patvirtintą Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2016 m. gruodžio 30 d. įsakymu Nr. D1-971. Tokia vertinimo metodika pasirinkta, kad surinkti rezultatai turėtų ne tik mokslinę bet ir praktinę reikšmę ir jie būtų panaudoti savivaldybėje planuojant darbus. Pagal minėto STR įvertinimo kriterijus atlikti techninės būklės vertinimai Patumšalių, Sukončių, Ubiškės, Viešvėnų, Vembūtų ir Žarėnų hidromazgams.

Dažnai yra susiduriama su nuostata, kad nors hidrotechnikos statiniuose yra užfiksuotos įvairios pažaidos, tačiau jų neskubama šalinti, kadangi tą bus galima padaryti vėliau. Deja, patirtis rodo, kad kartais taip ir nespėjama tai padaryti – įvyksta avarija. Norint tai patikrinti išsikelta hipotezė – hidromazgo būklė trumpuoju laikotarpiu (4 metų) nekinta.

Rezultatai ir aptarimas

Surinkta ir susisteminta medžiaga apie Telšių rajone esančius hidrotechnikos statinius, jų kiekiai pateikti 1 lentelėje.

2017 ir 2021 m. buvo tyrinėti šeši hidromazgai. Užtvankos tyrinėtos vizualiai, apžiūrint jų keterą, aukštinio

(AB) ir žemutinio (ŽB) bjefo šlaitus, perteklinio vandens pralaidas (PVP), uždorus ir jų kilnojimo mechanizmus, užtvankos masyvo ir papėdės drenažo įrenginius, ramino baseiną (RB), risbermą ir galinį tvirtinimą. Tyrinėjant užtvankas, visuose objektuose daryta charakteringų vaizdų fotonuotraukos, elementų pažaidos ir defektai.

1 lentelė. Pagrindiniai duomenys apie Telšių rajone esančius hidrotechnikos, melioracijos statinius ir melioruotą žemę (VĮ Valstybinės..., 2020)

Table 1. Main data about hydraulic structures, reclamation structures and reclaimed land in Telšiai (VĮ Valstybinės..., 2020)

Pavadinimas <i>Title</i>	Mato vnt. <i>Unit</i>	Kiekis <i>Quantity</i>
Nusausinta žemė	ha	59768,6
Iš jo drenažu	ha	53854,2
Drenažo tinklas	km	32878,2
Iš jų		
Rinktuvai	km	5937,28
Sausintuvai	km	26940,92
Magistraliniai grioviai	km	1408,47
Apsauginiai grioviai	km	212,1
Pylimai	km	1,7
Hidrotechnikos statiniai	vnt.	1769
Iš jų		
Regulatoriai (slenksčiai, greitvietės)	vnt.	15
Tiltai	vnt.	52
Vandens pralaidos	vnt.	1637
Kiti (lieptai)	vnt.	65
Hidrotechnikos statiniai su tvenkiniais	vnt.	15
Tvenkiniai	ha	841

Atlikus vizualinius – natūrinius tyrimus užtvankų būklę pagal statybos techninį reglamentą STR 1.07.03:2017 buvo įvertinta dešimties balų sistemoje: 0 balų – puiki, nepriekaištinga būklė, 0–2 – gera būklė, 2,1–4 balai – vidutinė, 4,1–6 balai – patenkinama būklė, 6,1–8 – nepatenkinama – bloga būklė, 8,1–10 balų – labai bloga būklė. Vertinant užtvankų būklę gedimai buvo klasifikuojami į pagrindinius užtvankų defektus, kuriuos galima pašalinti tik atlikus didesnės apimties kapitalinio remonto darbus ir eksploatacijos trūkumus, kurie gali būti pašalinti pagerinus užtvankų priežiūrą.

2017 ir 2021 m. Telšių rajone, atlikus šešių hidromazgų natūrinius – vizualinius tyrimus, nustatyta jų techninė būklė,

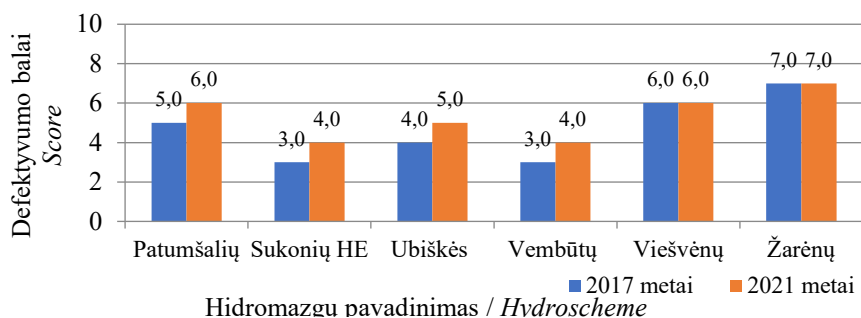
įvertintas kiekvieno statinio elementas atskirai. Tyrimo rezultatai parodė, kad hidromazgų techninė būklė yra patenkinama, o būklė svyruoja nuo 2,8 iki 5,7 balo. Telšių rajono hidromazgų techninės būklės vertinimai pateikti 2 lentelėje. Kaip matyti visų hidromazgų būklė blogėjo, o didžiausias blogėjimo greitis Vembūtų hidromazgo – 0,25 balo per metus.

Telšių rajone hidromazgų techninė būklė yra patenkinama, tai parodo, kad jie yra prižiūrimi, o atsiradusios statinių elementuose deformacijos pašalinamos atlikus paprastojo remonto darbus. Analizuojant hidromazgų atskirus elementus ir jų technines būkles (žiūrėti 2, 3, 4 ir 5 pav.).

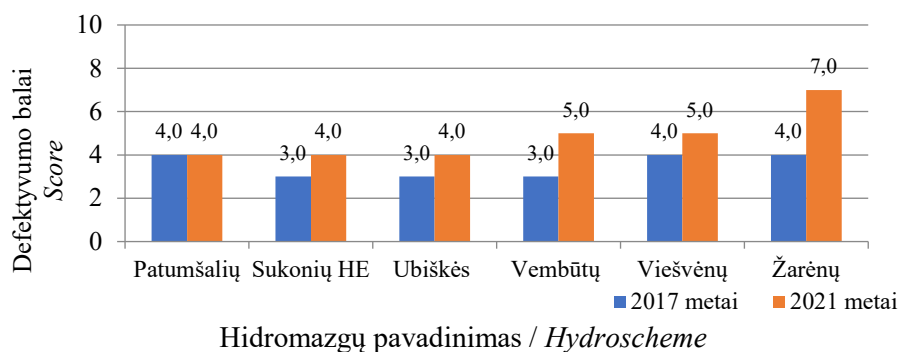
2 lentelė. Telšių rajono hidromazgų techninės būklės 2017 ir 2021 metų įvertinimo suvestinė

Table 2. Results of the technical condition of Telšiai hydroschemes in 2017 and 2021

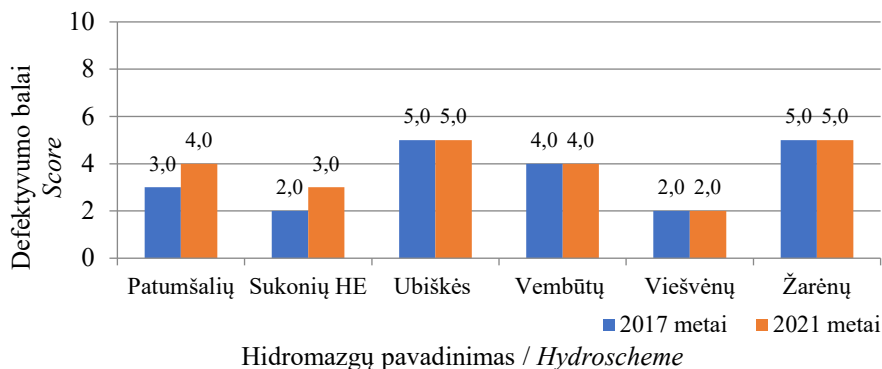
Hidromazgas <i>Hydroscheme</i>	Techninės būklės balas <i>Technical condition score</i> B _u (2017 m.)	Būklė <i>Condition</i> (2017 m.)	Techninės būklės balas <i>Technical condition score</i> B _u (2021 m.)	Būklė <i>Condition</i> (2021 m.)	Būklės kitimo greitis <i>Condition change speed</i> balas/metus
Patumšalių	4.6	Patenkinama	4.8	Patenkinama	0,05
Sukončių HE	3.8	Vidutinė	4.5	Patenkinama	0,175
Ubiškės	4.4	Patenkinama	4.5	Patenkinama	0,025
Vembūtų	2.8	Vidutinė	3.8	Vidutinė	0,25
Viešvėnų	3.5	Vidutinė	3.8	Vidutinė	0,075
Žarėnų	5.0	Patenkinama	5.7	Patenkinama	0,175



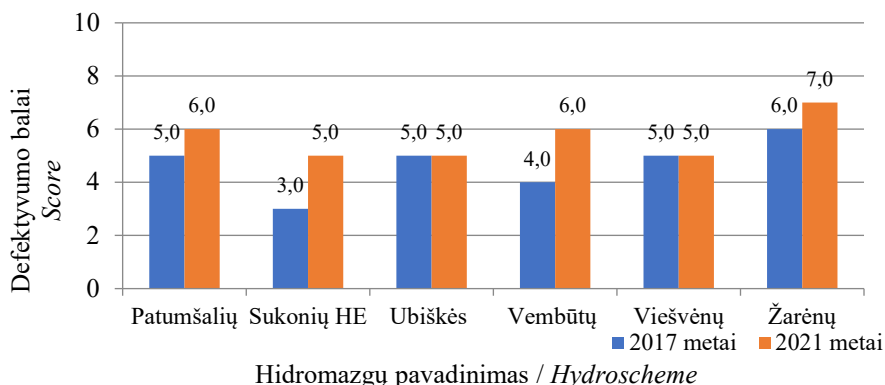
2 pav. Žemių užtvankų aukštutinio šlaito defektyvumo balai
Fig. 2. Condition Score of upper slope of earth dam



3 pav. Žemių užtvankų žemutinio šlaito defektyvumo balai
Fig. 3. Condition Score of lower slope of earth dam



4 pav. PVP įtekėjimo dalies defektyvumo balai.
Fig. 4. Condition Score of spillway



5 pav. PVP ištekėjimo dalies defektyvumo balai.
Fig. 5. Condition Score of outlet

Atlikus šių hidromazgų statinių atskirų elementų analizę, galima teigti, kad prasčiausia padėtis yra hidromazgų žemių užtvankų aukštutiniuose šlaituose. Pagrindinis šlaito tvirtinimas visuose žemių užtvankose yra įrengtas iš surenkamųjų gelžbetoninių plokščių. Plokštės yra apaugusios samanomis, matomi plokščių išplovimai bei erozijos požymiai. Plokštės yra susikėlinėjusios, kurių vietose auga žolė. Hidromazgų ŽU žemutiniuose šlaituose gausiai auga medžiai, krūmai ir aukšta žolė. Taip pat žymų defektų ir pažaidų pagausėjimą, galime pastebėti ir hidromazgų PVP išteikėjimo dalyje, atraminėse sienose (ramtuose) yra matomi plyšiai bei patrupėjimai, taip pat formuojasi plyšiai su prisisunkiančio vandens ir išplaunamo kalcio požymiais. Pastebėta, kad tik Ubiškės ir Viešvėnų hidromazguose yra įrengtas drenažas, kitur tai yra užtvankų papėdžių užmirkimo priežastis.

Įvertinus hidromazgų techninę būklę, nustačius defektus ir pažaidas yra būtina vienus nedelsiant pašalinti, o kitus – stebėti, siekiant nustatyti įtakojančius veiksniai defektų ir pažaidų atsiradimui, taip bus galima tiksliai pritaikyti remonto būdą. Remonto metu nedelsiant yra šalinami defektai ir pažaidos, kurie mažina elementų ir konstrukcijų laikomąją galią, ilgaamžiškumą ir blogina naudojimo savybes.

Remontuojant konstrukcijas dažniausiai siekiama šių tikslų:

1. atstatyti konstrukcijų ir elementų laikomąją galią, standumą bei atsparumą pleišėjimui;
 2. atstatyti konstrukcijų vienalytiškumą, o kartu nelaidumą skysčiams, dujoms;
 3. pagerinti konstrukcijų eksploatacines savybes, užtikrinti patogų ir saugų eismą;
 4. apsaugoti armatūrą bei betoną nuo korozijos;
 5. pagerinti statinių bei jų konstrukcijų estetinį vaizdą.
- Pirmenybė turi būti teikiama variantams, kurie leistų palyginti nebrangiai, patikimai ir per trumpiausią laiką (iš dalies ar visai nenutraukiant statinio naudojimo) suremontuoti (rekonstruoti) statinį ar jo konstrukcijas.

Apibendrinant gautus rezultatus galima teigti, kad iškelta hipotezė nepasitvirtino – t.y. hidromazgų būklė keturių metų laikotarpyje blogėjo, todėl būtina kiekvienais metais vykdyti planinius remonto darbus šalinant pažaidas ir jų atsiradimo priežastis. Nevykdant tokių darbų ateityje gali prireikti didelių investicijų vykdant jau kapitalinį remontą. Gauti duomenys patvirtina ir kitų mokslininkų

atliktų tyrimų rezultatus (Šadzevičius ir kt., 2013; 2019; 2021).

Išvados

1. Atlikus 2017 ir 2021 metais Telšių rajone šešių hidromazgų vizualinius – natūrinius tyrimus nustatyta, kad per 4 metus hidromazgų būklė pablogėjo, 2017 m. Patumšalių, Ubiškės, Žarėnų hidromazgų techninė būklė yra patenkinama (4,1–6,0 balai), Sukončių, Vembūtų, Viešvėnų – vidutinė (2,1–4,0 balai), o 2021 m. tik Vembūtų ir Viešvėnų hidromazgų techninė būklė liko vidutinė (3,8 balai).

2. Įvertinus atskirų elementų techninės būklės rezultatus pagrindinės pažaidos yra nustatytos aukštutiniame, žemutiniame žemių užtvankos šlaituose ir perteklinio vandens pralaidos išteikėjimo dalyje, kur defektyvumo balai siekia 7.

3. Pagrindinės pažaidos yra krūmai, medžiai ir žolės augantys tvirtinimo plokščių tarpuose, tvirtinimo plokščių sėdimo deformacijos, perteklinio vandens pralaidos išteikėjimo dalies ramtų įtrūkimai ir išgraužos, risbermos plokščių deformacijos.

Literatūra

1. Damulevičius, V.; Vyčius, J. (2008). *Hidrotechnikos statiniai*: mokomoji knyga. Kaunas, Ardiva.
2. Lietuvos statistikos departamentas. [žiūrėta 2022-03-08]. Prieiga per internetą: <http://osp.stat.gov.lt/informaciniai/pranesimai/?articleId=2572082>.
3. Ruplys, B. (1988). *Hidrotechnikiniai statiniai*. Vilnius, Mokslas.
4. Statybos techninis reglamentas STR 1.07.03:2017 „Statinių techninės ir naudojimo priežiūros tvarka. Naujų nekilnojamojo turto kadastro objektų formavimo tvarka“.
5. Šadzevičius, R., Damulevičius, V., Skominas, R. (2013). The technical state of earth dams in Lithuania. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 21(3).
6. Šadzevičius, R., Skominas, R., Sankauskienė, T., Ramukevičius, D. (2019). Main defects and deteriorations of reinforced concrete structures in the abandoned hydraulic structures of Lithuania. *Proceedings of the 9th International Scientific Conference Rural Development 2019*.
7. Šadzevičius, R., Skominas, R., Radzevičius, A. (2021). Assessment on the Technical State of Spillway Concrete Gravity Dams in Lithuania. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering* 1/28.
8. Tvenkinių katalogas (1998). Aplinkos apsaugos ministerija Hidrografinio tinko tarnyba, Kaunas.
9. VĮ Valstybės žemės fondas (2016). *Melioracijos statinių kiekiai ir vertės*. Melioracijos skyrius, Vilnius.

Dominyka Gailienė

Analysis of the Technical Condition of Hidroschemes in Telšiai Region

Summary

There are 1590 ponds in Lithuania, most of which have hydraulic structures. The buildings used are constantly subjected to aggressive environmental influences and intense loads, which eventually wear out, cause damage, damage the buildings and make them unusable. In 2017 and 2021, 6 hidroschemes in Telšiai district were investigated, structural defects and damage were scored, and the change in the technical condition of the hydroschemes was assessed. According to research results were estimated that during the last 4 years the technical condition of all hydroschemes decreased.

Hydraulic structures, structures, defects.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Dominyka GAILIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros magistrantė. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kauno r. el. paštas: doominyka0@gmail.com.
Dominyka GAILIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department Water Engineering, master student. Address: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kaunas r., e-mail doominyka0@gmail.com.

APLINKA IR SVEIKATA
ENVIRONMENT AND HEALTH

Dr. Algimanto Morkūno – nuoseklios mokslinės, pedagoginės, praktinės – taikomosios ir visuomeninės veiklos reikšmė Lietuvoje

Ona Ragažinskienė, Nerijus Jurkonis

Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodas

2022 metais kovo 1 d. minimas dr. Algimanto Morkūno, buvusio Kauno botanikos sodo ketvirtąjį direktoriaus ir vaistinių augalų skyriaus vadovo, 95-ųjų gimimo metinių jubiliejus, kuris sutampa su Lietuvos pirmojo universiteto šimtmečiu.

Darbo tikslas – įvertinti Algimanto Morkūno mokslinę, pedagoginę, praktinę – taikomąją ir visuomeninę veiklą Lietuvoje, minint 95-ąsias gimimo metines.

Darbo objektas – Dr. Algimanto Morkūno mokslinės, praktinės – taikomosios ir visuomeninės veiklos rezultatai.

Šiuo metu tęsiami dr. Algimanto Morkūno pradėti kompleksiniai, tarpdalykiniai darbai ir vertinami jo moksliniai atradimai. Pažymėtina, kad pasitvirtino mokslinės prognozės apie techninių (aliejinių) bastutinių (*Brassicaceae* Burnett) šeimos ir kitų introdukėtų perspektyvių vaistinių, prieskoninių augalų auginimo ir pritaikymo perspektyvumą šiuolaikinei farmacijai, maisto pramonei, žemdirbystei ir veterinarijai ne tik Lietuvoje, bet ir Pasaulyje.

Algimantas Morkūnas, mokslinė veikla, vaistiniai augalai, Lietuva

Išvadas

2022 metais kovo 1 d. minimas dr. Algimanto Morkūno, buvusio Kauno botanikos sodo ketvirtąjį direktoriaus ir vaistinių augalų skyriaus vadovo, 95-ųjų gimimo metinių jubiliejus, kuris sutampa Lietuvos pirmojo universiteto šimtmečiu (Ragažinskienė, Jurkonis, 2022).

Lietuvos universiteto Matematikos – Gamtos fakulteto posėdžio, įvykusio 1924 m. kovo 15 d. protokole Nr. 62. pažymima, kad 17 klausimu svarstytas Botanikos sodo vedėjo prof. Dr. Konstantino Regelio pareiškimas įsteigti Fredoje Vaistinių augalų auginimo skyrių, kuriam vienbalsiai pritarta ir nutarta vykdyti.

Biografinės žinios (Žukienė, Kostiukevičius, 1998)

Algimantas Morkūnas gimė 1927 m. kovo 1 d. Želvoje, Ukmergės rajone.

1945 m., baigęs Ukmergės vidurinę mokyklą, studijavo Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Farmacijos skyriuje.

1949 m. įgijo provizoriaus (vaistininko) specialybę.

1950 m. dirbo Lietuvos Vyriausioje farmacijos valdyboje.

1951–1954 m. Algimantas Morkūnas kėlė mokslinę kvalifikaciją Lietuvos Mokslų akademijos Biologijos instituto aspirantūroje.

1956 m. apgynė daktaro (tuometinio biologijos mokslų kandidato) disertaciją „Kryžmažiedžių aliejinių augalų kultūra Lietuvos sąlygose“.

Nuo 1959 m. buvo vyresnysis mokslo bendradarbis.

1959 m. Kauno botanikos sodas tapo Lietuvos Mokslų akademijos Botanikos instituto sektoriumi. 1961 07 16–1975 02 01 Lietuvos Mokslų Akademijos prezidiumo nutarimu Algimantas Morkūnas skiriamas šio sodo direktoriumi.

1974–1983 m. Lietuvos Mokslų akademijos prezidiumo nutarimu, dr. Algimantas Morkūnas skiriamas Lietuvos Mokslų akademijos Botanikos instituto Kauno botanikos sodo Vaistinių-techninių ir maistinių-pašarinių augalų sektoriaus vadovu.

Dr. Algimantas Morkūnas Kauno Botanikos sode dirbo 31 metus, iki pat mirties, 1983 m. balandžio 19 d.

Palaidotas Kaune, Seniavos kapinėse.

Tyrimo objektas – dr. Algimanto Morkūno mokslinės, praktinės – taikomosios ir visuomeninės veiklos rezultatai.

Tyrimo tikslas – įvertinti Algimanto Morkūno mokslinę, pedagoginę, praktinę – taikomąją ir visuomeninę veiklą Lietuvoje, minint jo 95-ąsias gimimo metines.

Tyrimų metodika

Tyrimo duomenys gauti, analizuojant mokslinių straipsnių bei literatūros šaltinių duomenis, taikant sisteminę analizės teorinius metodus (Авторское свидетельство, Но. 317367; 291696; Morkūnas 1955; 1957; 1958; 1959; 1960; 1971; 1974;; Научный отчет. Нр. Гос. Рег. 70002908, инв. Нр. Б 226252).

Rezultatai ir jų aptarimas

Aktyvi mokslinė veikla, vykdant vaistinių, techninių (aliejinių), rauginių augalų kompleksinius introdukcijos tyrimus

1951–1954 m. Algimantas Morkūnas kėlė mokslinę kvalifikaciją Lietuvos Mokslų akademijos Biologijos instituto aspirantūroje. Jo mokslinio darbo tyrimų bazė – šio instituto Kauno botanikos sodo Vaistinių augalų skyrius (Dagys, 1965).

Aspirantūros studijų objektas – bastutinių (*Brassicaceae* Burnett) / kryžmažiedžių (*Cruciferae* Juss.) šeimos 9 rūšių augalai: žieminis rapsas (*Brassica napus* var. *deifera* D. C.), baltoji garstyčia (*Sinapis alba* L.), vasarinis rapsas (*Brassica annua* L.) žieminis rapsiukas (*Brassica rapa* var. *deifera* D. C.), abisininė balža (*Crambe abyssinica* Hochst.), sėjamoji garžgarstė (*Eruca sativa* Mill.), rytinė konringija (*Conringia orientalis* (L.) Dumort). Mokslininkas vykdė šių augalų introdukcijos, agrobiologinius, biologiskai veikliųjų medžiagų kiekybės ir kokybės tyrimus bei perspektyvių augalų atranką (Morkūnas, 1955).

1956 m. Algimantas Morkūnas apgynė daktaro (tuometinio biologijos mokslų kandidato) disertaciją „Kryžmažiedžių aliejinių augalų kultūra Lietuvos sąlygose“ (Моркунас, 1956). Šio darbo rezultatai buvo publikuojami Lietuvos Mokslų akademijos mokslo darbų žurnaluose (Morkūnas, 1957).

Algimantas Morkūnas, apgynęs daktaro disertaciją, buvo paskirtas jaunesniuoju moksliniu bendradarbiu

tuometinio Lietuvos Mokslo akademijos Botanikos instituto Kauno botanikos sodo Vaistinių augalų skyriuje. Jis tęsė mokslo tiriamąjį darbą, vykdydamas *Vitis vinifera* L. ir *Juglans regia* L. introdukciją ir aklimatizaciją Lietuvoje (Morkūnas, Lazdauskaitė, 1971).

***Vitis vinifera* L. introdukcija ir atranka Kauno botanikos sode**

1954–1957 m. dr. Algimanto Morkūno mokslinio darbo tema „Ūkiškai vertingų atvirų plotų vynuogių veislių tyrimas“. Tyrimo objektas nuo 1931 m., iš Lozanos vynuogininkystės bandymų stoties (Šveicarijoje) introdukuojamos tikrojo vynmedžio šios veislės: *Šalsa dore*, *Šalsa Vibert*, *Linjan*, *Limberger*, *Oberlin 604* bei surinktos šalyje ir gautos iš Vakarų Europos (Morkūnas, 1958; 1959; 1960; 1971; 1974).

Vaistinių, techninių, maistinių ir prieskoninių-aromatinių augalų, tinkamų liaudies ūkiui, introdukcijos ir aklimatizacijos kompleksiniai tyrimai.

1963–1968 m. dr. Algimanto Morkūnas vadovavo planinio darbo mokslinei temai „Vaistinių augalų tyrimas, jų auginimo būdų, gamtinių resursų ir reprodukcijos klausimų išaiškinimas“ (Morkūnas, Dagytė, 1968; Моркунас, Дагyte, 1968).

Tuo metu dr. Algimantas Morkūnas vadovavo aspirantės Silvijos Judickaitės-Rimkienės disertaciniam darbui „Cinko ir mangano druskų poveikis C, P vitaminų, karotino ir angliavandenių kaupimuisi ir išsilaikymui juodavaisėje aronijoje“ (Юдицайте, 1969).

1970 m. dr. Algimantui Morkūnui ir bendraautoriams iš Politechnikos instituto (dabar Kauno technologijos universitetas) pripažintos autorinės teisės tarptautinės reikšmės išradimui naujam augalų augimo stimuliatoriui, kuriuo prieš sėją apdirbamos *Phaseolus vulgaris* L. sėklos (Авторское свидетельство, Но. 317367; 291696).

1973–1975 m. mokslininkas, vadovaudamas mokslinio darbo temai „Vaistinių-aromatinių augalų biologijos tyrimas bei jų selekcija“, nustatė paprastojo raudonėlio ir ūkiniai vertingų vaistinio valerijono formų vaistinės žaliavos kiekybės ir kokybės kitimo priklausomumą nuo augalų amžiaus, vegetacijos tarpsnio ir tręšimo.

Nuo 1975 m. dr. Algimantas Morkūnas su gausia mokslo darbuotojų grupe pradėjo naujo pobūdžio kompleksinius vaistinių, prieskoninių augalų tyrinėjimus, kurių tema: „Augalinio pasaulio racionalaus panaudojimo, perdirbimo ir apsaugos biologiniai pagrindai“. Tuo laikotarpiu buvo vykdomi ir sutartiniai darbai su Sveikatos apsaugos ministerijos vyriausiąja farmacijos valdyba.

Pažymėtini svarbūs tyrinėjimai biologinių bei cheminių savybių vaistinių, prieskoninių augalų: vaistinės melisos (*Melissa officinalis* L.), pipirmėtės (*Mentha piperita* L.), blakinės kalendros (*Coriandrum sativum* L.), juodgrūdės (*Nigella* L.), peletrūno (vaistinio kėčio) (*Artemisia dracunculus* L.), paprastojo raudonėlio (*Origanum vulgare* L.), tikrosios levandos (*Lavandula angustifolia* Mill.), vaistinio isopo (*Hyssopus officinalis* L.), paprastosios sukatžolės (*Leonurus cardiaca* L.) (Morkūnas, Dagytė, 1975, 1968; Morkūnas ir kt., 1975, 1977, 1983; Моркунас, 1973). Šie introdukuoti vaistiniai, prieskoniniai bei techniniai augalai praturtino vaistinių augalų kolekciją, kurioje iki šiol jie yra auginami ir tiriami (Ragažinskienė ir kt., 2013).

Pažymėtinas šio mokslininko nuopelnas plečiant ir modernizuojant fitocheminę laboratoriją: jis sukūrė dujų chromatografijos-analizės laboratoriją ir tobulino vaistinių augalų cheminės sudėties tyrimų metodus (Моркунас, 1973; Научный отчет. Нр. Гос. Пер. 70002908, инв. Нр. Б 226252.).

Dr. Algimantas Morkūnas aktyviai bendradarbiavo su įvairių institucijų mokslo darbuotojais, geranoriškai siūlė savo idėjas ir patarimus.

Kompleksinio, tarpkryptinio mokslinio darbo rezultatai atspindi daugiau kaip 50-je mokslinių publikacijų ir metodinių knygų. Dalis mokslinių darbų buvo patentuoti.

Administracinė, pedagoginė ir visuomeninė veikla.

Dr. Algimantas Morkūnas Lietuvos Mokslo akademijos Botanikos instituto Kauno botanikos sode dirbo daugiau kaip tris dešimtmečius.

Nuo 1959 m. Kauno botanikos sodas tampa Lietuvos Mokslo akademijos Botanikos instituto sektoriumi, o nuo 1961 m. dr. Algimantas Morkūnas Lietuvos Mokslo Akademijos prezidiumo nutarimu skiriamas sodo direktoriumi. Jis aktyviai dalyvavo mokslinėje, pedagoginėje ir visuomeninėje veikloje 13 metų, eidamas atsakingas ir nelengvas administratoriaus pareigas.

1974 m. Lietuvos Mokslo akademijos Prezidiumo nutarimu, dr. Algimantas Morkūnas skiriamas Kauno botanikos sodo Vaistinių-techninių ir maistinių-pašarinių augalų sektoriaus vadovu.

Be to, mokslininkas, vykdydamas visuomeninę veiklą, buvo ilgametis Kauno Botanikos sodo profsąjungos komiteto, Botanikų ir Farmacininkų mokslinių ir „Žinijos“ draugijų narys.

Šiuo metu tęsiami dr. Algimanto Morkūno pradėti kompleksiniai, tarpdalykiniai darbai ir vertinami jo moksliniai atradimai. Pažymėtina, kad pasitvirtino jo mokslinės prognozės apie techninių (aliejinių) bastutinių (*Brassicaceae* Burnett) šeimos ir kitų introdukuotų perspektyvių vaistinių, prieskoninių augalų auginimo ir pritaikymo perspektyvumą šiuolaikinei farmacijai, maisto pramonei, žemdirbystei ir veterinarijai ne tik Lietuvoje, bet ir Pasaulyje.

2022 m. gegužės 4–6 d. organizuojamos tradicinės kasmetinės 28 tarptautinės mokslinės praktinės konferencijos *Žmogaus ir gamtos sauga 2022* sekcijos *Aplinka ir sveikata* ir seminaro *Vaistinių augalų paieška ir jų taikymas SARS-CoV-2 prevencijai ir gydymui* metu bus pažymėta dr. Algimanto Morkūno mokslinė, praktinė – taikomoji, pedagoginė, šviečiamoji, gamtosauginė ir visuomeninė veikla.

Literatūra

1. Dagys J. (vyr. red.) (1965) Botanikos terminų žodynas. Vilnius, Mintis. p. 660.
2. Morkūnas A. (1955) Kryžmažiedžių šeimos aliejiniai augalai Lietuvos sąlygomis. Disertacija biologijos m. kand. laipsn. (rankraštis), p. 281.
3. Morkūnas A. (1957) Naujieji aliejiniai augalai. Vilnius, Valstybinė politinės ir mokslinės literatūros leidykla, p. 100.
4. Morkūnas, A. (1958). Botanikos sode atvirame grunte auginamų vynuogių charakteristika. – LTSR MA Biologijos instituto darbai, Nr. 3, p. 301–324 (su iliustracijom, santrauka rusų kalba).
5. Morkūnas, A. (1960). Kai kurie duomenys apie vynuogių auginimą lauke Lietuvos TSR sąlygomis. – Lietuvos TSR MA darbai, serija C, 1(21), 87–111 (su iliustracijom, santrauka rusų kalba).

6. Morkūnas, A. (1959). Vynuogių auginimo perspektyvos Lietuvos TSR. – Rinkinys: Pirmosios respublikinės sodininkų ir bitininkų pasitarimas sodininkystės ir bitininkystės klausimais. Vilnius, 87–102.
7. Morkūnas, A. (1971). Vynuogės. Kn.: Mažoji lietuviškoji tarybinė enciklopedija. Vilnius, Nr. 3, p. 792.
8. Morkūnas, A. (1974). Vynuogės. – Kn.: Lietuvos pomologija. Vilnius, Mintis, 153–155.
9. Morkūnas, A., Dagytė, S. (1975). Vaistinis valerijonas. Vilnius, p. 23.
10. Morkūnas, A., Dagytė, S., Jaskonis, J. (1975). Mėtos. Vilnius, Mintis, p. 39.
11. Morkūnas, A., Lazdauskaitė, Ž. (1971). Vynmediniai – *Vitaceae* Juss. Kn.: Lietuvos TSR flora. Vilnius, (4), 645–652.
12. Morkūnas, A. (1959). Pirmasis respublikinis sodininkų ir bitininkų pasitarimas sodininkystės ir bitininkystės išvystymo klausimais. Vilnius, laikraščių ir žurnalų leidykla, p. 128.
13. Morkūnas, A., Dagytė, S. (1968). Sachalininės mėtos auginimo velėninio – glijeinio pajurusio priemolio dirvožemyje patirtis. – Lietuvos TSR MA darbai, serija C, 2(46), 77–83 (reziume lietuvių ir anglų kalbomis).
14. Morkūnas, A., Gudanavičius, S., Dagytė, S. (1977). Augalų introdukcija ir aklimatizacija MA Botanikos instituto Botanikos sode. 1. Vaistinių, techninių ir maistinių augalų introdukcija. – Botanikos mokslų pasiekimai Tarybų Lietuvoje, 212–220.
15. Morkūnas, A. (1983). Vaistinių augalų auginimas (autorių kolektyvas). Vilnius, Mokslas, p. 168.
16. Ragažinskienė, O., Lapinskienė, N., Penkauskienė, E. (2013). *In Memoriam*. Mokslo Lietuva, (4), 60–63.
17. Ragažinskienė, O., Jurkonis, N. (2022). Trys dešimtmečiai Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sode. Gimtoji žemė. Nr. 18 (11 231), p. 5.
18. Žukienė, R., Kostiukevičius, A. (1998). Lietuvos farmacija I tomas (Žymiausi Lietuvos farmacininkai). Vilnius: UAB Farmeka, 199 p.
19. Morkūnas, A. (1956). Maslininės kresčotinės kultūros v sąlygose Lietuvos TSR. Autoreferat dis. Na soisk. Uč. St. Kand. Biol. nauk, Kaunas, 20 str.
20. Morkūnas A., Dagytė C. (1969) Перспективный в условиях Литвы способ посадки мяты перечной. – Lietuvos TSR MA darbai, serija C, 2(49), p. 41–45 (reziume lietuvių ir anglų kalbomis).
21. Моркунас, А., Дагите, С. (1969). Перспективный в условиях Литвы способ посадки мяты перечной. – Lietuvos TSR MA darbai, serija C, 2(49), p. 41–45 (reziume lietuvių ir anglų kalbomis).
22. Моркунас, А., Дагите, С. (1970). Накопление эфирных масел в сортах мяты, культивируемых в ботаническом саду АН Литовской ССР. – Актуальные проблемы изучения эфиромасличных растений и эфирных масел. – Кишинев, с. 99–100.
23. Моркунас, А., Балтрушис, Р., Бересневичюс, З., Мorkунене, М. (1971). Стимулятор роста бобовых растений. – Авторское свидетельство СССР, No. 317367. Бюллетень Нр. 31.
24. Моркунас, А., Балтрушис, Р., Бересневичюс, З., Мorkунене, М. (1971). Стимулятор роста растений. – Авторское свидетельство СССР, No. 291696. Бюллетень Нр. 4.
25. Моркунас, А., Дагите, С. (1971). Влияние способов посадки и минеральных удобрений на урожай и качество сырья валерианы лекарственной. – Ботанические сады Прибалтики. – Рига, Зинатне, с. 425–432.
26. Моркунас, А., Иванаускас, В. (1971). Ботанический сад института ботаники АН Литовской ССР. – Ботанические сады Прибалтики. – Рига, Зинатне, с. 13–23.
27. Юкневичене, Г., Мorkūnas, А., Дагите, С., Пянкусене, Е., Гуданавичюс, С. (1973). Изучение закономерностей накопления биологически важных соединений лекарственными растениями. Научный отчет. Нр. Гос. Рег. 70002908, инв. Нр. Б 226252.
28. Мorkūnas, А., Дагите, С., Юкневичене, Г. (1973). Исследование лаванды колосовой в условиях Литовской ССР. – в кн.: Полезные растения Прибалтийских республик и Белоруссии. В., с. 204–208.
29. Мorkūnas, А., Дагите, С., Юкневичене, Г. (1973). Некоторые вопросы биологии и агротехники иссопа лекарственного. – в кн.: Полезные растения Прибалтийских республик и Белоруссии. В., с. 220–223.
30. Мorkūnas, А., Станкевичене, Н., Дагите, С., Алюконите, А., Мorkунене, М. (1973). Исследование количественного состава эфирных масел некоторых сортов мяты перечной. – в кн.: Полезные растения Прибалтийских республик и Белоруссии. В., с. 225–228.
31. Юдицкайте, С. П. (1969). Влияние солей цинка и марганца на накопление и сохранение витаминов С, Р, каротина и углеводов в черноплодной аронии. Автореферат. Вильнюс.

Ona Ragažinskienė, Nerijus Jurkonis

The Significance of Dr. Algimantas Morkūnas – Consistent Scientific, Pedagogical, Practical and Applied Activities in Lithuania

Summary

On March 1, 2022, we mentioned the fourth director of the Kaunas Botanical Garden and the head of the Department of Medicinal Plants dr. Algimantas Morkūnas 95th birth anniversary which coincide with the centenary of the first university of Lithuania.

The object of research – dr. Algimantas Morkūnas scientific, practical – applied and social activities results. The aim of this work was to evaluate Algimantas Morkūnas' scientific, pedagogical, practical and applied activities in Lithuania, commemorating his 95th birth anniversary.

Currently are being continued dr. Algimantas Morkūnas complex, interdisciplinary works and evaluated his scientific discoveries.

It should be noted that Algimantas Morkūnas scientific predictions about the viability of growing and adapting technical (oil) of (Brassicaceae Burnett) family and other introduced promising medicinal and spice plants to modern pharmacy, food industry, agriculture and veterinary medicine not only in Lithuania but also in the world have been confirmed.

Algimantas Morkūnas, Scientific activity, Medicinal plants, Lithuania

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. kovo mėn.

Ona RAGAŽINSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodas. Doktorė. Profesorė. Adresas: Ž. E. Žilibero g. 4, 46324, Kaunas, Tel. (+370 37) 295287, El. paštas: ona.ragazinskiene@vdu.lt

Ona RAGAŽINSKIENĖ. Botanical Garden of Vytautas Magnus University. Doctor..Professor. Address: Ž. E. Žilibero g. 4, 46324, Kaunas, Tel. (+370 37) 295287, email: ona.ragazinskiene@vdu.lt

Nerijus JURKONIS. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo direktorius, daktaras. Adresas: Ž. E. Žilibero g. 4, 46324, Kaunas. Tel (+370 37) 327907, El. paštas: nerijus.jurkonis@vdu.lt

Nerijus JURKONIS. Botanical Garden of Vytautas Magnus University. Director. Doctor. Address: Ž. E. Žilibero g. 4, 46324, Kaunas. Tel. (+370 37) 327907, e-mail: nerijus.jurkonis@vdu.lt

Žmonių mityba bei įprastinių ir ekologiškų maisto produktų reikšmė žmonių sveikatai

Zita Kavaliauskaitė, Virginija Dulskienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje nagrinėjama, kaip labai svarbu formuoti tinkamą požiūrį į mitybą, kaip vieną svarbiausių sveikatą lemiančių veiksnių. Jame pristatomi tyrimo, kurio tikslas buvo nustatyti ir įvertinti Panevėžio miesto ir rajono gyventojų, dirbančių švietimo įstaigose, mitybos ypatumus, rezultatai. Pateikiamos išvados apie faktorius, turėjusius įtakos tiriamųjų sveikatai, remiantis jų svorio rodikliais. Gauti rezultatai parodė, kad tiriamieji, kurie rinkosi sveikatai palankesnius maisto produktus, tame tarpe ir ekologiškus, turėjo ir palankesnę jų sveikatai svorį.

Maistas, kūno svoris, ekologiško maisto produktai

Įvadas

Mūsų sveikata priklauso nuo įpročių, kokie jie susiformuoja augant, tokie išlieka ir ateityje (Guevara-Valtier, 2020). Mokslininkai teigia, jog vienas svarbiausių veiksnių, daugiausiai įtakančių bendrą sveikatą, yra sveika mityba.

Tyrimai rodo, jog visuomenė maitinasi nesveikai ir to pasekoje atsiranda viršsvoris, alergijos, onkologiniai susirgimai ir kita (Schlesinger, 2019).

Tyrimų tikslas ir objektas – nustatyti mitybai tinkamų ir mažiau tinkamų produktų vartojimo dažnį ir įvertinti jų poveikį sveikatai 100 Panevėžio miesto ir rajono gyventojų, dirbančių švietimo įstaigose.

Tyrimų metodika

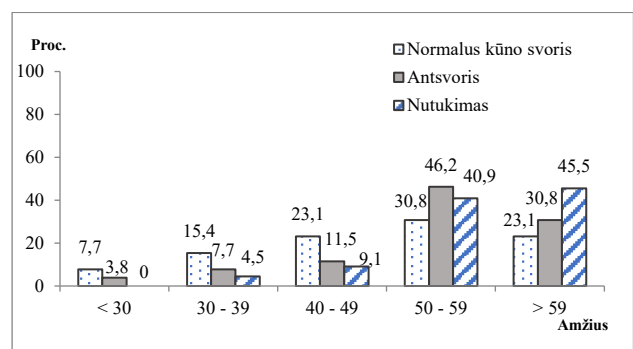
Tyrimas buvo atliktas vykdant anoniminę apklausą. Respondentai raštu atsakė į klausimus apie savo požiūrį į mitybą, dažniausiai pasirenkamus maisto produktus, taip pat nurodė savo kūno svorį, amžių, išsilavinimą, lytį, gyvenamąją vietą. Buvo išdalinta 100 anketų, gauta – 100. Suvedus duomenis į kompiuterinę duomenų bazę, duomenys buvo susisteminti ir buvo atlikta statistinė duomenų analizė. Buvo atliktas požymių skirtumo vertinimas tarp lyginamųjų grupių, taikant Chi kvadrato kriterijų. Nustatytas tiesinis ryšys tarp dviejų kintamųjų, taikant Pearson, Spearman koreliacijos koeficientus. Siekiant įvertinti svorio kitimo rizikos veiksnius buvo taikyta logistinės regresijos vienveiksni ir daugiaveiksni analizė. Logistinės analizės priklausomu kintamuoju buvo pasirinktas požymis, rodantis, kad buvo nustatytas padidėjęs kūno svoris, o nepriklausantys kintamieji – veiksniai, turintys įtakos kūno svorio didėjimui. Buvo nustatytas rizikos veiksnių paplitimas tarp respondentų, turinčių kūno svorio padidėjimą ir turinčių normalų kūno svorį, apskaičiuotas šansų santykis bei 95 proc. pasikliautiniai intervalai. Rezultatai vertinti statistiškai reikšmingi, kai $p < 0,05$.

Rezultatai ir aptarimas

Tyrimo tikslui pasiekti anketose respondentams buvo pateikti klausimai ne tik apie pasirenkamus maisto produktus, jų vartojimą, požiūrį į mitybą, bet ir apie kai kuriuos, tyrime sutikusius dalyvauti respondentų, demografiškus rodiklius. Tyrimo rezultatai parodė, kad tarp 100 tiriamųjų 12 proc. sudarė vyrai, o likusios tyrimo dalyvės

buvo moterys (88 proc.). Tiriamųjų amžius svyravo nuo 29 iki 71 m. Suskirsčius respondentus pagal amžių į grupes, daugiausia tyrimo dalyvių (37 proc.) buvo 50–59 m. amžiaus, tiriamieji 60 ir daugiau metų amžiaus sudarė 30 proc., o jauno darbingo amžiaus tiriamųjų grupėse dalyvių procentas buvo mažesnis: 40–49 m. – 17 proc., 30–39 m. – 11 proc., <30 – 5 proc. Išanalizavus atsakymus apie gyvenamąją vietą paaiškėjo, kad didžioji dalis tyrimo dalyvių gyvena mieste ir tik 7 proc. respondentų savo gyvenamąją vietą nurodė kaimą. Gyvenamąją vietą detalizavus, atsižvelgiant į lytį nustatėme, kad kaime gyvena 5,7 proc. moterų ir 16,7 proc. tyrime dalyvavusių vyrų. Tyrimo duomenų analizė pagal išsilavinimą parodė, kad 58 proc. tyrimo dalyvių turėjo aukštąjį išsilavinimą, 27 proc. – aukštesnįjį, o 15 proc. tiriamųjų nurodė, kad jų išsilavinimas yra vidurinis arba pagrindinis.

Kad galėtume tinkamai įvertinti ar tyrimo dalyviai skiria reikiamą dėmesį savo mitybai, ar renka tinkamus maisto produktus ir kaip tai įtakoja jų sveikatą, turėjome įvertinti jų kūno svorį. Tuo tikslu paprašėme parašyti koks yra tiriamųjų ūgis ir svoris, kad galėtume paskaičiuoti kūno masės indeksą ir jį įvertinti. Tyrimo rezultatai parodė, kad padidėjęs kūno svoris buvo nustatytas 48 proc. tiriamųjų. Tarp jų 26 proc. dalyvių turėjo atsvarį, o 22 proc. buvo priskirti nutukusių grupei. Daugiausia nutukusių respondentų buvo virš 59 metų amžiaus – 45,5 proc., o didžiausias skaičius tyrimo dalyvių turinčių atsvarį buvo 50–59 m. amžiaus grupėje ir sudarė 46,2 proc. Jaunesnio darbingo amžiaus grupėse padidėjęs kūno svoris buvo nustatytas mažesniai procentui tiriamųjų (1 pav.).



1 pav. Respondentų pasiskirstymas procentais kūno svorio kategorijose atsižvelgiant į amžių

Fig. 1. Percentage distribution of respondents by body weight categories by age

Kūno svorio pokyčius vertinant pagal lytį tyrimo rezultatai parodė, kad padidėjusį kūno svorį turėjo 75 proc. tyrime dalyvavusių vyrų ir 44,3 proc. tyrime dalyvavusių moterų, bet antsvorį ir nutukimą turinčių tiriamųjų grupėse moterų buvo žymiai daugiau ir jos sudarė 76,9 proc. ir 86,4 proc. atitinkamai. Mūsų apklausos duomenų analizė parodė, kad tyrimo dalyvių išsilavinimas esminės įtakos kūno svorio didėjimui neturėjo, bet analizuojant sąsajas tarp respondentų gyvenamosios vietos ir jų kūno svorio didėjimo gavome, kad tiek antsvorio (92,3 proc.), tiek nutukimo (90,9 proc.) grupėms priskirti tyrimo dalyviai gyvenamąją vietą dažniausiai nurodė miestą. Kaime gyvenančių ir antsvorį turinčių tiriamųjų buvo 7,7 proc., o kaime gyvenančių ir priskirtų nutukusių grupei sudarė 9,1 proc. apklaustųjų.

Toliau buvo analizuojami respondentų atsakymai į klausimą ar jie reguliuoja savo mitybą. Tyrimo rezultatai parodė, kad lygiai puse tyrimo dalyvių (50 proc.) savo atsakymuose pažymėjo, kad jie kreipia dėmesį į savo mitybą ir ją reguliuoja, o kiti 50 proc. tyrime dalyvavusiųjų nurodė, kad savo mitybos nereguliuoja. Tarp mitybos nereguliuojančių tyrimo dalyvių 22,0 proc. buvo antsvorį turintys ir 16,0 proc. nutukimo grupei priskirti respondentai.

Toliau aiškinomės kokius maisto produktus tyrimo dalyviai laiko tinkamais jų mitybai ir juos dažniausiai renkasi ir kokių maisto produktų vengia arba stengiasi juos vartoti retai. Visi tyrimo dalyviai atsakydami į klausimus nurodė, kad vaisius ir daržoves vartoja kiekvieną dieną arba bent 5–6 kartus per savaitę. Vaisių ir daržovių pasirinkimas buvo panašus. Visi tiriamieji pažymėjo, kad dažniausios

vartojamos daržovės yra bulvės, burokėliai, morkos, kopūstai, agurkai, tik šiek tiek skyrėsi jų vartojimo dažnis. O iš vaisių tyrimo dalyviai pažymėjo, kad dažniausiai valgo obuolius, citrusinius vaisius, bananus. Išanalizavę atsakymus apie mėsos valgymą gavome tokias tendencijas – 49,0 proc. tyrimo dalyvių nurodė, kad kiekvieną dieną arba beveik kiekvieną dieną valgo kiaulieną, 61,9 proc. pažymėjo, kad kiekvieną dieną valgo paukštieną, o jautieną valgantys kiekvieną dieną nurodė 12,4 proc. respondentų. 60,7 proc. tiriamųjų klausimyne pažymėjo, kad jautieną valgo bent kartą per savaitę, o 27 proc. respondentų nurodė, kad jautienos nevalgo niekada. Kad niekada nevalgo kiaulienos, pažymėjo 5,2 proc., o vištienos nevalgantių tarp tyrimo dalyvių nebuvo. Analizuojant svorio kategorijas pastebėjome, kad 5–7 k/sav. kiaulieną valgė 27,7 proc. antsvorio turintys ir 23,4 proc. nutukusių grupei priskirti tyrimo dalyviai. Panašus procentas minėtų svorio kategorijų respondentų (28,3 ir 23,3 proc. atitinkamai) pažymėjo, kad 5–7 k/sav. valgo paukštieną. Žuvį valgantys kelis kartus per savaitę dažniau pažymėjo normalaus svorio grupei priskirti tyrimo dalyviai (53,8 proc.). Analizuojant nesveikus angliavandenius turinčių produktų vartojimo dažnį pastebėjome, kad kai kuriuos iš jų dažniau vartojo didesnį kūno svorį turintys tyrimo dalyviai. 30,0 proc. nutukimo ir 24,0 proc. antsvorį turinčių grupei priskirtų tiriamųjų nurodė, kad 5–7 k/sav. valgo makaronus, o 42,9 proc. turinčių nutukimą ir 29,2 proc. turinčių antsvorį pažymėjo, kad beveik kiekvieną dieną valgo įvairius miltinius blynus (1lentelė).

1 lentelė. Skirtingų svorio kategorijų respondentų maisto produktų vartojimo dažnis procentais

Table 1. Frequency of food consumption by respondents of different weight categories

Maisto produktai	Svorio kategorijos			
	Normalus kūno svoris N (proc.)	Antsvoris N (proc.)	Nutukimas N (proc.)	P
Vaisiai:				
obuoliai	50 (52,6)	25 (26,3)	20 (21,1)	0,606
bananai	48 (52,2)	22 (26,1)	20 (21,3)	0,17
citrusiniai vaisiai	43 (50,6)	22 (25,9)	20 (23,5)	0,405
Daržovės:				
morkos	46 (51,1)	24 (26,7)	18 (22,2)	0,98
burokėliai	49 (51,0)	25 (26,1)	21 (22,9)	0,105
kopūstai	45 (50,0)	25 (27,2)	20 (22,8)	0,388
agurkai	48 (51,6)	24 (25,8)	21 (22,6)	0,865
Mėsa:				
kiauliena	46 (52,1)	25 (27,1)	20 (20,8)	0,712
jautiena	36 (52,8)	16 (25,8)	13 (21,3)	0,417
paukštiena	51 (52,6)	25 (25,8)	21 (21,6)	0,564
Žuvis	48 (52,1)	23 (25,0)	21 (22,9)	0,935
Didelės energetinės vertės patiekalai				
makaronai	44 (51,6)	25 (26,9)	18 (21,5)	0,573
blynai	43 (50,5)	24 (26,4)	20 (23,1)	0,843
bandelės	43 (52,2)	23 (27,8)	16 (20,0)	0,816
sausainiai, pyragai	41 (50,6)	20 (25,3)	19 (24,1)	0,467

Pastaba. P<0,005 (lyginama su niekada nevartojimu).

Išanalizavus atsakymus, kaip augintus vaisius ir daržoves dažniau tiriamieji renka savo mitybai gavome, kad dažniau ekologiškus vaisius valgo (58,3 proc.) normalų kūno svorį turintys tyrimo dalyviai, o antsvorį ir nutukimą turintys respondentai ekologiškus vaisius rinko sėkančiai (25,0 proc. ir 16,7 proc. atitinkamai). Tyrimų analizė parodė, kad panašūs atsakymai buvo gauti vertinant

daržovių pasirinkimą atsižvelgiant į jų auginimą. 52,4 proc. normalų kūno svorį turinčių tyrimo dalyvių, 33,3 proc. antsvorio grupei priskirtų ir 14,3 proc. nutukusių tiriamųjų atsakė, kad mitybai renka ekologiškai augintas daržoves.

Kad apibendrinti analizuotų veiksnių įtaką kūno svorio didėjimui buvo atlikta vienvieksnė ir daugiaveiksnių logistinės regresijos analizė (2 lentelė).

2 lentelė. Veiksniai, turintys įtakos kūno svorio didėjimui

Table 2. Factors Affecting Weight Gain

Veiksniai	Padidėjęs kūno svoris			
	Vienveiksnių analizė (ŠS)	P	Daugiaveiksnių analizė (ŠS ¹)	P
Amžius				
< 45 m.	Lyginamoji gr.			
45 – 59 m.	4,80 (1,41 – 16,35)	0,01	6,76 (1,53 – 24,89)	0,012
>59 m.	6,37 (1,71 – 23,66)	0,007	8,54 (1,76 – 41,38)	0,008
Lytis				
mot.	Lyginamoji gr.			
vyr.	3,76 (0,95 – 14,87)	0,45	5,76 (1,08 – 30,58)	0,04
Išsilavinimas				
aukštasis	Lyginamoji gr.			
vidurinis	1,50 (0,48 – 4,71)	0,51	1,30 (0,37 – 4,56)	0,68
aukštesnysis	1,65 (0,65 – 4,14)	0,51	1,59 (0,56 – 4,51)	0,38
Gyvenamoji vieta				
miestas	Lyginamoji gr.			
kaimas	1,48 (0,31 – 7,0)	0,45	4,49 (0,99 – 34,01)	0,146
Mitybos reguliavimas				
taip	Lyginamoji gr.			
ne	0,94 (0,81 – 1,28)	0,07	0,56 (0,36 – 1,07)	0,43

Buvo įtraukti tokie veiksniai: amžius, lytis, gyvenamoji vieta, išsilavinimas, respondentų požiūris į mitybos reguliavimą. Analizės rezultatai parodė, kad statistiškai reikšmingai didesnę riziką turėti padidėjusį svorį turėjo vyrai (ŠS 5,76; 95 proc. PI 1,08–30,58) ir vyresnis amžius (ŠS 6,76; 95 proc. PI 1,53–24,89 ir ŠS 8,54; 95 proc. PI 1,76–41,38). Tai galima būtų paaiškinti tuo, kad vyrai mažai dėmesio skiria savo mitybai, tai patvirtina ir kitų tyrėjų gauti rezultatai (O'Brien, 2020). Vyresnis amžius yra vienas iš lėtinių ligų rizikos veiksnių, tame tarpe ir kūno svorio didėjimas, nes su amžiumi lėtėja maisto medžiagų pasisavinimas, mažėja fizinis aktyvumas, atsiranda įvairių sveikatos sutrikimų, kurie taip pat įtakoja medžiagų apykaitos pokyčius ir kūno svorio didėjimą. (Tchang, 2020).

Gyvenamoji vieta mūsų atveju esminės įtakos svorio didėjimui neturėjo (2 lentelė), bet gyvenimas mieste turėjo tendenciją didinti antsvorio ir nutukimo riziką, lyginant su gyvenimu kaime. Gal tai galima būtų paaiškinti tuo, kad gyvenantys kaime daugiau juda fiziškai, o fizinis aktyvumas yra vienas iš svorio mažinimo veiksnių. (Chartterjee, 2021). Mūsų tyrimas parodė, kad ir išsilavinimas nei antsvoriui, nei nutukimui įtakos neturėjo, nors moksliniai tyrimai rodo, kad aukštesnio išsilavinimo ir aukštesnio socialinio sluoksnio žmonės žymiai daugiau dėmesio skiria savo mitybai (Endalifer, 2020). Manome, kad mūsų tyrime minėtam veiksniai tiksliai įvertinti buvo per mažas atvejų skaičius. Tyrimo analizė parodė ir dar vieno veiksnio galimą

įtaką kūno svorio didėjimui, tai netinkamas požiūris į mitybą. Moksliniai tyrimai rodo, kad nekreipiant dėmesio į mitybą, valgant didelės energetinės vertės mėsos produktus ir nepakankamai fiziškai judant greitai priauga papildomi kilogramai svorio, o tai sukelia antsvorio ir nutukimo atsiradimą (Schlesinger, 2019).

Išvados

1. Antsvorio ir nutukimo riziką statistiškai reikšmingai didino amžius ir lytis.
2. Išsilavinimas ir gyvenamoji vieta esminės įtakos kūno svorio didėjimui neturėjo.
3. Maisto produktų pasirinkimo analizė parodė, kad vaisių ir daržovių valgymo dažnis panašus visose kūno svorio grupėse. Maisto produktus, turinčius didesnę energetinę vertę dažniau vartojo antsvorį ir nutukimą turintys tyrimo dalyviai.
4. Ekologiškai augintus vaisius ir daržoves dažniau rinko tie tyrimo dalyviai, kurių kūno svoris buvo normalus.

Literatūra

1. Tchang, B. G., Saunders, K. H., & Igel, L. I. (2021). Best practices in the management of overweight and obesity. *Medical Clinics*, 105(1), 149-174.

2. Endalifer, M. L., Diress, G. (2020). Epidemiology, predisposing factors, biomarkers, and prevention mechanism of obesity: a systematic review. *Journal of obesity*, 2020.
3. Schlesinger, S., Neuenschwander, M., Schwedhelm, C., Hoffmann, G., Bechthold, A., Boeing, H., & Schwingshackl, L. (2019). Food groups and risk of overweight, obesity, and weight gain: a systematic review and dose-response meta analysis of prospective studies. *Advances in Nutrition*, 10(2), 205-218.
4. Chatterjee, A., Gerdes, M. W., Martinez, S. G. (2020). Identification of risk factors associated with obesity and overweight—a machine learning overview. *Sensors*, 20(9), 2734.
5. O'Brien, V. M., Nea, F. M., Pourshahidi, L. K., Livingstone, B., Bardon, L., Kelly, C., ... & Corish, C. A. (2020). Over weight and obesity in shift workers: associated dietary and life style factors. *European Journal of Public Health*, 30(3), 579–584.
6. Guevara-Valtier, M. C., Pacheco-Pérez, L. A., Velarde-Valenzuela, L. A., Ruiz-González, K. J., Cárdenas-Villarreal, V., & Gutiérrez-Valverde, J. M. (2021). Social network support and risk factors for obesity and overweight in adolescents. *Enfermería Clínica (English Edition)*, 31(3), 148-155.

Zita Kavaliauskaitė, Virginija Dulskienė

Human Nutrition and Influence of Ecological and Conventional Food on Their Health

Summary

It is important to develop a proper approach to nutrition as one of the most important determinants of health.

The aim and object of the study. To determine and evaluate the nutritional peculiarities of Panevėžys City and District residents.

Methodology of the study. The years 2021–2022, 100 adults. Surveys: Completion of questionnaires. Statistical data analysis using the statistical data package STATISTICA. Evaluation of the difference in traits between comparison groups using Chi-square criteria. Determination of the linear relationship between two variables using Pearson, Spearman correlation coefficients. Assessment of weight change risk factors using single-factor and multivariate analysis of logistic regression. Determination of the prevalence of risk factors among respondents. Calculation of the odds ratio and 95 percent confidence intervals. Evaluation of statistically significant results when $p < 0.05$.

Results of the study. The results of the study showed that an increase in body weight was found in 48 percent of the subjects. Organic fruit is eaten by 58.3 percent of the study participants assigned to the normal body weight group, and among the overweight and obese respondents, 25.0 percent and 16.7 percent, respectively. Similar results were obtained when evaluating vegetable selection. All study participants responded that they consume fruits and vegetables every day or at least 5-6 times a week. The frequency of consumption of fruits and vegetables was similar. We found that some unhealthy carbohydrate-containing products were more commonly consumed by respondents with a higher body weight: 30.0 percent of obese and 24.0 percent of overweight subjects who were assigned to their respective groups eat pasta 5-7 times a week, and 42.9 percent of those who are obese and 29.2 percent of those who are overweight eat a variety of flour-based pancakes almost every day. The results of the study showed that men and older people were at higher risk of gaining weight.

Health, body weight, organic products

Gauta 2022 m. kovo mėn. 15 d., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Zita KAVALIAUSKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto magistrantė.

Virginija DULSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto docentė daktarė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. 8 686 32918, el. paštas: virginija.dulskiene@vdu.lt

Zita KAVALIAUSKAITĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Institute of Environment and Ecology, master student.

Virginija DULSKIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Institute of Environment and Ecology, professor dr. Address: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. 8 686 32918, e-mail: virginija.dulskiene@vdu.lt

Introdukuojamo vaistinio augalo rausvosios rodolės (*Rhodiola rosea* L.) cheminės sudėties analizė

Ona Ragažinskienė¹, Sandra Saunoriūtė¹, Erika Šeinauskienė¹, Liudas Ivanauskas², Mindaugas Marksa²

¹Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodas, ²Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Farmacijos fakultetas

Sprendžiant vaistinių augalų įvairovės ir nacionalinių genetinių išteklių gausinimą introdukcijos metu, svarbią mokslinę ir praktinę reikšmę turi biologiškai veikliųjų junginių tyrimai pasaulyje ir Lietuvoje. Tyrimo objektas – rausvoji rodolė (*Rhodiola rosea* L.) storlapinių šeimos (*Crassulaceae* J. St.-Hil) perspektyvus daugiametis, žolinis, šakniastiebinis, vaistinis augalas. Darbo tikslas – tirti rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų biologiškai veikliųjų medžiagų cheminę sudėtį, atliekant rosavino ir salidrosido kiekinę analizę.

Ilgamečių rausvosios rodolės (*Rhodiola rosea* L.) introdukcijos, vaistinės augalinės žaliavos produktyvumo fenologinių ir cheminės sudėties tyrimų duomenimis nustatyta: visų tirtų augalų kolekcinių pavyzdžių (Nr. 1–7) vegetacijos eiga yra analogiška; rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų svoris kinta priklausomai nuo augalo amžiaus.

Tirtų augalų kolekcinių pavyzdžių (Nr. 1–5) vaistinėje augalinėje žaliavoje – rausvųjų rodolių šakniastiebiuose ir šaknyse (*Rhodiola roseae rhizoma et radix*) susikaupia gliukozidų: rosavino ir salidrosido maksimalūs kiekiai, cheminės sudėties tyrimų pagrindu, atrinkti perspektyvūs individai tolimesniems moksliniams tyrimams ir praktiniam gamybiniam pritaikymui.

Rhodiola rosea (L.), vaistinė augalinė žaliava, rosavinas, salidrosidas

Įvadas

Sprendžiant vaistinių augalų įvairovės ir nacionalinių genetinių išteklių gausinimą introdukcijos metu, svarbią mokslinę ir praktinę reikšmę turi biologiškai veikliųjų junginių tyrimai pasaulyje ir Lietuvoje (Ragažinskienė, 2009; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2011).

Tyrimų objektas – vaistinis augalas rausvoji rodolė (*Rhodiola rosea* L.), introdukuojamas Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo Mokslo skyriaus Vaistinių ir prieskoninių augalų mokslo sektoriaus kolekcijose ir bandymuose ir jos vaistinė augalinė žaliava – rausvųjų rodolių šakniastiebiai ir šaknys (*Rhodiola roseae rhizoma et radix*).

Pirmasis rausvosios rodolės (*Rhodiola rosea* L.) gydomasias savybes aprašė senovės graikų filosofas, gydytojas Dioskoridas I veikale „*De Materia Medica*“ ir pavadino augalą *Rodia riza*. K. Linėjus (1753) augalui suteikė lotynišką vardą *Rhodiola rosea* (L.), kadangi šakniastiebių kvapas primena rožių aliejaus aromatą (Brown, 2002). Pasaulyje yra žinoma 200 *Rhodiola* (L.) genties rūšių, iš kurių – 20 naudojamos įvairių šalių tradicinėje medicinoje (Kelly, 2001).

Rausvųjų rodolių požeminėje dalyje nustatyti pagrindiniai biologiškai veiklieji junginiai: **fenilpropanoidai** – rozavinas, rozinas, rozarinas (Brown et al., 2002; Kjosov, 2000), **feniletanoliniai junginiai** – salidrosidas ir tirozolis (Brown, 2002; Maskovski, 1993; Maskovski, 1998), **flavonoidai** – rodioinas, rodiozinas, acetilrodalginas, tricinas (Brown, 2002; Petkova, 1988; Kjosov, 2000), **triterpenai** – daukosterolis, beta sitosterolis (Brown, 2002), **fenolinės rūgštys** – chlorogeninė, galo, oksalo, citrinos, gintaro (Brown, 2002; Malachov, 1999; Maskovski, 1998). Be to, kaupiasi raugai (iki 20 %), eterinis aliejus (0,05 %), monoterpeniniai angliavandeniliai (25,40 %), monoterpeniniai alkoholiai (23,61 %), alifatiniai alkoholiai (37,54 %). Dominuojantys eterinių aliejų komponentai – n-dekanolis (30,38 %), geraniolis (12,49 %) ir 1,4-p-metadien-7-olis (5,10 %). Šakniastiebiuose nustatyta tirozolio, organinių rūgščių, flavonoidų, laktonų,

taninų, cukrų, mikroelementų (Brown, 2002; Malachov, 1999; Maskovski, 1998).

Trašų poveikio tyrimai rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų derliui bei cheminei sudėčiai atlikti Rusijoje (Elsakov et al., 1999) ir Lenkijoje (Furmanowa et al., 1999). 1994–2002 m. pirmoji ekologiška rausvosios rodolės plantacija įrengta Pietų Suomijoje (Mikelyje), kur įvertintas augalų požeminės dalies vaistinės augalinės žaliavos derlius (Cuerrier et al., 2015; Galambosi et al., 2003; Galambosi, 2004).

Lietuvoje nepakankamai ištirta introdukuojamo vaistinio augalo rausvosios rodolės (*Rhodiola rosea* L.) požeminė dalis ir joje susikaupusios biologiškai veikliosios medžiagos – rosavinas ir salidrosidas.

Darbo tikslas – tirti rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų biologiškai veikliųjų medžiagų cheminę sudėtį, atliekant rosavino ir salidrosido kiekinę analizę.

Tyrimų metodika

Tyrimo vieta ir auginimo sąlygos. Kaunas pagal klimatinį rajonavimą – tai Vidurio Lietuvos Žemumos rajono dalis (vidutinė metinė oro temperatūra +6,7 °C, (ΣT>10°C–2300, T° n (m) – 24–26°C), metinis kritulių kiekis 500–750 mm). Daugiametis meteorologinių stebėjimų duomenimis šalčiausias mėnuo yra sausis, o šilčiausias – liepa ir rugpjūtis. Šiltuoju laikotarpiu iškrenta 60 % metinių kritulių. Vegetacijos trukmė – 200 dienų (Bukantis, 1994). Čia vyrauja molingos lygumos (70–150 m virš jūros lygio) ir drėgni, glėjiškų rudžemių dirvožemiai.

Šių tyrimų objektas – rausvoji rodolė (*Rhodiola rosea* L.) storlapinių šeimos (*Crassulaceae* J. St.-Hil) daugiametis žolinis augalas, kurio kilmės arealas – Šiaurės Azijos šalys. Tiriamųjų objektų – augalų kolekciniai pavyzdžiai (numeriai 1–7) auginami Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo Mokslo skyriaus Vaistinių ir prieskoninių augalų mokslo sektoriaus kolekcijose ir bandymuose. Šių augalų kolekcinių pavyzdžių vaistinės augalinės žaliavos – rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų (*Rhodiola roseae rhizoma et radix*) biologiškai veikliųjų medžiagų fenilpropanoidų ir feniletanolinių cheminės

sudėties – rosavino ir salidrosido kiekinė analizė, atlikta efektyviosios skysčių chromatografijos – masių spektrometrijos metodu (Rimkienė ir kt., 2015). Naudota „Waters 2695 Alliance“ chromatografinė sistema (Waters, JAV); biologiškai veikliesiems junginiams skirstyti – (4,6 × 150 mm) 5 μm sorbento dalelių dydžio ACE C18 kolonėlė (Advanced Chromatography Technologies, Didžioji Britanija) su 5 μm ACE C18 prieškolonėlė (Advanced Chromatography Technologies, Didžioji Britanija).

Šių kompleksinių, tarpkryptinių tyrimų metu naudoti įvairūs metodai (Kulienė, 1983; Lapinskiene, 1993; Juknevičienė ir kt., 2000; Maruška ir kt., 2006; Ragažinskienė, 2009; Ph. Eur. 10; 2021).

Vaistinės augalinės žaliavos bandinių masės skirtumai įvertinti, taikant vienfaktorinę dispersinę analizę ANOVA bei pritaikius daugkartinių palyginimų Turkeys's testą. Cheminės analizės duomenys analizuoti, naudojant statistinį duomenų analizės paketą SPSS 11.0 ir „Microsoft Excel 2010“. Skirtumai laikyti statistiškai patikimais, kai $p < 0,05$ (Čekanavičius ir kt., 2001).

Rezultatai ir aptarimas

Rausvoji rodolė (*Rhodiola rosea* L.) storlapinių šeimos (*Crassulaceae* J. St.-Hil) augalas, kurio arealas Šiaurės Azijos šalys. Tai daugiameis žolinis, šakniastiebinis vaistinis augalas. Jo požeminė dalis – stambus, gumbo pavidalo šakniastiebis su pridėtinėmis šaknimis. Šakniastiebio paviršius nelygus, su silpnu perlamutrinu blizgesiu, rožinio aromato.

Pateiktų tyrimų duomenimis, vaistinėje augalinėje žaliavoje – rausvųjų rodolių šakniastiebiuose ir šaknyse (*Rhodiola roseae rhizoma et radix*) nustatyti du glikozidai: rosavinas ir salidrosidas (1 lentelė). *Rhodiola rosea* (L.) kolekcinio pavyzdžio Nr. 3 požeminėje dalyje susikaupia maksimalus ($5,10 \pm 0,02$ %) rosavino kiekis, minimalus ($2,38 \pm 0,01$ %) – Nr. 6. Rusijos farmakopėjoje nurodyta, kad glikozidų suma išreikšta rosavimui, turi būti ne mažesnė 1 % (ГФ XI, 2015).

Augalų kolekcinų pavyzdžių Nr. 6–7 požeminėje dalyje susikaupia maksimalus ($0,72 \pm 0,01$ %) salidrosido kiekis, minimalus ($0,29 \pm 0,01$ %) – Nr. 1.

Pažymėtina, kad XX a. pirmoje pusėje rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų kokybė vertinama pagal salidrosido kiekį, kurio koncentracija turėjo būti ne mažesnė kaip 0,8 % (Dubichev et al., 1991).

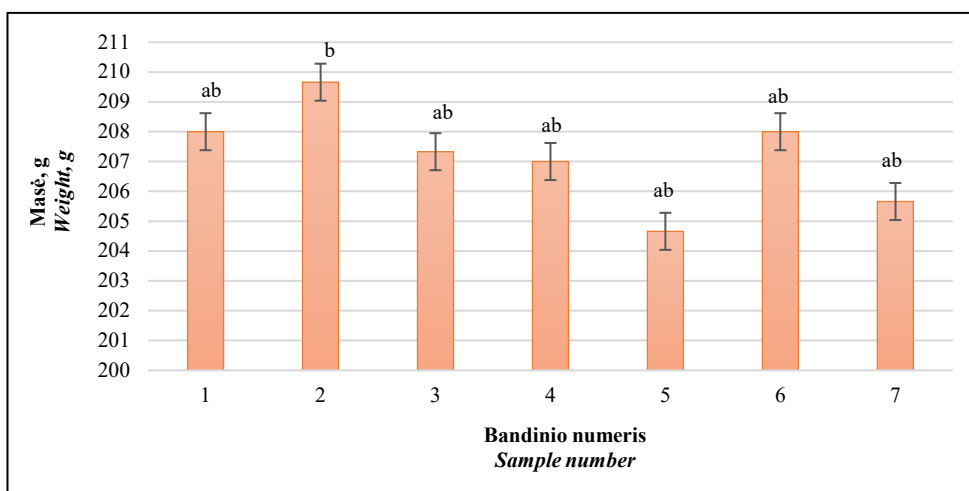
A. G. Dubichev su bendraautorais (1991) įrodė, kad *Rhodiola rosea* (L.) požeminėje dalyje susikaupia specifiniai biologiškai veiklieji junginiai – fenilpropanoidai: rozavinas, rozinas ir rozarinas (Dubichev et al., 1991).

Nuo XX a. antros pusės augaliniai vaistiniai preparatai – rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų ekstraktai yra standartizuojami pagal rosavino ir salidrosido kiekį. Klinikiniams tyrimams naudojamas standartizuotas rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų skystas ekstraktas, kuriame yra ne mažiau kaip 3,0 % rosavino ir 0,8–1,0 % salidrosido; šių junginių santykis 3:1 (Brown, 2002; Dubichev et al., 1991).

Tiriamųjų objektų augalų pavyzdžių numeriai 1–7 auginami ir tiriami karbonatingame glėjiškame rudžemio dirvožemyje, kurio agrocheminės savybės: reakcija neutrali – pH (7,4); didelis fosforingumas – P_2O_5 (306 mg/kg); mažas kalkingumas – K_2O (121 mg/kg).

Ilgamečių (11 metų) fenologinių tyrimų duomenimis nustatyta, kad visų tiriamų augalų kolekcinų pavyzdžių (Nr. 1–7) yra analogiška vegetacijos eiga, kuri pasireiškia stebint augalų atskirų tarpsnių trukmę. Rausvosios rodolės vegetacija priklauso nuo meteorologinių veiksnių dinamikos atskirais metais, mėnesiais bei vegetacijos tarpsniais. Vegetacijos pradžia – balandžio pradžia, vegetacijos pabaiga – rugpjūčio vidurys, žydėjimo tarpsnis gegužė – birželis; žydėjimo trukmė 13–20 dienų. Augalai sėklų nesubrandina. Vegetacijos trukmė 115–129 dienos (Ragažinskienė ir kt., 2021).

Tiriamųjų penktų auginimo metų augalų kolekcinų pavyzdžių (Nr. 1–7) – vaistinė augalinė žaliava – rausvųjų rodolių šakniastiebiai ir šaknys (*Rhodiola roseae rhizoma et radix*), kurių orasausės masės vidutinis svoris 204,7–209,6 g. Nustatyta, kad rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų svoris kinta priklausomai nuo augalo amžiaus (1 pav.).



1 pav. Penktųjų auginimo metų *Rhodiola rosea* (L.) augalų kolekcinų pavyzdžių (Nr. 1–7) požeminės dalies orasausės masės vidutinis svoris (g).

Fig. 1. Underground mass weight average (g) of *Rhodiola rosea* (L.) plants in the fifth year of cultivation (No. 1–7).

1 lentelė. Rausvųjų rodolių šakniastiebiuose ir šaknyse susikaupusio rosavino ir salidrosido kiekinės analizės duomenys. VDU BSMS VAMS, 2020

Table 1. Quantitative amount of rosavin and salidroside in *Rhodiola rosea* (L.) rhizomes and roots. VMU BGSD MPSS, 2020

Augalų kolekcinių pavyzdžių numeriai Plant collection sample numbers	Biologiškai veiklieji junginiai Biologically active compounds	Kiekis, % Amount, %
1	Rosavinas/Rosavin	3,90±0,01
	Salidroside/Salidroside	0,29±0,02
2	Rosavinas/Rosavin	4,45±0,01
	Salidroside/Salidroside	0,47±0,03
3	Rosavinas/Rosavin	5,10±0,02
	Salidroside/Salidroside	0,50±0,02
4	Rosavinas/Rosavin	4,51±0,01
	Salidroside/Salidroside	0,50±0,02
5	Rosavinas/Rosavin	4,94±0,02
	Salidroside/Salidroside	0,64±0,01
6	Rosavinas/Rosavin	2,08±0,01
	Salidroside/Salidroside	0,72±0,01
7	Rosavinas/Rosavin	2,38±0,01
	Salidroside/Salidroside	0,72±0,01

Išvados

1. 1965–2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo Mokslo skyriaus Vaistinių ir prieskoninių augalų mokslo sektoriaus Vaistinių augalų kolekcijoje vykdytų ilgamečių rausvosios rodolės (*Rhodiola rosea* L.) introdukcijos, fenologinių ir cheminės sudėties tyrimų duomenimis nustatyta:

2. Visų tirtų augalų kolekcinių pavyzdžių (Nr. 1–7) vegetacijos eiga yra analogiška. Rausvųjų rodolių šakniastiebių ir šaknų svoris kinta priklausomai nuo augalo amžiaus.

3. Tirtų augalų kolekcinių pavyzdžių (Nr. 1–5) vaistinėje augalinėje žaliavoje – rausvųjų rodolių šakniastiebiuose ir šaknyse (*Rhodiola rosea* L. rhizoma et radix) nustatyti maksimalūs kiekiai dviejų glikozidų: rosavino ir salidrosido. Cheminės sudėties tyrimų pagrindu, atrinkti perspektyvūs individai tolimiesiems moksliniams tyrimams ir praktiniam gamybiniam pritaikymui.

Padėka

Šis tyrimas atliktas pagal 2014–2020 metų Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programos 1 prioriteto „Mokslinių tyrimų, eksperimentinės plėtros ir inovacijų skatinimas“ priemonę Nr. 01.2.1-MITA-T-851 „Inočekiai“. Dotacijos sutartis Nr. 01.2.1-MITA-T-851-01-0069

Literatūra

- Cuerrier, A., Ampong-Nyarko, K. (2015). *Rhodiola rosea*. Traditional Herbal Medicines for Modern Times. CRC Press, 1st edition. ISBN-10: 143988840X, p. 304.
- Brown, R. P., Gerbarg, P. L., Ramazanov, Z. (2002). *Rhodiola rosea* L.: a phytomedical overview. Herbal Gram Journal, (56), 40–52.
- Čekanavičius, V., Murauskas, G. (2001). Statistika ir jos taikymai I. Vilnius: TEV leidykla, p. 239.
- Dubichev, A. G., Kurkin, V. A., Zapesochayna, G. G., Vorontsov E. D. (1991). Chemical composition of the rhizomes of the *Rhodiola rosea* by the HPLC. Chemistry of natural compounds, (27), 161–164.
- Galambosi, B. (2004). Coltivazione della pianta. In: Ramazanov, Z., Ramazanov, A. (eds.). *Rhodiola rosea*. Le origini e la storia. Fitochimica e Farmacologia, 94–100.
- Galambosi, B., Galambosi, Z., Valo, R., Kantanen, S., Kirjonen, H. (2003). Elaboration of cultivation methods for roseroot (*Rhodiola rosea* L.) in Mikkeli, 1994–2002. In: Galambosi, B. (eds.). Use and introduction of medicinal plants with adaptogen effects in Finland. Maa-ja elintarviketalous, (37), 47–62.
- Elsakov, G.V., Gorelova, A. P. (1999). Fertilizer effects on the yield and biochemical composition of rose-root stonecrop in North Kola region. Agrokimiya, (10), 58–61.
- European Pharmacopoeia (2012). EMA/HMPC/232091/2011 Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC) Community herbal monograph on *Rhodiola rosea* L., rhizoma et radix Final. London (GB): European Medicines Agency, Science Medicines. Prieiga per internetą: https://www.ema.europa.eu/documents/herbalmonograph/final-community-herbal-monograph-rhodiola-rosea_en.pdf.
- Furmanowa, M., Kędzia, B., Hartwich, M., Kozłowski, J., Krajewska-Patan, A., Mścisz, A., Jankowiak, J. (1999). Phytochemical and pharmacological properties of *Rhodiola rosea* L. Herba Polonica, (45), 108–13.
- Kelly, G. S. (2001). *Rhodiola rosea*: a possible plant adaptogen. Alternative medicine review, 6(3), 293–302.
- Kjosev, P. A. (2000). Polnyj spravocnik lekastvennykh rastenii. The complete reference book of medicinal herbs, 807–9.
- Lapinskienė, M. N. (1993). Lietuvos agrolandšafto ekosistemų uolinių bendrijų požeminių organų ekomorfoliginis, kiekybinis ir fitocenotinis įvertinimas: gamtos mokslų habilitacinio darbo referatas. Vilnius, p. 43.
- Malachov, G. P. (1999). Sovremenoe travolechenie. Modern herbal treatment, 160–1.
- Maskovski, M. D. (1993). Lekarstvennye sredstva. Remedies, (1), 122.
- Maskovski, M. D. (1998). Lekarstvennye sredstva. Remedies, (1), 131–2.
- Petkova, V. (1988). Sovremennaja fitoterapija. Modern phytotherapy, 344–5.
- Ragažinskienė, O. (2004). Vaistinių augalų tyrinėjimai Vytauto Didžiojo universiteto Kauno botanikos sode. Medicina, 40(80), 801–806.
- Rimkienė, L., Ivanauskas, L., Kubilienė, A., Vitkevičius, K., Kiliuvienė, G., Jakštas, V. (2015). Optimization of a CUPRACbased HPLC postcolumn assay and its applications for *Ginkgo biloba* L. extracts. Journal of analytical methods in chemistry, 1–7.
- Ragažinskienė, O., Lapinskienė, N., Kornysheva, O., Maruška, A. (2008). Introdukavimo metodų taikymas vaistinių augalų biologinėms savybėms, 3(19), 113–117.
- Ragažinskienė, O. (2009). Introdukuojamų vaistinių prieskoninių augalų biologinių savybių įvertinimas ir atranka farmacijos bei

vaistažolininkystės plėtrai Lietuvoje. Habilitacijos procedūrai teikiamų mokslo darbų apžvalga. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla, p. 45.

21. Ragažinskienė, O., Maruška, A., Šeinauskienė, E., Saunoriūtė, S. (2021). Žmogaus ir gamtos sauga 2021: mokslo straipsnių rinkinys = Human and nature safety 2021: selected papers. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, 70–73.
22. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2011). COP 10 Decision X/17. Consolidated update of the Global Strategy for

Plant Conservation 2011–2020. Prieiga per internetą: <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=12283>.

23. Министерство Здравоохранения Российской Федерации Фармакопейная Статья (2015). Родиолы розовой корневища и корни ФС.2.5.0036.15. *Rhodiola roseae rhizomata et radices* Взамен ГФ XI, вып. 2, ст. 75. Prieiga per internetą: <https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0036-15-rodiole-rozovoj-kornevishha-i-korni/>.

Ona Ragažinskienė, Sandra Saunoriūtė, Erika Šeinauskienė, Liudas Ivanauskas, Mindaugas Marksa

Chemical Composition Analysis of the Introduced Medicinal Plant *Rhodiola rosea* (L.)

Summary

Research of biologically active compounds in Lithuania and all over the world have great scientific and practical importance in deciding the diversity of medicinal plants and the increase of national genetic resources during introduction.

The object of research is a promising perennial, herbaceous, rhizome, medicinal plant (*Rhodiola rosea* L.) of (*Crassulaceae* J. St.-Hil) family. The aim of the study was to investigate chemical composition of *Rhodiola rosea* (L.) rhizomes and roots and performed quantitative chemical analysis of rosavin and salidoside.

According to the data of long-term introduction and chemical composition studies of (*Rhodiola rosea* L.) medicinal raw material productivity were established: the vegetation course of all studied plant samples (No. 1–7) are analogous; the weight of rhizomes and roots varies depending on the age of the plant.

In the studied medicinal plant raw material of (*Rhodiola roseae rhizoma et radix*) samples (No. 1–7) accumulated maximum amount of glycosides: rosavin and salidoside. On the basis of chemical composition research, prospective plants were selected for further research and practical production application.

Rhodiola rosea L., medicinal plant raw material, rosavin, salidoside

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Ona RAGAŽINSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo vyresnioji mokslo darbuotoja, profesorė. Adresas: Vilties g. 6A, LT-46324, Kaunas, Tel. (+370 37) 295287, el. paštas: ona.ragazinskiene@vdu.lt

Ona RAGAŽINSKIENĖ. Botanical Garden of Vytautas Magnus University, senior research worker, professor. Address: Vilties 6A, LT-46324, Kaunas, Tel. (+370 37) 295287, e-mail: ona.ragazinskiene@vdu.lt

Sandra SAUNORIŪTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo vyresnioji botaninių kolekcijų kuratorė, doktorantė. Adresas: Vilties g. 6A, LT-46324, Kaunas, Tel. (+370 37) 295287, el. paštas: sandra.saunoriute@vdu.lt

Sandra SAUNORIŪTĖ. Botanical Garden of Vytautas Magnus University, senior curator, PhD student. Address: Vilties 6A, LT-46324, Kaunas, Tel. (+370 37) 295287, e-mail: sandra.saunoriute@vdu.lt

Erika ŠEINAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo vyriausioji botaninių kolekcijų kuratorė, magistrė. Adresas: Vilties g. 6A, LT-46324, Kaunas, Tel. (+370 37) 295287, el. paštas: erika.seinauskiene@vdu.lt

Erika ŠEINAUSKIENĖ. Botanical Garden of Vytautas Magnus University, senior curator, magister. Address: Vilties 6A, LT-46324, Kaunas, Tel. (+370 37) 295287, e-mail: erika.seinauskiene@vdu.lt

Liudas IVANAUSKAS. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Farmacijos fakulteto profesorius. Adresas: Sukilėlių pr. 13, LT-50166, Kaunas, Tel (+370 37 220733), el. paštas: liudas.ivanauskas@lsmuni.lt

Liudas IVANAUSKAS. Lithuanian University of Health Sciences, professor of Pharmacy Faculty. Address: Sukilėlių av. 13, LT-50166, Kaunas, Tel (+370 37 220733), e-mail: liudas.ivanauskas@lsmuni.lt

Mindaugas MARKSA. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Farmacijos fakulteto lektorius. Adresas: Sukilėlių pr. 13, LT-50166, Kaunas. Tel (+370 37 220733), el. paštas: mindaugas.m.lsmu@gmail.com

Mindaugas MARKSA. Lithuanian University of Health Sciences, lecturer of Pharmacy Faculty. Address: Sukilėlių av. 13, LT-50166, Kaunas. Tel (+370 37 220733), e-mail: mindaugas.m.lsmu@gmail.com

Kapsulių su kavos rūgštimi modeliavimas ir biofarmacinis vertinimas

Monika Poškutė, Monika Stančiauskaitė, Kristina Ramanauskienė

Lietuvos sveikatos mokslų universitetas

Kavos rūgštis yra viena iš plačiai paplitusių fenolinių rūgščių augaluose ir egzistuoja daugumos geriamųjų preparatų su augaliniais ekstraktais sudėtyse. Moksliniais tyrimais nustatyta, kad kavos rūgštis pasižymi blogu tirpumu. Aktualu ieškoti būdu pagerinti kavos rūgšties tirpumą, siekiant jos geresnio biopasiravinimo vartojimo metu. Tyrimas vykdytas modeliuojant geriamąsias kapsules. Sumodeliuotos kapsulės su kavos rūgštimi, naudojant skirtingas pagalbines medžiagas. Surimo testo rezultatai parodė, ilgesnis suirimo laikas būdingas kapsulėms, kurių sudėtyje yra hipromeliozės. Tirpimo kinetika *in vitro* nustatyta naudojant mentinį prietaisą. Kavos rūgšties kiekis vertintas spektrofotometrinio metodu. Tyrimų rezultatai parodė, kad kavos rūgšties tirpimo kinetika iš kapsulių priklauso nuo pasirinktų pagalbinių medžiagų. Nustatyta, kad poloksamas 407 ir β -ciklodekstrinas pagerina kavos rūgšties tirpumą. Poloksamas turėjo didesnę teigiamą įtaką kavos rūgšties tirpimo kinetikai, lyginant su β -ciklodekstrinu. Iš kapsulių N7 po 30 minučių išsiskyrė daugiau nei 80 proc. kavos rūgšties. Iš kapsulių N11 tik po 60 minučių išsiskyrė daugiau nei 80 proc. kavos rūgšties. Hipromeliozė prailgino kavos rūgšties tirpimo laiką iš kapsulių.

Kavos rūgštis, kapsulės, tirpimo testas

Įvadas

Pastaraisiais metais farmacijoje vis didesnis dėmesys skiriamas augalinės kilmės veikliesiems junginiams (Mirzaei ir kt., 2021), dėl jų antioksidacinių savybių bei žmogaus sveikatą stiprinančio poveikio (Mirzaei ir kt., 2021). Augalinės kilmės junginiai yra laikomi farmakologiškai aktyviais ir jų taikymas ligų gydyme vis labiau auga. Ypatingas dėmesys skiriamas fenoliniams junginiams dėl jų turimo biologinio poveikio, vienas iš tokių yra kavos rūgštis, kuri pasižymi antimikrobinu, priešuždegiminiu ir antioksidaciniu poveikiu, apsaugo nuo dislipidemijos ir gliukozės kiekio padidėjimo kraujyje (Shiozawa ir kt., 2018). Tačiau dauguma natūralių aktyviųjų junginių dažnai pasižymi blogu tirpumu vandenyje, ne išimtis ir kavos rūgštis (Shiozawa ir kt., 2018). Aktualu ieškoti sprendimų, kurie pagerintų kavos rūgšties tirpumą. Blogas tirpumas yra viena iš priežasčių lemiančių blogą kavos rūgšties biopasiravinimą (Kawabata ir kt., 2011). Kavos rūgštis gamtoje randama laisvos ir esterifikuotos formos. Mokslinių tyrimų metu įrodyta, kad kavos rūgštis organizme yra absorbuojama keliais mechanizmais. Pirmasis absorbcijos mechanizmas, kai kavos rūgštis pasyvios difuzijos būdu absorbuojama skrandyje, nes rūgščioje terpėje būna ne joninės formos (Olthof ir kt., 2001). Maža dalis kavos rūgšties skrandyje yra absorbuojama per enterocitus esančius virškinamojo trakto sienelėje (Espíndola ir kt., 2019). Kavos rūgšties pasyvi difuzija plonojoje žarnoje yra mažai tikėtina, nes ten pH reikšmė yra apie 7 ir kavos rūgštis yra joninės formos, kurią sunku pasisavinti pasyviosios difuzijos būdu (Olthof ir kt., 2001). Antrasis kavos rūgšties absorbcijos mechanizmas vyksta aktyviosios pernašos būdu per natrio jonų kanalus plonojoje žarnoje (Olthof ir kt., 2001). Blogas tirpumas apriboja veikliųjų medžiagų panaudojimą farmacijos pramonėje (Kfoury ir kt., 2019). Aktualu nagrinėti kavos rūgšties taikymo galimybes geriamųjų farmacinių formų modeliavime. Kapsulių modeliavime aktualu naudoti pagalbines medžiagas, kurios pagerintų kavos rūgšties tirpumą. Tokiomis medžiagomis pasirinktas poloksamas 407 ir β -ciklodekstrinas (Kfoury ir kt., 2019; Kolašinac ir kt., 2012). Viena iš galimų farmacinių formų yra kapsulės, todėl yra svarbu įvertinti kaip pasirinktos pagalbinės medžiagos gali turėti įtakos kavos rūgšties tirpimo kinetikai iš kapsulių.

Šio tyrimo tikslas yra sumodeliuoti kapsules su kavos rūgštimi ir atlikti jų biofarmacinį vertinimą.

Tyrimų metodika

Kapsulių gamyba. Kapsuliuojamieji mišiniai gaminami pagal miltelių gamybos technologijos taisykles. Pirmiausia grūstuvėje smulkinama ir maišoma medžiaga, kurios kiekis yra mažiausias. Kuo mažiau yra medžiagos, tuo labiau ją reikia susmulkinti. Įtrynus, į grūstuvę berama ta medžiaga, kurios kiekis yra didesnis. Viskas gerai susmulkinama ir išmaišoma piestelės pagalba. Kapsulės mišiniu užpildomos naudojant kapsulių pildymo mašinėlę.

Kapsulių masės vienodumo testas. Tyrimas atliktas remiantis Europos farmakopėjoje pateikta metodika (European pharmacopoeia, 2020).

Kapsulių suirimo testas. Tyrimas atliktas naudojant magnetinę maišyklę su kaitinamuoju paviršiumi – IKA CMAG HS7. Pasirinkta tirpimo terpė – 0,1 M vandenilio chlorido rūgšties tirpalas, temperatūra palaikoma $37 \pm 0.5^\circ\text{C}$, stebima 30 min. Testas atliekamas iš karto su 6 kapsulėmis. Jei bent 2 kapsulės nesuiro per maksimalų reglamentuojamą laiką, testas kartojamas su dar 12 kapsulių. Tyrimas laikomas pavykusi, jei iš 18 kapsulių suyra ne mažiau kaip 16 (European pharmacopoeia, 2020).

Tirpimo testas in vitro. Kapsulių tirpimo testas atliekamas naudojant mentinį prietaisą „Sotax AT 7 smart“. Į mentinio prietaiso talpyklą įpilama 900 ml akceptorinės terpės – išgryninto vandens (Charalabidis ir kt., 2019). Tirpimo terpė įkaitinama iki $37 \pm 0.5^\circ\text{C}$ temperatūros ir palaikoma viso testo metu. Pasiekus $37 \pm 0.5^\circ\text{C}$ temperatūrą, į terpes įmetamos kapsulės, kai menčių sukimosi greitis yra 100 apsukimų per minutę. Fiksuojaamas laikas, kada kapsulės įdedamos į akceptorinę terpę. Mėginiai imami po 5, 10, 15, 30, 45 min. Imamo mėginio tūris 10 ml. Iš paimtų mėginių imamas 1 ml tirpalo ir skiedžiamas mėgintuvėlyje su distiliuotu vandeniu iki 10 ml. Gauti tirpalai kiekybiškai tiriami spektrofotometrinio metodu, naudojant spektrofotometrą „Agilent 8453 UV-Vis“, kai bangos ilgis 325 nm (Spagnol ir kt., 2015).

Statistinė analizė. Tyrimų rezultatų statistinė duomenų analizė ir grafinis pateikimas atliktas naudojant „Microsoft Office Excel 2019“ ir „Sigma-Plot“ programas. Rezultatuose pateikti trijų tyrimų aritmetiniai vidurkiai ir

standartiniai nuokrypiai. Duomenys, laikyti statistškai reikšmingais, kai p reikšmė buvo mažesnė už 0.05 ($p < 0.05$).

Rezultatai ir aptarimas

Kapsulių su kavos rūgštimi gamyboje užpildu naudotas mikrokristalinės celiuliozės ir silicio dioksido mišinys (PROSOLV SMCC^{TM50}), kaip tirpumą gerinanti medžiaga pasirinktas poloksameras 407 ir β -ciklodekstrinas. Hipromeliozė naudota, kaip veikimą prailginanti medžiaga. Kapsulių sudėtys pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Kapsulių sudėtys
Table 1. Capsule Compositions.

Nr.	KR (mg)	PSM CC (mg)	HPM C (mg)	P407 (mg)	β C (mg)	KM (mg)
N0	100	0	0	0	0	100
N2	100	50	0	0	0	150
N4	100	0	50	0	0	150
N7	100	25	0	25	0	150
N11	100	25	0	0	25	150

Pastaba: Nr. – Mėginio koduotės numeris; KR – kavos rūgštis; PSMCC – PROSOLV SMCC^{TM50}; HPMC – Hypromellose; P407 – Poloksameras 407; β C – β -Cyclodextrin; KM – kapsulės masė.

Tyrimų metu buvo pagaminta kiekvienos sudėties po 30 kapsulių. Modeliuojant kapsulių sudėtis su kavos rūgštimi pasirinktas kavos rūgšties kiekis 100 mg vienoje kapsulėje. Siekiant užpildyti kapsules į kiekvieną kapsulę įterpta atitinkamas kiekis pagalbinių medžiagų.

Pagamintų kapsulių kokybė vertinta atliekant masės vienodumo ir suirimo testus. Tyrimų rezultatai pateikti 2 lentelėje. Visos kapsulės tenkino Europos farmakopėjoje keliamus reikalavimus masės vienodumui. Mūsų tyrimo rezultatai parodė, kad pagamintų kapsulių masė yra mažesnė negu 300 mg, ir masės nuokrypis atitiko 10 proc. ribas nustatytas Europos farmakopėjoje.

2 lentelė. Kapsulių su kavos rūgštimi kokybės rezultatai
Table 2. Quality results of capsules with Caffeic acid.

Nr.	N0	N2	N4	N7	N11
Suirimo laikas, min	4±0.33	4±0.51	15±0.28	6±0.54	6±0.18
Masės vienodumas, g	0.102±0.004	0.151±0.006	0.149±0.005	0.152±0.005	0.151±0.003

Išvados

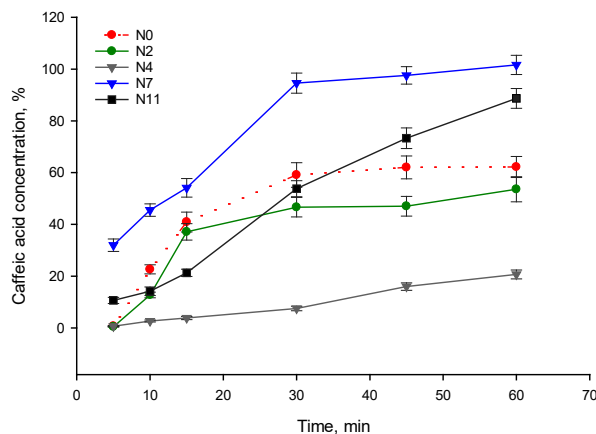
1. Sumodeliuota skirtingų sudėčių kapsulės su kavos rūgštimi, naudojant pagalbines medžiagas kaip užpildus, prailginančias veikimą ir tirpumą gerinančias.

Masės vienodumo testo rezultatai parodė, kad kapsuliuojamo mišinio technologinės savybės užtikrina tikslų mišinio dozavimą į kapsules.

Pagalbinės medžiagos turėjo įtakos kapsulių suirimo laikui. Lėtesniu suirimu pasižymėjo kapsulės kurių sudėtyje yra hipromeliozė.

Kavos rūgšties tirpimo kinetika priklauso nuo pasirinktų pagalbinių medžiagų. Pasirinktas užpildas (Prosolv) nepagerino kavos rūgšties tirpimo kinetikos. Iš kapsulių N2

Eksperimentinio tyrimo rezultatai parodė jog ilgiausiu suirimo laiku pasižymėjo kapsulės N4, kurių sudėtyje yra hipromeliozė. Visos kitos tirtos kapsulės pasižymėjo panašiu suirimo laiku. Nenustatyta statistškai reikšmingo skirtumo ($p > 0.05$) tarp kapsulių N0 ir N2, N7 bei N11 suirimo laiko. Galima teigti, kad šių kapsulių gamyboje pasirinkti užpildai neturi įtakos kapsulių suirimo laikui.



1 pav. Kapsulių su kavos rūgštimi tirpimo kinetika.

Fig. 1. Solubility kinetics of capsules with Caffeic acid.

Iš 1 paveiksle pateiktų duomenų matyti, kad kapsulėms būdinga skirtinga kavos rūgšties tirpimo kinetika. Didžiausias kiekis kavos rūgšties išsiskyrė iš kapsulių N7, kurių sudėtyje yra poloksameras 407, kaip tirpumą gerinanti medžiaga. Iš kapsulių N11 išsiskyrė mažesnis kiekis kavos rūgšties lyginant su kapsulėmis N7, tačiau didesnis lyginant su kapsulėmis N2 ir N0, kurių sudėtyje nėra tirpumą gerinančių medžiagų. Taip pat tyrimo rezultatai parodė, kad hipromeliozė lėtina kavos rūgšties tirpumą ir yra tinkamas komponentas modeliuojant prailginto atpalaidavimo kapsules. Po 60 min. iš visų kapsulių išsiskyręs kavos rūgšties kiekis statistškai reikšmingas ($p < 0.05$) skiriasi.

išsiskyrė mažesnis kiekis kavos rūgšties lyginant su kavos rūgšties tirpimo kinetika be pagalbinių medžiagų. Hipromeliozė prailgina kavos rūgšties išsiskyrimą, po 1 val., didžiausias išsiskyręs kavos rūgšties kiekis buvo apie 20 procentų. Poloksameras 407 turėjo didesnę teigiamą įtaką kavos rūgšties tirpimo kinetikai, lyginant su β -ciklodekstrinu. Iš kapsulių N7 po 30 minučių išsiskyrė daugiau nei 80 proc. kavos rūgšties. Iš N11 tik po 60 minučių išsiskyrė daugiau nei 80 proc. kavos rūgšties.

Literatūra

- Charalabidis, A., Sfouni, M., Bergström, C., & Macheras, P. (2019). The biopharmaceutics classification system (BCS) and the biopharmaceutics drug disposition classification system (BDDCS):

- beyond guidelines. *International journal of pharmaceutics*, 566, 264–281.
2. Espindola, K. M. M., Ferreira, R. G., Narvaez, L. E. M., Silva Rosario, A. C. R., Da Silva, A. H. M., Silva, A. G. B., ... & Monteiro, M. C. (2019). Chemical and pharmacological aspects of caffeic acid and its activity in hepatocarcinoma. *Frontiers in oncology*, 541.
 3. European pharmacopoeia (2020). Strasbourg: European Directorate for the Quality of Medicines & Healthcare, Council of Europe.
 4. Kawabata, Y., Wada, K., Nakatani, M., Yamada, S., & Onoue, S. (2011). Formulation design for poorly water-soluble drugs based on biopharmaceutics classification system: basic approaches and practical applications. *International journal of pharmaceutics*, 420(1), 1–10.
 5. Kfoury, M., Geagea, C., Ruellan, S., Greige-Gerges, H., & Fourmentin, S. (2019). Effect of cyclodextrin and cosolvent on the solubility and antioxidant activity of caffeic acid. *Food Chemistry*, 278, 163–169.
 6. Kolašinac, N., Kachrimanis, K., Homšek, I., Grujić, B., Đurić, Z., & Ibrić, S. (2012). Solubility enhancement of desloratadine by solid dispersion in poloxamers. *International journal of pharmaceutics*, 436(1-2), 161–170.
 7. Mirzaei, S., Gholami, M. H., Zabolian, A., Saleki, H., Farahani, M. V., Hamzehlou, S., ... & Sethi, G. (2021). Caffeic acid and its derivatives as potential modulators of oncogenic molecular pathways: New hope in the fight against cancer. *Pharmacological Research*, 171, 105759.
 8. Olthof, M. R., Hollman, P. C., & Katan, M. B. (2001). Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. *The Journal of nutrition*, 131(1), 66–71.
 9. Shiozawa, R., Inoue, Y., Murata, I., & Kanamoto, I. (2018). Effect of antioxidant activity of caffeic acid with cyclodextrins using ground mixture method. *Asian journal of pharmaceutical sciences*, 13(1), 24–33.
 10. Spagnol, C. M., Oliveira, T. S., Isaac, V. L. B., Corrêa, M. A., & Salgado, H. R. N. (2015). Validation of caffeic acid in emulsion by UV-Spectrophotometric method. *Physical Chemistry*, 5(1), 16–22.

Monika Poškutė, Monika Stančiauskaitė, Kristina Ramanauskienė

Modeling and Biopharmaceutical Evaluation of Capsules with Caffeic Acid

Summary

Caffeic acid is one of the most common phenolic acids in plants and is present in most oral preparations with plant extracts. Research has shown that caffeic acid has poor solubility. It is important to look for ways to improve the solubility of caffeic acid in order to improve its bioavailability. The study was conducted by modeling oral capsules. Capsules of different compositions with caffeic acid were produced using excipients. The Paddle apparatus was used in the capsule dissolution kinetics test. The amount of caffeic acid was evaluated spectrophotometrically. The results of the disintegration test have shown that capsules containing hypromellose have a longer disintegration time. The results of the study showed that the dissolution kinetics of caffeic acid from the capsules depend on the selected excipients. Poloxamer 407 and β -cyclodextrin improve the solubility of caffeic acid. Poloxamer 407 had a greater positive effect on the dissolution kinetics of caffeic acid compared to β -cyclodextrin. More than 80% of the caffeic acid was released from the N7 capsules after 30 minutes. More than 80 percent of caffeic acid was released from the N7 capsules only after 60 minutes. The addition of hypromellose prolonged the dissolution time of caffeic acid from capsules.

Caffeic acid, capsules, dissolution test

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Monika POŠKUTĖ. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto, Medicinos akademijos, Farmacijos fakulteto biomedicinos (farmacijos) mokslų, studentė. Adresas: Sukilėlių pr. 13, Kaunas, Tel. (8 37) 32 72 90, el. paštas: monika.poskute@lsmu.lt

Monika POŠKUTĖ. Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, Faculty of Pharmacy, Biomedical Sciences (Pharmacy), student. Address: Sukilėlių pr. 13, Kaunas, Tel. (8 37) 32 72 90, el. paštas: monika.poskute@lsmu.lt

Monika STANČIAUSKAITĖ. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto, Medicinos akademijos, Farmacijos fakulteto biomedicinos (farmacijos) mokslų, doktorantė, Jaunesnioji mokslo darbuotoja, Asistentė. Adresas: Sukilėlių pr. 13, Kaunas, Tel. (8 37) 32 72 90, el. paštas: monika.stanciauskaite@lsmu.lt

Monika STANČIAUSKAITĖ. Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, Faculty of Pharmacy, Biomedical Sciences (Pharmacy), PhD student, junior researcher, assistant. Address: Sukilėlių pr. 13, Kaunas, Tel. (8 37) 32 72 90, el. paštas: monika.stanciauskaite@lsmu.lt

Kristina RAMANAUSKIENĖ. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto, Medicinos akademijos, Farmacijos fakulteto biomedicinos (farmacijos) mokslų daktaras, profesorė. Adresas: Sukilėlių pr. 13, Kaunas, Tel. (8 37) 32 72 90, el. paštas: kristina.ramanauskiene@lsmuni.lt

Kristina RAMANAUSKIENE. Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, Faculty of Pharmacy, Biomedical Sciences (Pharmacy), PhD, Professor. Address: Sukilėlių pr. 13, Kaunas, Tel. (8 37) 32 72 90, el. paštas: kristina.ramanauskiene@lsmuni.lt

Mikroemulsijų su dekspantenoliu ir resveratroliu modeliavimas ir kokybės vertinimas

Brigita Pronskutė, Vaida Kurapkienė

Lietuvos sveikatos mokslų universitetas

Įvairių dermatologinių ligų, pavyzdžiui, atopinio dermatito profilaktikai bei šios ligos simptomų palengvinimui gali būti naudojamos veikliosios medžiagos, kurios pasižymi antioksidaciniu ir priešuždegiminiu poveikiu: dekspantenolis ir resveratrolis. Siekiant pagerinti šių veikliųjų medžiagų skvarbą į odą bei biologinį pasisavinimą, tikslinga modeliuoti inovatyvias farmacines formas, į kurias būtų galima įterpti dvi skirtingo lipofiliškumo medžiagas. Šio tyrimo tikslas sumodeliuoti mikroemulsijas ir pritaikyti skirtingų dekspantenolio ir resveratrolio kiekių įterpimui, įvertinti jų kokybę. Mikroemulsijos gamintos taikant fazių titravimo metodą. Kokybė įvertinta dinaminio šviesos sklaidos ir fizikiniais – cheminiais analizės metodais.

Mikroemulsijų gamybai kaip surfaktantas pasirinktas Labrasol®, kosurfaktantas – etanolis, hidrofilinė fazė – išgrynintas vanduo, lipofilinė fazė – etilo oleatas. Sumodeliuotos mikroemulsijos, į kurias įterpti skirtingi dekspantenolio ir resveratrolio kiekiai. Nustatyta, kad į mikroemulsijas įterpus 1%, 2,5%, 5% dekspantenolio sistemos elektrinis laidis (8,85 – 16,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ir pH (5,99 – 6,69) statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) padidėjo. Vidutinis dalelių dydis ir kiti kokybės parametrai reikšmingai nekito. Į mikroemulsijas su dekspantenoliu įterpus 1% ir 2% resveratrolio, vidutinis dalelių dydis statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) padidėjo: atitinkamai buvo 58,54 – 61,13 nm ir 82,81 – 85,54 nm, kiti kokybiniai parametrai reikšmingai nekito.

Tyrimo rezultatai parodė, kad sumodeliuotos mikroemulsijos yra tinkamos skirtingų koncentracijų resveratrolio ir dekspantenolio įterpimui ir atitinka joms keliamus kokybės reikalavimus.

Atopinis dermatitas, dekspantenolis, resveratrolis, mikroemulsija, kokybės vertinimas.

Įvadas

Atopinis dermatitas yra lėtinė, recidyvuojanti ir besitęsianti uždegiminė odos liga, pasireiškianti uždegiminiu ląstelių padidėjusia infiltracija bei odos barjerinės funkcijos pablogėjimu [Karuppagounder et al., 2016]. Atopinio dermatito gydymui skiriami vietiniai ar sisteminiai kortikosteroidai, tačiau ilgalaikis jų vartojimas gali sukelti nepageidaujamas odos reakcijas, pvz.: odos atrofiją bei hipopigmentaciją [Somjorn et al., 2021]. Siekiant išvengti nepageidaujamo steroidų poveikio, atopinio dermatito profilaktikai gali būti naudojamos antioksidaciniu ir priešuždegiminiu poveikiu pasižymintios veikliosios medžiagos, pvz.: dekspantenolis ir resveratrolis [Geraghty et al., 2010, Karuppagounder et al., 2016, Somjorn et al., 2021].

Deksapantenolis yra stabilus pantoteno rūgšties analogas, gerai tirpstantis vandenyje [Ehrhardt et al., 2017, Sipos et al., 2014]. Pantenolis gali būti vartojamas kaip drėkiklis, modeliuojant skirtingas farmacines formas, vartojamas ant odos. Jis padidina lipidų biosintezę, pagerina raginio sluoksnio hidrataciją ir sustiprina odos barjerinę funkciją, taip pat pasižymi priešuždegiminiu ir niežulį slopinančiu poveikiu [Geraghty et al., 2010]. Deksapantenolis yra tinkama medžiaga odos sudirginimo, kontaktinio dermatito bei egzemos prevencijai [Ehrhardt et al., 2017].

Resveratrolis (trans-3,5,4'-trihidroksistilbenas) yra natūralus polifenolio fitoaleksinas, kuris pasižymi stipriu antioksidaciniu ir priešuždegiminiu poveikiu [Yutani et al., 2016]. Priešuždegiminis aktyvumas siejamas su atpalaiduojančiu poveikiu kraujagyslėms, dėl kurių pagerėja odos mikrocirkuliacija, todėl yra vertingas dirginančio dermatito atvejais [Karuppagounder et al., 2014]. Dėl savo antioksidacinių savybių resveratrolis stabilizuoja ląstelių dauginimąsi ir pagerina žaizdų gijimą [Hecker et al., 2021]. Nors resveratrolis pasižymi plačiomis terapinio taikymo galimybėmis, kaip ir kitų augalų polifenolių, jo prasiškrėbimas į odą yra ribotas. Siekiant pagerinti resveratrolio tirpumą ir biologinį pasisavinimą, aktualu kurti naujas farmacines formas, tokias kaip mikrostruktūriniai nešikliai, pvz.: mikroemulsijos [Yutani et al., 2016].

Mikroemulsijos – tai optiškai izotropinės sistemos, sudarytos iš vandeninės ir aliejinės fazių bei surfaktanto ir kosurfaktanto komponentų. Tai yra universalios sistemos, kurių skaidrumą ir mažą klampą lemia mažas jas sudarančių dalelių dydis, kuris svyruoja nuo 10 iki 200 nm [Ita, 2017]. Mažas dalelių skersmuo lemia efektyvesnę adheziją su odos paviršiumi, kuri gerina veikliųjų medžiagų tiekimą į odą [Dragicevic et al., 2015]. Šios sistemos geba apsaugoti veikliąsias medžiagas nuo oksidacijos ir fermentinės hidrolizės procesų. Mikroemulsijų modeliavimui naudojami skirtingi komponentai padidina veikliųjų medžiagų tirpumą, todėl į šias formuluotes galima įterpti didelius lipofilinių bei hidrofilinių veikliųjų medžiagų kiekius [Lopes, 2014].

Tyrimo tikslas: sumodeliuoti mikroemulsijas ir pritaikyti skirtingų dekspantenolio ir resveratrolio kiekių įterpimui bei įvertinti jų kokybę.

Tyrimo objektas: mikroemulsijos su dekspantenoliu (ME-DEX), mikroemulsijos su dekspantenoliu ir resveratroliu (ME-DEX-RES).

Tyrimų metodika

Mikroemulsijų (ME) gamybai pasirinktos šios medžiagos: surfaktantas (S) – kaprilo – kaproilo makrogolio gliceridas (KKMG) (Gattefosse Saint-Priest, Prancūzija), kosurfaktantas – etanolis 96 proc. (ET) (AB „Vilniaus degtinė“ Vilnius, Lietuva), hidrofilinė fazė – išgrynintas vanduo, lipofilinė fazė – etilo oleatas (EO) (Alfa Aesar GmbH & Co KG, Karlsruhe, Vokietija), veikliosios medžiagos – resveratrolis (Naturex, Avignon, Prancūzija) ir dekspantenolis (BASF SE, Vokietija).

Ekspimentinių mikroemulsijų gamyba: ME su dekspantenoliu ir resveratroliu modeliuotos remiantis mokslinėje literatūroje pateikta optimalia mikroemulsijos sudėtimi: S/KoS sudarė 59 % (S/KoS santykis 9:1), vandeninė fazė – 39,3 %, o lipofilinė fazė – 1,7 % [Bagdanavičiūtė, 2021]. ME gamybai taikytas titravimo lipofiline faze metodas [Sharma et al., 2015].

ME gamyba atlikta maišant S/KoS mišinį su išgrynintu vandeniu ant magnetinės maišyklės „IKAMAG® C-MAG

HS7“ (IKA-Werke GmbH & Co.KG, Vokietija). Maišymo metu lašinta aliejinė fazė.

ME-DEX-RES gamyba vykdyta į optimalios sudėties ME įterpiant skirtingą kiekį DEX – 1%, 2,5% ir 5%. RES kiekis ME buvo 1% ir 2%. RES ištirpintas S/KoS ir aliejinės fazės mišinyje, o DEX – išgrynintame vandenyje. Ištirpus RES maišymo metu pridėtas išgryninto vandens ir DEX mišinys. Pagamintos ME laikytos tamsoje, siekiant apsaugoti resveratrolį nuo šviesos poveikio.

Termodinaminio stabilumo vertinimas: tyrimai atlikti vykdant šildymo – šaldymo (angl. heating-cooling cycle) ir užšaldymo-atšildymo (angl. freeze-thaw cycle) ciklus [Kumar et al., 2016]. ME šildymo – šaldymo ciklo metu laikytos 4 °C, 20 °C, 32 °C ir 45 °C temperatūrose, o užšaldymo – atšildymo ciklo metu laikytos – 21°C, 4°C, 25 °C temperatūrose ne trumpiau kaip 48 val. [Juškaitė et al., 2015]. ME kokybę vertinta vizualiai, stebint ar neįvyko fazių atsiskyrimo ar susidrumstimo.

Mikroemulsijų kokybinių parametrų tyrimas: vidutinis dalelių dydis (VDD) ir polidispersiškumo indeksas (PDI) įvertintas dinaminės šviesos sklaidos metodu, naudojant Zetasizer Nano ZS analizatorių (Malvern, Didžioji Britanija). pH reikšmės nustatytos naudojant pH metrą 766 Calimatic (Knick, Vokietija), dinaminė klampa įvertinta naudojant Vibro-viskozimetrą SV-10 (A&D Company, Japonija), elektrinis laidis išmatuotas konduktometru

(Cond3110 SET 1, Vokietija). Visi parametrai vertinti pasibaigus ME ekvibracijos laikui (praėjus 24 valandoms po ME pagaminimo), esant 15 – 25 °C temperatūroje.

Statistinė duomenų analizė: atlikta naudojant „IMB SPSS Statistics 27“ ir „MS Excel 2016“ programinę įrangą.

Rezultatai ir aptarimas

Pirmajame tyrimo etape vykdyta DEX koncentracijos atranka. Remiantis mokslinės literatūros duomenimis, atopinio dermatito profilaktikai yra naudojamos vietinio poveikio formulės, kurių sudėtyje yra nuo 2 iki 5% dekspantenolio [Proksch et al. 2017], todėl į optimalios sudėties ME nuspręsta įterpti skirtingus dekspantenolio kiekius 1%, 2,5% ir 5% ir įvertinti pagamintų ME-DEX kokybę.

Pagamintos ME įvertintos vizualiai, nustatyta, jog visos sistemos yra skaidrios, neišsisluoksniavusios. Termodinaminio stabilumo tyrimų metu, visos ME – DEX sistemos išliko termodinamiškai stabilios. Siekiant ištirti dekspantenolio koncentracijos įtaka VDD, PDI, klampai, elektriniam laidžiui ir pH reikšmei buvo lyginami optimalios ME ir ME su skirtingais DEX kiekiais parametrai. Tyrimų rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Optimalios sudėties ME ir ME – DEX (1%, 2,5%, 5%) kokybiniai parametrai
Table 1. Qualitative parameters of optimal composition ME and ME – DEX (1%, 2,5%, 5%)

ME pavadinimas <i>The name of the ME</i>	Z- av. VDD, nm <i>Mean particle size, nm</i>	PDI <i>PDI</i>	Smailių skaičius <i>Peak number</i>	Klampa, mPa·S <i>Viscosity mPa·S</i>	Elektrinis laidis, μS/cm <i>Conductivity, μS/cm</i>	pH <i>pH value</i>
Optimali ME <i>Optimal ME</i>	40,99 ±0,22	0,304 ±0,004	2	25,75±0,36	7,90±0,29	5,36±0,01
ME – DEX 1%	43,03±0,25	0,313±0,009	2	28,35±1,20	8,85±0,07	5,99±0,06
ME – DEX 2,5%	40,60±0,65	0,347±0,056	2	27,05±0,21	12,15±0,21	6,38±0,02
ME – DEX 5%	42,19±0,71	0,459±0,063	2	24,45±1,49	16,05±0,07	6,69±0,04

Tyrimų rezultatai parodė, kad įterpus į optimalios sudėties ME 1%, 2,5%, 5% DEX, sistemos VDD vyravo nuo 40,60 nm iki 43,03 nm. Statistiškai reikšmingo pokyčio tarp įterpiamo į ME DEX kiekio ir VDD nenustatyta ($p>0,05$). Visų eksperimentinių ME VDD buvo mažesnis, nei 200 nm, todėl šios sistemos atitiko joms keliamus dalelių dydžio reikalavimus [Sharma et al., 2015]. ME PDI reikšmės varijavo nuo 0,313 iki 0,459. Atsižvelgiant į mokslinėje literatūroje pateiktas PDI reikšmes, sistemos, kurių PDI reikšmės artimesnės 1 yra laikomos heterogeniškomis [Danaci et al., 2018]. Kadangi visų eksperimentinių ME gautos PDI reikšmės mažesnės nei 0,5, galima teigti, kad šios sistemos yra homogeniškos, dalelės yra pasiskirsčiusios tolygiai.

Atlikus elektrinio laidumo matavimus, nustatyta, kad į optimalios sudėties ME įterpus DEX (1%, 2,5%, 5%), sistemos elektrinio laidžio reikšmės atitinkamai padidėjo 12%, 53,8% ir 103,2 %. Sumodeliuotų eksperimentinių ME pH reikšmės varijavo nuo 5,36 iki 6,69. Statistinė rezultatų analizė parodė statistiškai reikšmingą ($p<0,05$) stiprią tiesioginę koreliaciją tarp įterpiamo DEX kiekio ir elektrinio laidžio ($r=0,971$) bei DEX kiekio ir pH ($r=0,986$): didėjant DEX koncentracijai, elektrinio laidžio reikšmės ir pH

reikšmės didėja. Tyrimo rezultatai patvirtino, kad sumodeliuotos ME yra tinkamos vartojimui ant odos, nes gautos ME-DEX pH reikšmės neviršijo fiziologinio pH intervalo (4,0 – 7,0) tinkamo odos preparatams [Hashem et al., 2011]. Kiti ME kokybiniai parametrai, tokie kaip klampa ir smailių skaičius reikšmingai nekito.

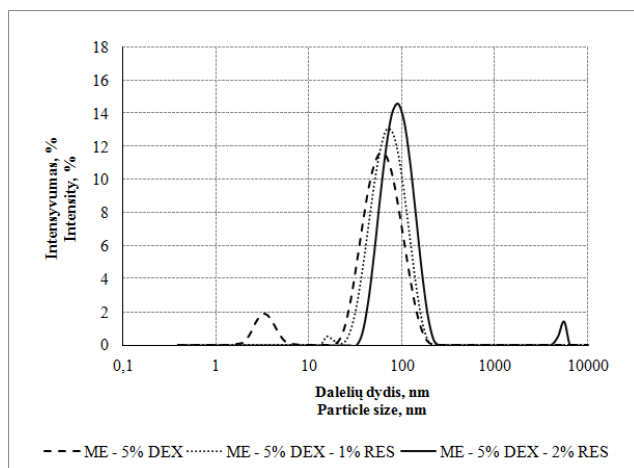
Tyrimo rezultatai parodė, kad visos pagamintos ME-DEX atitiko joms keliamus kokybės reikalavimus, todėl šios sistemos buvo pasirinktos tolimesniems įterpiamo RES kiekio atrankos tyrimams atlikti.

Antrajame tyrimo etape vykdyta resveratrolio kiekio mikroemulsijose su dekspantenoliu atranka. Remiantis moksliniais literatūros duomenimis į vietinio poveikio formulės yra įterpiami skirtingi RES kiekiai – koncentracijos varijuoja nuo 1 iki 5% [Wen et al., 2020], todėl nuspręsta į skirtingas ME-DEX įterpti 1% ir 2% RES. Sumodeliuotos 6 ME-DEX-RES, kurių kokybę vertinta vizualiai. Nustatyta, jog sistemos išliko skaidrios, nesudrumstos, neišsisluoksniavusios. Atlikus termodinaminio stabilumo tyrimus, ME-DEX-RES išliko termodinamiškai stabilios. Kiti ME-DEX-RES kokybiniai parametrai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. ME – DEX (1%, 2,5%, 5%) su 1% ir 2 % RES kokybiniai parametrai.
Table 2. Qualitative parameters of ME – DEX (1%, 2,5%, 5%) with 1% and 2% RES.

ME pavadinimas <i>The name of the ME</i>	Z- av. VDD, nm <i>Mean particle size, nm</i>	PDI <i>PDI</i>	Smailių skaičius <i>Peak number</i>	Klampa, mPa·S <i>Viscosity mPa·S</i>	Elektrinis laidis, μS/cm <i>Conductivity, μS/cm</i>	pH <i>pH value</i>
ME – 1% DEX- 1% RES	61,13±1,03	0,278±0,005	2	26,15±3,47	8,15±0,07	5,93±0,07
ME – 2,5% DEX – 1% RES	58,54±0,79	0,321±0,039	2	27,35±0,64	11,45±0,21	6,29±0,10
ME – 5% DEX – 1% RES	60,02±1,27	0,379±0,017	2	26,9±2,55	15,25±0,07	6,64±0,05
ME – 1% DEX- 2% RES	82,81±0,72	0,264±0,002	2	27,25±2,05	8,25±0,35	6,01±0,06
ME – 2,5% DEX – 2% RES	85,51±3,01	0,340±0,027	2	32,2±1,56	10,2±0,14	6,31±0,04
ME – 5% DEX – 2% RES	82,84±0,98	0,373±0,032	2	27,65±2,33	13,6±0,14	6,62±0,04

Siekiant įvertinti įterpiamo RES kiekio įtaką kokybiniais ME su skirtingais DEX kiekiais parametrams, buvo lygintos ME-DEX su ME-DEX-RES. Gauti tyrimų rezultatai parodė, jog įterpus 1% RES į pasirinktas ME-DEX sistemas, VDD varijavo nuo 58,54 iki 61,13 nm, o įterpus 2% RES – nuo 82,81 iki 85,51 nm. VDD pokytis pavaizduotas 1 paveiksle, jame esančios smailės nurodo dalelių dydžių pasiskirstymą pagal intensyvumą. Atlikti VDD matavimų rezultatai parodė, kad į ME – 5% DEX sistemą įterpus 1% ir 2% RES pastebimi ryškūs smailės aukščio bei jos poslinkio didesnių dalelių link pokyčiai. Panašios smailių kitimo tendencijos pastebėtos ir su kitomis DEX koncentracijomis.



1 pav. VDD pokytis į ME – 5% DEX įterpus 1% ir 2% RES

Fig.1. VDD change to ME – 5% DEX after inserting 1% and 2% RES

Statistinė duomenų analizė parodė statistškai reikšmingą ($p < 0,05$) tiesioginę koreliaciją ($r = 0,851$ ir $r = 0,873$) tarp įterpiamo RES kiekio ir sistemos VDD: įterpiant į ME-DEX 1% ir 2% RES sistemų VDD atitinkamai padidėja. Didžiausios dalelės nustatytos, kai į ME-DEX-RES buvo įterpti 2% RES. Gauti tyrimų rezultatai koreliuoja su mokslinių tyrimų išvadomis, kad ME VDD didėja priklausomai nuo įterpiamo RES kiekio [Juškaitė, 2017]. ME-DEX-RES PDI reikšmės varijavo nuo 0,264 iki

0,379, todėl visos pagamintos ME išliko homogeniškomis. Kiti kokybiniai parametrai kito nereikšmingai.

Apibendrinant gautus tyrimo rezultatus, galima teigti, kad RES įterpimas į ME-DEX sistemas turi įtakos tik sistemų VDD. Kiti kokybiniai ME parametrai, tokie kaip PDI, klampa, elektrinis laidis, pH statistiškai reikšmingai nepakito ($p > 0,05$). Tyrimo rezultatai parodė, kad sumodeliuotos ME-DEX yra tinkamos skirtingų RES koncentracijų įterpimui, nes visos eksperimentinės ME-DEX-RES atitiko joms keliamus kokybės reikalavimus.

Išvados

Atlikus sumodeliuotų ME-RES ir ME-DEX-RES kokybės vertinimą, nustatyta, kad pasirinkta eksperimentinė ME formuluoje yra tinkama skirtingų koncentracijų resveratolio ir deksantenolio įterpimui. Sumodeliuotos ME-RES ir ME-DEX-RES atitiko ME kokybei keliamus reikalavimus ($VDD < 200$ nm, $PDI < 0,400$) bei yra tinkamos vartojimui ant odos. Visos sumodeliuotos ME gali būti pritaikytos kaip resveratolio ir deksantenolio nešikliai, tiekiant šias veikliąsias medžiagas į odą.

Literatūra

1. Danaei, M., Dehghankhold, M., Ataei, S., Hasanzadeh Davarani, F., Javanmard, R., Dokhani, A., Mozafari, M. R. (2018). Impact of Particle Size and Polydispersity Index on the Clinical Applications of Lipidic Nanocarrier Systems. *Pharmaceutics* 2018, Vol. 10, Page 57, 10(2), 57.
2. Dragicevic, N., & Maibach, H. I. (2015). Percutaneous penetration enhancers chemical methods in penetration enhancement: Drug manipulation strategies and vehicle effects. *Percutaneous Penetration Enhancers Chemical Methods in Penetration Enhancement: Drug Manipulation Strategies and Vehicle Effects*, 1–341.
3. Ehrhardt Proksch, Raymond de Bony, Sonja Trapp & Stéphanie Boudon (2017) Topical use of dexpanthenol: a 70th anniversary article, *Journal of Dermatological Treatment*, 28:8, 766-773.
4. Geraghty, L. N., Berson, D. S., & Hirsch, R. (2010). *Ultrapotent Antioxidants and Anti-inflammatory*. 1–15.
5. Hashem, F. M., Shaker, D. S., Ghorab, M. K., Nasr, M., & Ismail, A. (2011). Formulation, characterization, and clinical evaluation of microemulsion containing clotrimazole for topical delivery. *AAPS PharmSciTech*, 12(3), 879–886.
6. Hecker, A., Schellnegger, M., Hofmann, E., Luze, H., Nischwitz, S. P., Kamolz, L. P., & Kotzbeck, P. (2022). The impact of resveratrol on skin wound healing, scarring, and aging. *International Wound Journal*, 19(1), 9–28.

7. Bagdanavičiūtė, I. (2021). Pagalbinių medžiagų įtakos mikroemulsijų modeliavimui ir kokybei vertinimas.
8. Ita, K. (2017). Progress in the use of microemulsions for transdermal and dermal drug delivery. *Pharmaceutical Development and Technology*, Vol. 22, pp. 467–475.
9. Yutani, R., Komori, Y., Takeuchi, A., Teraoka, R., & Kitagawa, S. (2016). Prominent efficiency in skin delivery of resveratrol by novel sucrose oleate microemulsion. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 68(1), 46–55.
10. Juškaitė, V., Ramanauskienė, K., & Briedis, V. (2015). Design and formulation of optimized microemulsions for dermal delivery of resveratrol. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015.
11. Juškaitė V. Vietinio poveikio mikroemulsijų su resveratroliu modeliavimas, optimizavimas ir kokybės vertinimas. *Daktaro disertacija, Biomedicinos mokslai, farmacija*. 2017.
12. Karuppagounder, V., Arumugam, S., Thandavarayan, R. A., Pitchaimani, V., Sreedhar, R., Afrin, R., Watanabe, K. (2014). Resveratrol attenuates HMGB1 signaling and inflammation in house dust mite-induced atopic dermatitis in mice. *International Immunopharmacology*, 23(2), 617–623.
13. Karuppagounder, V., Arumugam, S., Thandavarayan, R. A., Sreedhar, R., Giridharan, V. V., & Watanabe, K. (2016). Molecular targets of quercetin with anti-inflammatory properties in atopic dermatitis. *Drug Discovery Today*, 21(4), 632–639.
14. Kumar, R., Kumar, S., & Sinha, V. R. (2016). Evaluation and Optimization of Water-in-Oil Microemulsion Using Ternary Phase Diagram and Central Composite Design. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 37(2), 166–172.
15. Lopes, L. B. (2014, February 28). Overcoming the cutaneous barrier with microemulsions. *Pharmaceutics*, Vol. 6, pp. 52–77.
16. Proksch, E., de Bony, R., Trapp, S., & Boudon, S. (2017). Topical use of dexpanthenol: a 70th anniversary article. *The Journal of Dermatological Treatment*, 28(8), 766–773.
17. Sharma, A. K., Garg, T., Goyal, A. K., & Rath, G. (2015). Role of microemulsions in advanced drug delivery. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 44(4), 1–9.
18. Sipos, E., Szász, N., Vancea, S., & Ciurba, A. (2014). Evaluation and selection of gel base for the formulation of dexpanthenol products. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13(12), 1987–1992.
19. Somjorn P, Kamanamool N, Kanokkrungsee S, Rojhirunsakool S, Udompataikul M. (2021) A cream containing linoleic acid, 5% dexpanthenol and ceramide in the treatment of atopic dermatitis.
20. Wen, S., Zhang, J., Yang, B., Elias, P. M., & Man, M. Q. (2020). Role of Resveratrol in Regulating Cutaneous Functions. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine : ECAM*, 2020.

Brigita Pronskutė, Vaida Kurapkienė

Microemulsion Containing Dexpanthenol and Resveratrol Modelling and Quality Evaluation

Summary

Dexpanthenol and resveratrol, active substances which have anti-inflammatory and antioxidant properties, can be used for the prevention or symptoms relief of various dermatological diseases such as atopic dermatitis. To improve the penetration into the skin of these active substances it is appropriate to model innovative pharmaceutical forms into which two substances of different lipophilicity could be incorporated. The purpose of this study is to modulate and adjust microemulsions for different dexpanthenol and resveratrol amounts insertions and to evaluate their quality. Microemulsions produced by the phase titration method. Quality was assessed by dynamic light scattering and physico-chemical analysis methods.

Labrasol® was chosen as the surfactant for the production of microemulsions, ethanol as the cosurfactant, purified water as the hydrophilic phase and ethyl oleate as the lipophilic phase. Microemulsions with different amounts of dexpanthenol and resveratrol were modeled. It was evaluated that the incorporation of 1%, 2.5%, 5% dexpanthenol into the microemulsions statistically significantly ($p < 0.05$) increased electrical conductivity (8.85–6.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$) and pH (5.99 – 6.69). The average particle size and other quality parameters did not change significantly. Addition of 1% and 2% resveratrol into microemulsions with dexpanthenol resulted in a statistically significant ($p < 0.05$) increase in mean particle size from 58.54 to 61.13 nm and 82.81 to 85.54 nm respectively, other quality parameters did not change significantly.

The results of the study showed that the modeled microemulsions are suitable for the incorporation of different concentrations of resveratrol and dexpanthenol and meet the quality requirements.

Atopic dermatitis, dexpanthenol, resveratrol, microemulsion, quality evaluation.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Brigita Pronskutė. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Farmacijos fakulteto Klinikinės farmacijos katedros Farmacijos magistro studentė. Adresas: Sukilėlių pr. 13 Kaunas, tel. +370(37)327291, e.p. brigita.pronskute@gmail.com

Brigita Pronskutė. Lithuanian University of Health Sciences Medical academy Faculty of Pharmacy Department of Clinical Pharmacy master student. Address: Sukilėlių pr. 13 Kaunas, Lithuania, phone +370(37)327291, e-mail: brigita.pronskute@gmail.com

Vaida Kurapkienė. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Farmacijos fakulteto Klinikinės farmacijos katedros Farmacijos mokslų daktarė. Adresas: Sukilėlių pr. 13 Kaunas, tel. +370(37)327291, e.p. Vaida.Kurapkiene@lsmu.lt

Vaida Kurapkienė. Lithuanian University of Health Sciences Medical academy Faculty of Pharmacy Department of Clinical Pharmacy PhD in Pharmacy. Address: Sukilėlių pr. 13 Kaunas, Lithuania, phone +370(37)327291, e-mail: Vaida.Kurapkiene@lsmu.lt

Hidrofilinių polimerų įtaka kalio jodido atpalaidavimui iš akių lašų *in vitro*

Irma Selvenytė¹, Asta Marija Inkėnienė¹, Kristina Ramanauskienė¹, Rimantas Pečiūra², Ieva Lesnickienė²

¹LSMU Klinikinės farmacijos katedra, ²LSMU vaistinė

Pagrindinė priežastis, dėl kurios mokslininkai nuolat domisi oftalmologinėmis vaistų formomis, yra mažas vaistinio preparato biologinis pasisavinimas, yra ištirta, jog tik 1–5 proc. vaisto patenka į rageną. Klampą didinančių medžiagų pridėjimas yra viena iš dažniausių naudojamų strategijų, leidžiančių pailginti vaistinio preparato sąlyčio su ragenos/ junginės epitelio laiką. Medžiagos, turinčios tokį poveikį, yra hidrofiliniai polimerai, kurie gali būti natūralūs, pusiau sintetiniai ir sintetiniai. Šio darbo tikslas įvertinti buvo įvertinti, kaip skirtingi hidrofiliniai polimerai veikia kalio jodido pasisavinimą iš akių lašų. Tyrimo objektas – hidrofilinių polimerų daroma įtaka kalio jodido pasisavinimui. Metodai: akių lašai gaminti masės tūrio metodu, atpalaiduotas kalio jodido kiekis vertintas spektrofotometriškai. Nustatyta, jog kalio jodido atpalaidavimui turi įtakos hidrofilinių polimerų pridėjimas į akių lašus.

Kalio jodidas, hidrofiliniai polimerai, klampa, akių lašai, atpalaidavimo tyrimas in vitro

Įvadas

Akis yra unikalus organas tiek anatomiškai, tiek fiziologiškai, kuriame yra keletą labai skirtingų struktūrų, atliekančių nepriklausomas fiziologines funkcijas (Raj et al., 2020). Dėl audinių barjerų ir apsauginių mechanizmų, esančių akyje, pavyzdžiui, ragenos, junginės, refleksinio mirksėjimo ir ašarų latako, atsiranda kliūčių vaistų pasisavinimui akyje (Lynch et al., 2020). Dėl to daugelis įprastų oftalmologinių preparatų, tokių kaip akių lašai, turi mažą biologinį pasisavinimą, kuris siekia vos 5 proc. (Grassiri et al., 2021; Lynch et al., 2020). Tačiau tarp pacientų tai labiausiai paplitęs vaistų vartojimo būdas, akių lašai sudaro 90 proc. parduodamų oftalmologinių preparatų (Grassiri et al., 2021; Patel et al., 2013). Tai gali būti siejama dėl jų vartojimo paprastumo, universalumo ir mažos kainos (Bennett et al., 2020).

Norint padidinti biologinį akių lašų pasisavinimą klampą didinančių ir mukoadhezinių (sukibimą didinančių) medžiagų pridėjimas yra viena iš dažniausių naudojamų strategijų, tuo pačiu leidžiančių pailginti vaistinio preparato sąlyčio su ragenos/junginės epitelio laiką (Salzillo et al., 2016). Medžiagos, turinčios tokį poveikį, yra polimerai, kurie gali būti natūralūs, pusiau sintetiniai ir sintetiniai (Imperiale et al., 2018).

Klampą didinantys polimerai paprastai naudojami akių lašuose, darant prielaidą, kad padidėjus nešiklio klampai, vaistas lėčiau pasisals iš priešakinės srities, ir taip padidins vaisto prasiskverbimą pro rageną į priekinę kamerą. Naudojami polimerai: polivinilo alkoholis (PVA), polivinilpirolidonas (PVP), metilceliuliozė, hidroksietilceliuliozė, hidroksietilceliuliozė, hidroksipropilmetilceliuliozė (HPMC) ir hidroksipropilceliuliozė. Tačiau galimas maksimalus klampos padidėjimas yra iki 15–150 mPa s, nes

didesnis padidėjimas gali sukelti neryškų matymą ir pasipriešinimą akių vokų judesiams (Patel et al., 2013; Raj et al., 2020).

Mukoadheziniai polimerai yra ypač naudingi dėl galimos adhezijos, kuri susidaro dėl polimero grandinių ir ašarų plėvelės mucino sluoksnio sąveikos. Mukoadhezija padidina vaistų sulaikymo laiką ir apsaugo mažas, pažeidžiamas molekules (Bíró ir Aigner, 2019). Bendras poveikis lemia kontroliuojamą vaistų išsiskyrimą, geresnį biologinį pasisavinimą ir vaistų vartojimo režimą (Irimia et al., 2018). Dažniausiai naudojami mukoadheziniai polimerai yra karbomerai, alginatai, metilceliuliozė, hidroksipropilmetilceliuliozė, hidroksietilceliuliozė, chitozanas, tioliuoti polimerai ir hialurono rūgštis. Biopolimerai, tokie kaip hialurono rūgštis, yra naudingi oftalmologinėse kompozicijose dėl biologiškai suderinamų, netoksiškų ir biologiškai skaidžių savybių (Bíró ir Aigner, 2019).

Tyrimų objektas – hidrofilinių polimerų (PVA, chitozano ir HPMC) daroma įtaka kalio jodido atpalaidavimui iš akių lašų.

Tyrimų tikslas – taikant biofarmacinį tyrimą *in vitro* įvertinti hidrofilinių polimerų daromą įtaką kalio jodido atpalaidavimui iš akių lašų.

Tyrimų metodika

Pirmiausia, buvo gaminami skirtingų koncentracijų išvardinti polimerų tirpalai: 1 proc. ir 2 proc. PVA polimeriniai tirpalai, 0,6–0,9 proc. chitozano polimeriniai tirpalai ir 0,5–3 proc. HPMC polimeriniai tirpalai. Vandeninguose polimerų tirpaluose ištirpinta veiklioji vaistinė medžiaga – kalio jodidas 1 proc. Pagamintų akių lašų sudėtis pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. Tiriamųjų akių lašų sudėtis.

Table 1. The composition of the eye drops.

Medžiaga <i>Substance</i>	Medžiagos funkcija <i>function of the substance</i>	Akių lašų sudėtis <i>Eye drops formulation</i>		
		L1	L2	L3
Kalio jodidas <i>Potassium iodide</i>	Veiklioji medžiaga <i>Active ingredient</i>	1 proc.	1 proc.	1 proc.
Išgrynintas vanduo <i>Purified water</i>	Tirpiklis <i>Solvent</i>	Iki reikiamo kiekio <i>to the required amount</i>		
Chitozanas <i>Chitosan</i>	Sudaro klampą <i>forms a viscosity</i>	0,6 – 0,9 proc.		
Pieno rūgštis	pH reikšmės reguliavimui	3,12		

<i>Lactic acid</i>	<i>For pH adjustment</i>			
Fosfatinis buferis <i>phosphate buffer</i>	pH reikšmės reguliavimui <i>For pH adjustment</i>	4,09		
HPMC	Sudaro klampą <i>forms a viscosity</i>		0,5 – 2 proc.	
PVA	Sudaro klampą <i>forms a viscosity</i>			1 ir 2 proc.

Suderinamumo testas. Šio testo tikslas buvo nustatyti su kuriais polimerais kalio jodidas yra suderinamas. Suderinamumui įvertinti naudoti chitozano 0,5 proc. ir 2 proc. tirpalai, polivinilo alkoholio (PVA) 1 proc. ir 2 proc. tirpalai bei hipromeliozės (HPMC) 0,5 proc. tirpalas. Kiekvieno polimerinio tirpalo atmatuota po 50 ml ir į kiekvieną pridėta po 0,5 g kalio jodido. Polimeriniai tirpalai su veikliąja medžiaga palikti stebėjimui 7 paras, po to vizualiai apžiūrėti.

Polimerinių tirpalų gamyba. Reikiamas kiekis polimerinės medžiagos tirpinamas tirpiklyje ant magnetinės maišyklės. Chitozanas tirpsta rūgščioje terpėje, kai pH reikšmė yra < 6, todėl naudojome pieno rūgštį. Hipromeliozė brinkinama 70 °C temperatūroje, tirpsta vėstant. Tirpalų savybės vertinamos po 24 valandų. Į pagamintus polimerinius tirpalus yra ištirpinamas reikiamas kiekis kalio jodido. Papildomai į chitozano tirpalą įpilama fosfatinio buferio. Po to pagaminti nauji tirpalai filtruojami pro mikrofiltrą ir atliekami reikiami tyrimai.

Biofarmacinis tyrimas in vitro. Atpalaidavimo tyrimas buvo vykdomas su 0,65 proc. chitozano akių lašais, 0,55 proc., 1 proc., 2 proc. ir 3 proc. HPMC akių lašais ir kaip kontrolė 1 proc. vandeniniu kalio jodido tirpalu.

Buvo tiriamas kalio jodido atpalaidavimas iš polimerinių tirpalų per pusiau pralaidžią membraną. Donorinė terpė – akių lašų su kalio jodidu 1 proc. tirpalai. Akceptorinė terpė: išgrynintas vanduo. Tyrimas atliekamas, palaikant sistemoje 35 ± 1 °C temperatūrą. Tiriamasis akių lašų tirpalas (10 ml) supilamas į vertikalią difuzinę celę, kurios gale yra pritvirtinta pusiau pralaidi dializės membrana, ir panardinamas į akceptorinę terpę (100 ml). Iš akceptorinės terpės mėginiai (1 ml) imti po 7,5, 15, 22,5, 30, 45, 60 min. nuo tyrimo pradžios, kiekvieną kartą įpilant tokį patį šviežios akceptorinės terpės tūrį.

Kalio jodido kiekis nustatytas spektrofotometrinio metodu, aprašytu mokslininkų H. Sulistyarti et al. Absorbancija matuota esant 615 nm bangos ilgio ir atpalaiduotas kalio jodido kiekis apskaičiuotas naudojant kalibracinę kreivę.

Statistinė analizė. Rezultatų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai apskaičiuoti naudojant Microsoft Office Excel 2010 programą. Tyrimų rezultatų skirtumų reikšmingumas įvertintas naudojant *Studento t* – testą. Skirtumai yra statistiškai reikšmingi, kada $p < 0,05$.

Rezultatai ir jų aptarimas

Pasirinkome tris reikšmes pagal kurias modeliavome akių lašus, tai pH reikšmė (ašarų buferinė talpa leidžia toleruoti pH reikšmes 3,5–8,5 diapazone), lūžio rodiklis ($1,35 \pm 0,01$) ir klampa (maksimalus skvarbos padidėjimas pro rageną vyksta, kai klampa padidėja nuo 15 iki 150 mPa·s) (Baranowski et al., 2014; Güven et al., 2019). Gauta, kad su HPMC pH reikšmė siekė 7, dėl to papildomai nereikėjo pridėti jokių buferių, o su chitozanu reikėjo, dėl pieno rūgšties tirpale pH reikšmė siekė 3, tačiau pridėjus

fosfatinio buferio ji pakilo iki 4. Lūžio rodiklis tirpalų su abejais polimerais siekė $1,334 \pm 1$. Klamos reikšmė svyravo priklausomai nuo polimero, apibendrinti duomenys pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Tiriamųjų akių lašų klampa

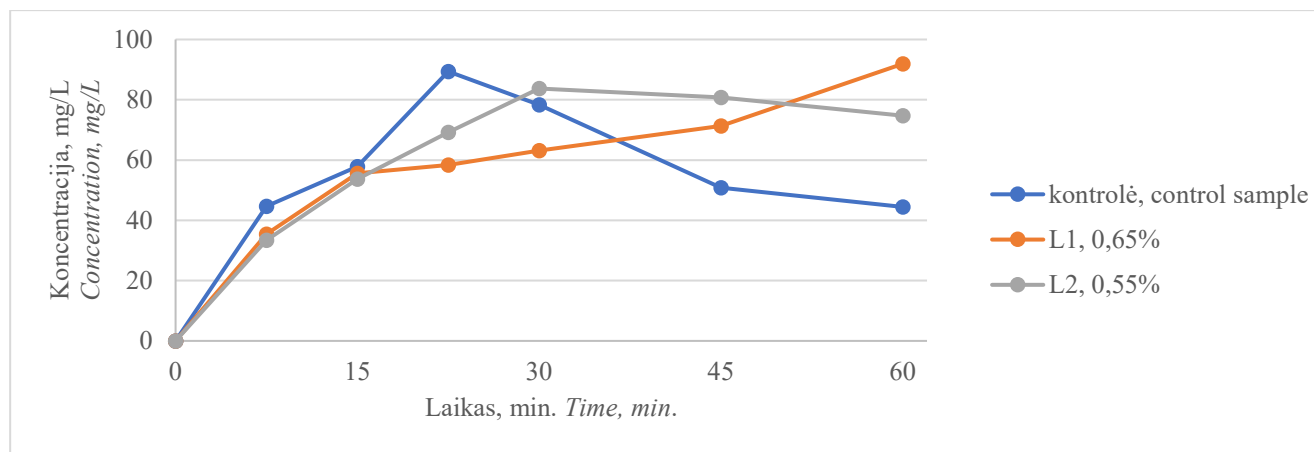
Table 2. Viscosity of tested eye drops

Polimeras, konc. <i>Polymer, conc.</i>	Klampa, mPa·s <i>Viscosity, mPa·s</i>
HPMC	
0,5 proc.	14,6
0,52 proc.	17,6
0,55 proc.	22,9
1,0 proc.	93,1
2,0 proc.	620
3,0 proc.	1,66 (Pa·s)
Chitozanas <i>Chitosan</i>	
0,6 proc.	16,0
0,65 proc.	20,7
0,7 proc.	21,3
0,9 proc.	43,7

Suderinamumo testas. Pirmiausia polimeriniai tirpalai buvo vizualiai apžiūrėti prieš įterpian kalio jodidą ir po įterpimo, tada palikti stebėti 7 paras. Pastebėta, jog be ir su kalio jodidu, polimeriniai tirpalai buvo skaidrūs, bespalviai tirpalai, be matomų dalelių. Tačiau po savaitės laiko pastebėta, jog su PVA pakito spalva, su HPMC ir chitozanu tirpalai išliko skaidrūs be nuosėdų. Tyrimas parodė, jog kalio jodidas su PVA yra nesuderinami, dėl to su juo daugiau nebuvo tęsiami tyrimai.

Biofarmacinis tyrimas in vitro. Biofarmaciniu tyrimu *in vitro* galima palyginti, kaip skirtingi polimerai ir skirtingos jų koncentracijos turi įtakos kalio jodidui atpalaidavimui.

Gauti rezultatai rodo (1 pav.), kad yra statistiškai reikšmingas skirtumas ($p < 0,05$) atpalaiduoto kalio jodido tarp kontrolės tirpalų su polimerais (L1, L2). Pagal gautus rezultatus matoma, kad atpalaidavimo skirtumas atsiranda po 22,5 min. nuo tyrimo pradžios. Kontrolinis mėginys, tai yra 1 proc. vandeninis kalio jodido tirpalas, kalio jodido atpalaidavimo maksimumą pasiekia būtent šiame laiko taške. Lyginant kalio jodidą iš polimerinių tirpalų, tai po 30 min. yra statistiškai reikšmingas skirtumas tarp jų, iš L2 yra atpalaiduotas didesnis kalio jodido kiekis. Tačiau po dar 15 min., matoma, kad iš L1 tirpalo kalio jodido buvo atpalaiduota daugiau nei iš L2. Taip pat statistiškai reikšmingas skirtumas matomas po 60 min., atpalaidavimas iš kontrolinio tirpalo yra žymiai mažesnis nei iš L1 ir L2, tai rodo, kad hidrofiliniai polimerai, esantys akių lašų sudėtyje reikšmingai daro įtaką – sulėtina kalio jodido atpalaidavimą.

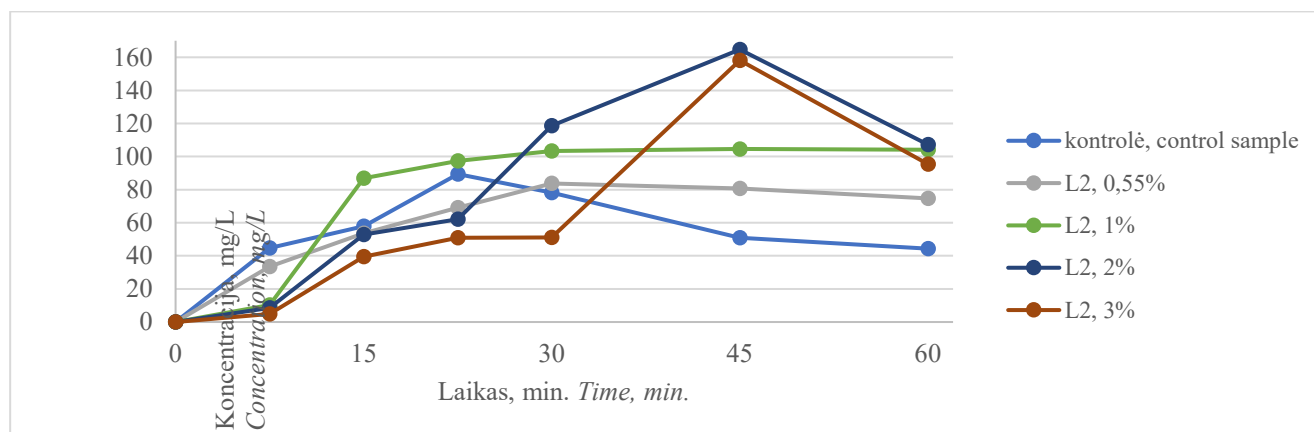


1 pav. Kalio jodido atpalaidavimas iš ekstemporaliai pagamintų akių lašų su chitozanu (L1) ir HPMC (L2) *in vitro*

Fig. 1. Release of potassium iodide from extemporaneously prepared eye drops with chitosan (L1) and HPMC (L2) *in vitro*

Taip pat tirta, kokią reikšmę turi klampa kalio jodido atpalaidavimui (2 pav.). Gauta, jog tai yra statistiškai reikšmingas skirtumas tarp skirtingų L2 tirpalų klampos. Iš diagramos matoma, jog iš kontrolinio mėginio kalio jodidas atpalaiduotas greičiausiai, po 22,5 min. pasiektas maksimumas, o iš L2, 2 proc. ir L2, 3 proc. tirpalų veiklioji medžiaga atpalaiduota lėčiausiai, maksimumas pasiektas po 45 min. nuo tyrimo pradžios, jų klampa buvo L2, 2 proc. – 620 mPa·s, o 3 proc. – 1,66 Pa·s. Taip pat,

matoma, jog didėjant L2 koncentracijai, tuo pačiu didėjant jų klampai, kalio jodido atpalaidavimas lėtėja. Greičiausiai iš polimerinio tirpalo atpalaiduota veiklioji medžiaga, kai HPMC koncentracija buvo 0,55 proc. ir klampa siekė 22,9 mPa·s, iš šio tirpalo atpalaidavimo maksimumas pasiektas po 30 min. ir po to tolygiai mažėjo. Apibendrinant, akių lašai su skirtingomis HPMC koncentracijomis turi įtakos kalio jodido atpalaidavimui. Kuo didesnė polimero koncentracija, tuo didesnė klampa ir tuo lėčiau yra atpalaiduojamas kalio jodidas.



2 pav. Kalio jodido atpalaidavimas iš akių lašų su skirtingomis HPMC koncentracijomis *in vitro*

Fig. 2. Release of potassium iodide from eye drops with different concentrations of HPMC *in vitro*

Išvados

Remiantis išanalizuota mokslinė literatūra ir tyrimo analize buvo nustatyta, kad hidrofilinių polimerų pridėjimas į akių lašus sulėtina kalio jodido atpalaidavimą. Lyginant panašios klampos 0,65 proc. chitozano ir 0,55 proc. HPMC tirpalus, iš chitozano yra atpalaiduojama lėčiau. O lyginant akių lašus su skirtingomis klampomis, nustatyta, jog esant kuo didesnei klampai, tuo lėčiau atpalaiduojamas kalio jodidas.

Literatūra

- Baranowski, P., Karolewicz, B., Gajda, M., & Pluta, J. (2014). Ophthalmic Drug Dosage Forms: Characterisation and Research Methods. *The Scientific World Journal*, 2014, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2014/861904>
- Bennett, N. H., Chinnery, H. R., Downie, L. E., Hill, L. J., & Grover, L. M. (2020). Material, Immunological, and Practical Perspectives on Eye Drop Formulation. *Advanced Functional Materials*, 30(14), 1908476. <https://doi.org/10.1002/adfm.201908476>
- Bíró, T., & Aigner, Z. (2019). Current Approaches to Use Cyclodextrins and Mucoadhesive Polymers in Ocular Drug

- Delivery—A Mini-Review. *Scientia Pharmaceutica*, 87(3), 15. <https://doi.org/10.3390/scipharm87030015>
4. Grassiri, B., Zambito, Y., & Bernkop-Schnürch, A. (2021). Strategies to prolong the residence time of drug delivery systems on ocular surface. *Advances in Colloid and Interface Science*, 288, 102342. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102342>.
 5. Güven, U. M., Berkman, M. S., Şenel, B., & Yazan, Y. (2019). Development and in vitro/in vivo evaluation of thermo-sensitive in situ gelling systems for ocular allergy. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 55. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902019000117511>.
 6. Imperiale, J. C., Acosta, G. B., & Sosnik, A. (2018). Polymer-based carriers for ophthalmic drug delivery. *Journal of Controlled Release*, 285, 106–141. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2018.06.031>
 7. Irimia, T., Ghica, M., Popa, L., Anuța, V., Arsene, A.-L., & Dinu-Pirvu, C.-E. (2018). Strategies for Improving Ocular Drug Bioavailability and Corneal Wound Healing with Chitosan-Based Delivery Systems. *Polymers*, 10(11), 1221. <https://doi.org/10.3390/polym10111221>.
 8. Lynch, C. R., Kondiah, P. P. D., Choonara, Y. E., du Toit, L. C., Ally, N., & Pillay, V. (2020). Hydrogel Biomaterials for Application in Ocular Drug Delivery. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00228>.
 9. Patel, A., Cholkar, K., Agrahari, V., & Mitra, A. K. (2013). Ocular drug delivery systems: An overview. *World Journal of Pharmacology*, 2(2), 47. <https://doi.org/10.5497/wjp.v2.i2.47>.
 10. Raj, V. K., Mazumder, R., & Madhra, M. (2020). OCULAR DRUG DELIVERY SYSTEM: CHALLENGES AND APPROACHES. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 49–57. <https://doi.org/10.22159/ijap.2020v12i5.38762>
 11. Salzillo, R., Schiraldi, C., Corsuto, L., D'Agostino, A., Filosa, R., de Rosa, M., & la Gatta, A. (2016). Optimization of hyaluronan-based eye drop formulations. *Carbohydrate Polymers*, 153, 275–283. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.07.106>.
 12. Sulistyarti, H., Atikah, A., Fardiyah, Q., Febriyanti, S., & Asdauna, A. (2015). A Simple and Safe Spectrophotometric Method for Iodide Determination. *Makara Journal of Science*, 19(2). <https://doi.org/10.7454/mss.v19i2.4736>.

Irma Selvenytė, Asta Marija Inkėnienė, Kristina Ramanauskienė, Rimantas Pečiūra, Ieva Lesnickienė

Influence of Hydrophilic Polymers on the Release of Potassium Iodide from Eye Drops *in vitro*

Summary

The main reason why researchers are constantly interested in ophthalmic formulations is the bioavailability of a small drug, it is studied that only 1–5% of the drug enters the cornea. The addition of viscosity increasing agents is one of the most commonly used strategies to prolong the duration of drug contact with the corneal / conjunctival epithelium. Materials with such effects include hydrophilic polymers, which can be natural, semi-synthetic, and synthetic. The aim of this study was to evaluate the effect of different hydrophilic polymers on the uptake of potassium iodide from the eye drops. The object of the research is the influence of hydrophilic polymers on the absorption of potassium iodide. Methods: eye drops were prepared by mass volume method, the amount of released potassium iodide was evaluated spectrophotometrically. The release of potassium iodide has been shown to be affected by the addition of hydrophilic polymers to eye drops.

Potassium iodide, hydrophilic polymers, viscosity, eye drops, release test in vitro

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. kovo mėn.

Asta Marija INKĖNIENĖ. LSMU Farmacijos fakulteto Klinikinės farmacijos katedros docentė. El. pašto adresas: asta.inkeniene@lsmuni.lt

Ieva LESNICKIENĖ. LSMU vaistinės ekstemporalios gamybos skyriaus vadovė. El. pašto adresas: ieva.lesnickiene@lsmu.lt

Irma SELVENYTĖ. LSMU Farmacijos fakulteto Klinikinės farmacijos magistrantė. El. pašto adresas: irma.selvenyte@stud.lsmu.lt

Kristina RAMANAUSKIENĖ. LSMU Farmacijos fakulteto Klinikinės farmacijos katedros profesorė. El. pašto adresas: kristina.ramanauskiene@lsmuni.lt

Rimantas PEČIŪRA. LSMU universiteto vaistinės direktorius. El. pašto adresas: rimantas.peciura@lsmuni.lt

¹³⁷Cs ir ⁹⁰Sr radionuklidų turinio aktyvumo pokyčių Baltijos ir Juodosios jūros vandenyse palyginamoji analizė

Asta Daunaravičienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas – Vilnius Tech

Jūrinės aplinkos taršos įvertinimas ypač svarbus gamtosauginiu aspektu. Ypatingas dėmesys skiriamas uždarytų jūrų būklei. Baltijos ir Juodoji jūros yra vienos labiausiai užterštų jūrų įvairios kilmės teršalais, įskaitant ir ilgaamžius dirbtinės kilmės radionuklidus (¹³⁷Cs ir ⁹⁰Sr). Straipsnyje nagrinėjama ¹³⁷Cs ir ⁹⁰Sr radionuklidų turinių aktyvumų verčių Baltijos ir Juodosios jūros vandenyse kaita. Remiantis tyrimų rezultatais, apskaičiuotas ⁹⁰Sr/¹³⁷Cs turinių aktyvumų santykis. Nustatyta, kad ⁹⁰Sr/¹³⁷Cs santykis Baltijos jūros vandenyje kito nuo 1,6 iki 0,2, Juodosios jūros vandenyje – 0,3–1 ribose. Apibendrinus ilgalaikių tyrimų duomenis ir atlikus palyginamąją analizę pastebėta, kad Baltijos jūros paviršinio vandens savivala nuo ¹³⁷Cs ir ⁹⁰Sr radionuklidų vyko lėčiau nei Juodosios jūros.

Baltijos jūra, Juodoji jūra, radionuklidai, turinis aktyvumas

Įvadas

Jūrų ir vandenynų tarša yra aktuali ekologinė problema. Pasaulinis vandenynas užima 70,8 % viso Žemės rutulio paviršiaus ploto. Vadinas, iš atmosferos didžioji dalis teršalų nusėda vandenyno paviršiuje. Taip pat įvairios kilmės teršalai atnešami su upių vandenimis iš viso drėgninio baseino.

Ypatingas dėmesys skiriamas uždarytų jūrų būklei, kurią lemia izoliacija nuo Pasaulinio vandenyno, jūros dubens ypatybės, klimatinės ir hidrometeorologinės sąlygos. Baltijos ir Juodoji jūros – vienos labiausiai užterštų uždarytų jūrų įvairios kilmės teršalais, įskaitant ir dirbtinės kilmės radionuklidus (Veleva et al., 2002). Į jūras dirbtinės kilmės radionuklidai pateko su branduolinio ginklo bandymų atmosferinėmis iškritomis, su atominės pramonės atliekomis ir ypatingai didelis jų kiekis pateko po avarijos Černobylio atominėje elektrinėje (Saniewski et al., 2016; Weiss, 2011; Zalewska et al., 2013).

Dėl branduolinio ginklo bandymų (1945–1963 m.) iškritų buvo stebimas radionuklidų koncentracijos didėjimas sausumos ir vandens ekosistemose. Atmosferiniai branduolinio ginklo bandymai šiauriniame Žemės pusrutulyje sukėlė radioaktyviųjų izotopų turinio aktyvumo (TA) padidėjimą ir Baltijos bei Juodojoje jūrose. 1963 m. nutraukus branduolinio ginklo bandymus atmosferoje, dirbtinės kilmės radionuklidų kiekis mažėjo. Šis procesas vyko iki Černobylio atominės elektrinės avarijos, įvykusios 1986 m. balandžio 26 dieną. Avarijos metu į aplinką buvo išmestos 7 tonos reaktoriaus kuro. Bendrasis radionuklidų aktyvumas buvo apie $2 \cdot 10^{18}$ Bq (kartu su radioaktyviosiomis inertinėmis dujomis). Radioaktyviojo debesies aukštis siekė $2 \cdot 10^3$ metrų ir todėl, atsižvelgiant į vėjo kryptį, skirtingame aukštyje pasidalijo į tris dalis – šiaurės, vakarų ir pietų. Radioaktyvumas padidėjo beveik visame šiauriniame Žemės pusrutulyje, taip pat Baltijos ir Juodojoje jūrose. Į jūrų vandenį patekė trumpaamžiai dirbtinės kilmės radionuklidai per neilgą laiką tarpą suskilo arba vandenys išsivalė nuo jų dėl įvairių hidrologinių procesų. Vieni iš ilgalaikės radioaktyviosios taršos komponentų – į jūrinę aplinką patekę ¹³⁷Cs ir ⁹⁰Sr (Suplinska et al., 2015; Zalewska et al., 2013). Dėl ilgos pusėjimo trukmės (30,17 ir 28,8 metai) jie priskiriami vieniems pavojingiausių radionuklidų.

Po Černobylio atominės elektrinės avarijos su atmosferinėmis iškritomis į Baltijos jūrą pateko apie 4700 TBq ¹³⁷Cs ir 80 TBq ⁹⁰Sr (Ikäheimonen et al., 2009), į Juodąją

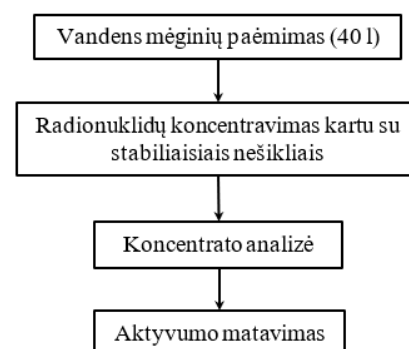
jūrą – 2000–3000 TBq ¹³⁷Cs (Worldwide..., 2005) ir 100–300 TBq ⁹⁰Sr (Gulin et al., 2015). Po avarijos tiek Baltijos, tiek Juodosios jūros vandenys ¹³⁷Cs buvo užteršti netolygiai. Netolygumą lėmė iškritų pobūdis. Tose vietose, kur atmosferinės iškritos buvo sausos, ¹³⁷Cs TA jūrų vandenyje padidėjo nežymiai, o kur pernašos metu lijo, TA padidėjo 40–50 kartų. ⁹⁰Sr TA padidėjo nežymiai, nes pastarasis beveik nedalyvavo atmosferinėje pernašoje iš Černobylio (Styro et al., 2006).

Moksliniu požiūriu įdomu palyginti ilgalaikių radionuklidų TA kitimo eigą šių jūrų paviršiniuose vandenyse, kadangi jos abi yra uždaros, išsidėsčiusios vienodu atstumu nuo Černobylio, tačiau yra skirtingo gylio ir geografinės padėties.

Tyrimų tikslas ir objektas – atlikti ¹³⁷Cs ir ⁹⁰Sr radionuklidų turinių aktyvumų ilgalaikių pokyčių palyginamąją analizę Baltijos ir Juodosios jūrų vandenyse.

Tyrimų metodika

¹³⁷Cs ir ⁹⁰Sr radionuklidų TA Baltijos ir Juodosios jūrų vandenyse palyginamoji analizė atlikta remiantis Vilniaus Gedimino technikos universiteto – Vilnius Tech buvusios Branduolinės hidrofizikos laboratorijos (dabar Fotoelektros technologijų laboratorija), interneto tinklapyje pateiktais Aplinkos apsaugos agentūros ir (Dovhyi et al., 2020; Gulin et al., 2013; Gulin et al., 2015; Worldwide..., 2005) autorių eksperimentinių ir teorinių tyrimų duomenimis. Vilnius Tech laboratorijoje radionuklidų TA Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyje nustatytas radiocheminės analizės metodu. Analizės schema pateikta 1 paveiksle.



1 pav. ¹³⁷Cs ir ⁹⁰Sr radiocheminės analizės schema

Fig. 1. Scheme of radiochemical analysis of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr

Cezio išeiga įvertinta gravimetriškai jį nusodinus $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ druskos pavidalu. Aktyvumas mėginiuose matuotas γ spektrometrine sistema (Cannberra Industries) su puslaidininkiniu grynojo germanio (HPGe) jutikliu (skiriamoji geba 2 keV, efektyvumas 15 %). ^{137}Cs nustatytas pagal 661,6 keV energijos γ spinduliuotės smailę. Tūrinis aktyvumas vandenyje apskaičiuotas pagal (1) formulę:

$$A_{^{137}\text{Cs}} = \frac{N_{\text{Cs}}}{\eta_{\text{efekt}}\eta_{\text{Cs}}V}, \quad (1)$$

čia $A_{^{137}\text{Cs}}$ – ^{137}Cs tūrinis aktyvumas, Bq/m^3 ; N_{Cs} – ^{137}Cs mėginio aktyvumas, Bq; η_{efekt} – jutiklio efektyvumas; η_{Cs} – cezio cheminė išeiga, dalimis; V – vandens mėginio tūris, m^3 .

^{90}Sr aktyvumas įvertintas pagal ^{90}Y β spinduliuotę, naudojant žemo fono radiometrinį įrenginį YMΦ-1500M. Stabilaus stroncio išeiga nustatyta atominės absorbcinės spektroskopijos metodu, itrio nešiklio išeiga Y_2O_3 sudėtyje įvertinta gravimetriškai. Tūrinis aktyvumas vandenyje apskaičiuotas pagal (2) formulę:

$$A_{^{90}\text{Sr}} = \frac{N_{\text{Y}}}{\eta_{\text{efekt}}\eta_{\text{Sr}}\eta_{\text{Y}}V}, \quad (2)$$

čia $A_{^{90}\text{Sr}}$ – ^{90}Sr tūrinis aktyvumas, Bq/m^3 ; N_{Y} – ^{90}Y mėginio aktyvumas, Bq; η_{efekt} – prietaiso efektyvumas; η_{Sr} – stroncio cheminė išeiga, dalimis; η_{Y} – itrio cheminė išeiga, dalimis; V – vandens mėginio tūris, m^3 .

Radiocheminio metodo paklaida ^{137}Cs lygi 10 %, ^{90}Sr – 15 %. Ši ^{137}Cs ir ^{90}Sr tūrinio aktyvumo tyrimo metodika išsamiau aprašyta (Styro et al., 2012) autorių darbe.

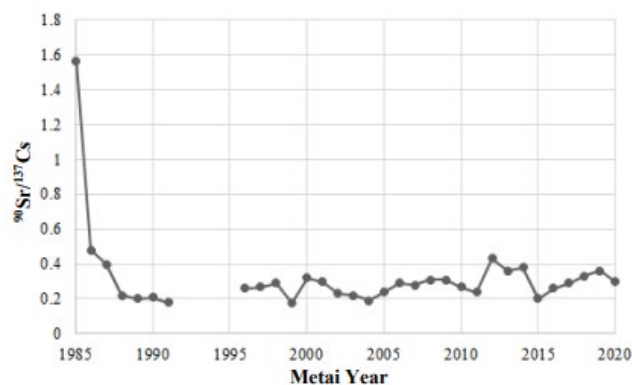
Rezultatai ir aptarimas

Atliktas 1985–2020 m. laikotarpiu gautų ^{137}Cs ir ^{90}Sr radionuklidų TA tyrimų rezultatų Baltijos ir Juodosios jūrų vandenyse palyginimas. Ilgalaičių tyrimų Baltijos jūros vandenyje rezultatai rodo, kad iki 1986 m. ^{137}Cs ir ^{90}Sr vidutinis TA buvo atitinkamai 12 Bq/m^3 ir 24 Bq/m^3 (HELCOM, 2013), t. y. tiriamųjų radionuklidų santykis ($^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$) buvo 2. Po Černobylio atominės elektrinės avarijos ^{137}Cs TA paviršiniame jūros vandenyje padidėjo daugiau nei viena eile. ^{90}Sr TA, kaip jau minėta, padidėjo nežymiai, todėl radionuklidų santykis sumažėjo iki 0,2. Juodosios jūros paviršiniame vandenyje iki avarijos ^{137}Cs vidutinis TA buvo 37,5 Bq/m^3 , 1986–1987 m. $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ TA santykis kito 0,3–0,4 ribose (Gulin et al., 2015).

(Astrauskienė ir kt., 1997) autorių pateiktų tyrimų duomenimis, labiausiai buvo užteršta šiaurinė Baltijos jūros dalis, kurioje ^{137}Cs TA siekė 723 Bq/m^3 . Dar didesnis TA buvo nustatytas toliau į šiaurę, pietinėje Botnijos jūros dalyje. Čia jis siekė 890 Bq/m^3 . Juodojoje jūroje radioaktyvieji teršalai taip pat pasklido netolygiai. Didžiausias ^{137}Cs TA siekė 720 Bq/m^3 į pietus nuo Krymo pusiasalio. 1986 m. vidutinės ^{137}Cs TA vertės Baltijos jūroje buvo 148 Bq/m^3 , Juodojoje jūroje – 152 Bq/m^3 . Vėliau vidutinių TA verčių kitimo eiga abiejose jūrose buvo skirtinga. Ilgą laiką vyko šio radionuklido TA visos Baltijos jūros paviršiniame vandenyje išsilyginimo procesas, kurio metu didėjo pietrytinėje jūros dalyje. 1989 metais šis procesas baigėsi, vidutinis ^{137}Cs TA tapo apytikriai lygus 150 Bq/m^3 . Tuo tarpu Juodojoje jūroje ^{137}Cs TA laipsniškai mažėjo ir 1991 m. pasiekė iki avarijos nustatytas vertes (Egorov et al., 1999).

Atlikus ^{137}Cs ir ^{90}Sr TA analizę Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyje, pastebėta, kad po Černobylio atominės elektrinės avarijos priekrantėje dažniau buvo nustatomos didesnės ^{137}Cs TA vertės nei atviroje jūroje. ^{137}Cs TA kitimas priekrantės vandenyje galėjo būti susijęs tiek su atviros jūros, tiek ir Kuršių marių vandens prietaka bei hidrometeorologinių situacijų pokyčiais. Kintant vėjo kryptiai ir greičiui, galimi intensyvūs cikloniniai procesai. Susiformavę galingi sūkoriai galėjo pakelti priedugnines vandens mases į paviršių bei padidinti radionuklido tūrinį aktyvumą. Tačiau kai kuriais atvejais (pvz., 1999 ir 2001 m.) šio radionuklido TA vertės atviroje jūroje didesnės už vertes priekrantėje. ^{90}Sr vidutinis TA po avarijos priekrantės vandenyje padidėjo nežymiai (nuo 28 Bq/m^3 iki 33 Bq/m^3). Šio radionuklido mažėjimo tendencija pastebėta nuo 2000 m., tačiau jūros vandens savivala vyksta labai lėtai. Per pastaruosius 35 metus sumažėjo iki 7 Bq/m^3 .

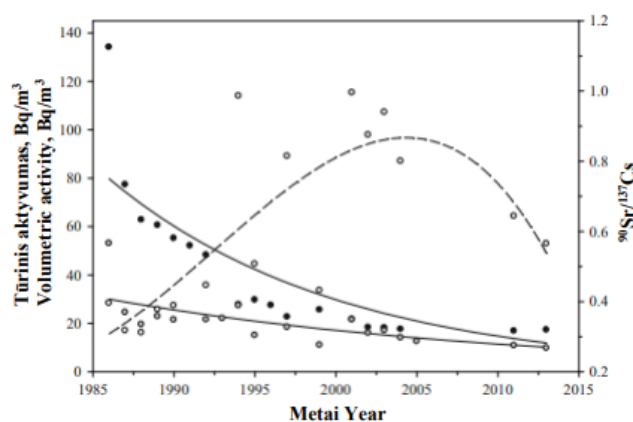
$^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ TA santykio Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyje kitimo eiga pateikta 2 paveiksle.



2 pav. $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ tūrinio aktyvumo santykis Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyje

Fig. 2. $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ volumetric activity ratio in Lithuanian coastal waters of the Baltic Sea

Po avarijos Černobylio atominėje elektrinėje, dėl žymiai padidėjusio ^{137}Cs TA priekrantės vandenyje, $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ santykis iki 1991 m. mažėjo nuo 1,6 (1985 m.) iki 0,2, 1996–2020 m. kito 0,2–0,4 ribose.



3 pav. ^{137}Cs (viršutinė ištisinė linija) ir ^{90}Sr (apatinė ištisinė linija) TA ilgalaičiai pokyčiai ir $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ santykis (punktūrinė linija) Juodosios jūros vakarinės dalies paviršiniame vandenyje (Gulin et al., 2020)

Fig. 3. Long-term changes of ^{137}Cs (upper solid line) and ^{90}Sr (lower solid line) VA and the $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ ratio (dashed line) in surface water of the western Black Sea (Gulin et al., 2020)

Juodosios jūros vakarinės dalies paviršiniame vandenyje, kaip teigia (Gulin et al., 2015) darbo autoriai, $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ TA santykis kito nuo 0,3–0,4 (1986–1987 m.) iki 1 (1990–2000 m.) (2 pav.). 1995–2005 m. $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ santykio padidėjimą lėmė ^{90}Sr patekimas į jūrą su upių vandenimis. Kita vertus, santykio padidėjimą galėjo lemti ^{137}Cs TA mažėjimas įtekančių upių vandenyse, nes pastarąjį sorbuoja dugno nuosėdos.

Apibendrinus ilgalaikių tyrimų duomenis ir atlikus palyginamąją analizę pastebėta, kad Baltijos jūros paviršinio vandens savivala nuo ^{137}Cs ir ^{90}Sr radionuklidų vyko lėčiau nei Juodosios jūros. Skirtinga TA kitimo eiga patvirtina, kad ypač pažeidžiamos ir saugotinos yra uždary ir negilių jūrų ekosistemos.

Išvados

1. Po Černobylio atominės elektrinės avarijos Baltijos ir Juodosios jūrų vandenys buvo užteršti netolygiai. Didžiausias radioaktyviųjų teršalų kiekis pateko į šiaurinę Baltijos jūros dalį, Juodojoje jūroje didžiausias teršalų kiekis nustatytas į pietus nuo Krymo pusiasalio.

2. Radionuklidų vidutinių tūrinio aktyvumo verčių paviršiniuose vandenyse kitimo eiga abiejose jūrose buvo skirtinga. Juodojoje jūroje ^{137}Cs tūrinis aktyvumas 1991 m. pasiekė iki avarijos nustatytas vertes, tuo tarpu Baltijos jūroje – beveik nekitė.

3. Atlikus ^{137}Cs ir ^{90}Sr tūrinių aktyvumų ilgalaikių pokyčių palyginamąją analizę, nustatyta, kad $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ santykis Baltijos jūros vandenyje kito nuo 1,6 iki 0,2, Juodosios jūros vandenyje – 0,3–1 ribose.

4. Tyrimų duomenys patvirtina, kad ypač pažeidžiamos ir saugotinos yra uždary ir negilių jūrų ekosistemos.

Literatūra

- Astrauskienė, N., Bumelienė, Ž., Lukinskienė, M., Morkūnienė, R., Styra, D. (1997). Černobylio AE avarijos padarinių Baltijos ir Juodojoje jūrose palyginimas. *Aplinkos inžinerija*, 1(7), 22–27.
- Dovhyi, I. I., Kremenchutskii, D. A., Bezhin, N. A., Kozlovskaya, O. N., Milyutin, E. A., Kozlitsin, V. V. (2020). Distribution of ^{137}Cs in the Surface Layer of the Black Sea in Summer, 2017. *Physical Oceanography*, 27(2), 152–160.
- Egorov, V. N., Povinec, P. P., Polikarpov, G. G., Stokozov, N. A., Gulin, S. B., Kulebakina, L. G., Osvath, I. (1999). ^{90}Sr and ^{137}Cs in the Black Sea after the Chernobyl NPP Accident: Inventories, Balance and Tracer Applications. *Journal of Environmental Radioactivity*, 43(2), 137–155.
- Gulin, S. B., Egorov, V. N., Duka, M. S., Sidorov, I. G., Proskurnin, V. Yu., Mirzoyeva, N. Yu., Oksana N. Bey, O. N., Gulina, L. V. (2015). Deep-water profiling of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Black Sea: a further insight into dynamics of the post-Chernobyl radioactive contamination. *Journal of Analytical and Nuclear Chemistry*, 304, 779–783.
- Gulin, S. B., Mirzoyeva, N. Yu., Egorov, V. N., Polikarpov, G. G., Sidorov, I. G., Proskurnin, V. Yu. (2013). Secondary Radioactive Contamination of the Black Sea after Chernobyl Accident: Recent Levels, Pathways and Trends. *Journal of Environmental Radioactivity*, 124, 50–56.
- HELCOM. (2013). Thematic assessment of long-term changes in radioactivity in the Baltic Sea 2007–2010. *Baltic Sea environment proceedings No 135*.
- Ikäheimonen, T. K., Outola, I., Vartti, V., Kollitainen, P. (2009). Radioactivity in the Baltic Sea: inventories and temporal trends of ^{137}Cs and ^{90}Sr in water and sediments. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 282(2), 419–425.
- Saniewski, M., Zalewska, T. (2016). Budget of ^{90}Sr in the Gulf of the Gdansk (southern Baltic Sea). *Oceanologia*, 60, 256–263.
- Styro, D., Morkūnienė, R., Daunaravičienė, A. (2012). On variations of volumetric activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in the Baltic Sea coastal waters near the shore of Lithuania in 2005–2009. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 293(3), 923–929.
- Styro, D., Morkūnienė, R., Vdovinskienė, S. (2006). The process of self-purification of the Baltic sea waters from artificial radionuclides. *Oceanology*, 46(3), 258–367.
- Suplinska, M., Kardas, M., Rubel, B., Fulara, A., Adamczyk, A. (2015). Monitoring of radioactive contamination in Polish surface waters in 2012–2013. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 304(1), 81–87.
- Veleva, B., Kozly, L., Yushchenko, S., Maderich, V., Mungov, G. (2002). Assessment of radionuclide contamination in the Black Sea using POSEIDON/RODOS system. *Radioprotection – Colloques*, 37, C1-827–C1-832.
- Weiss, D. (2011). Distribution pattern of artificial radionuclides in the Baltic Sea in the special event of the Chernobyl fallout. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 47(3), 254–264.
- Worldwide marine radioactivity studies (WOMARS). (2005). Radionuclide levels in oceans and seas. Final report of a coordinated research project, IAEA-TECDOC-1429. Vienna: IAEA.
- Zalewska, T., Suplinska, M. (2013). Anthropogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in the southern Baltic Sea ecosystem. *Oceanologia*, 55(3), 485–517.

Asta Daunaravičienė

Comparative Analysis of Volumetric Activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr Radionuclides in Baltic and Black Sea Waters

Summary

The evaluation of the contaminants transfer in the marine environment is very significant from the point of view of environmental protection. A particular attention is devoted to the inland seas ecological state. The Baltic and Black Seas were the Seas most contaminated with anthropogenic radionuclides, including ^{137}Cs and ^{90}Sr . The variations of volumetric activity of artificial radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in the waters of the Baltic and Black Sea are analysed. The ratio of $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ volumetric activities were calculated using the results of the measurements. The ratio of $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ in the Baltic Sea water varied in the range from 1.6 to 0.2, in the Black Sea water – in the range from 0.3 to 1. According to data obtained by the long-term measurements, the process of self-purification of the Baltic Sea surface waters from ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides were slower than of the Black Sea.

Baltic Sea, Black Sea, radionuclides, volumetric activity

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Asta DAUNARAVIČIENĖ, Vilniaus Gedimino technikos universiteto – Vilnius Tech Fundamentinių mokslų fakulteto Fizikos katedros docentas. Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius. Tel. (8 5) 251 21 79, el. paštas: Asta.Daunaraviciene@vilniustech.lt
Asta DAUNARAVIČIENĖ, Vilnius Gediminas Technical University – Vilnius Tech, Faculty of Fundamental Sciences, Department of Physics, assoc. prof. Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius. Tel. (+370 5) 251 21 79, e-mail: Asta.Daunaraviciene@vilniustech.lt

Integration of Biophilic Criteria into Assessment of Expression and Design of Sustainable Architecture as Healing Environments

Gediminas Viliūnas, Aurelija Daugėlaitė, Indrė Gražulevičiūtė-Vileniškė

Kaunas University of Technology

Biophilia hypothesis – human innate emotional affiliation with nature and the necessity of access to nature for healthy human physical and psychological development – encourages integrating the qualities of natural environment into designed spaces and artificial environments. The biophilic design that had evolved out of the biophilia hypothesis is considered as a viable approach for designing healing environments. The aim of the research was to analyze selected buildings of diverse functions through the lens of biophilic design using the set of biophilic design criteria and to trace biophilic qualities positively affecting humans in the architecture of the analyzed examples.

Architecture, sustainable architecture, biophilic design, healing environments

Introduction

Biophilia hypothesis – human innate emotional affiliation with nature and the necessity of access to nature for healthy human physical and psychological development – was developed and presented by E. O. Wilson (1993). Throughout the history humans have always included nature or nature-based features into interior, architectural, and urban designs (McGee, 2016); although more recent industrialization, technologization and urbanization caused the increasing weakening of human-nature connections. This break in human-nature connection and resulting both human health and ecological problems encouraged re-thinking design paradigms and developing, among others, biophilic design (Kellert et al., 2013) approach. Biophilic design aims to create and enhance human-nature connections in living, working, recreational and other types of environments. Research is showing benefits to human health and well-being when people are engaged in biophilic spaces (McGee, 2016). Due to health benefits provided by nature and biophilic spaces, biophilic design is increasingly applied to healing environments. In the specific context of healthcare buildings healing environment is defined as the physical healthcare environment that can make a positive difference in how quickly the patient recovers from or adapts to specific acute and chronic conditions (Stichler, 2001). One common effect of healing environments is a reduction in stress and anxiety, which in turn positively impacts our bodies in many ways (What is..., 2016). According to N. Salingaros (2019), the healing effects of biophilic spaces and structures are caused by two aspects: by close proximity and visual contact with plants, animals, and other people and by positive response to artificial creations that follow geometrical rules for the structure of organisms. N. Salingaros (2019) strongly recommends applying biophilic approach in designing healing environments and to integrate it into the field of salutogenesis. However, the overall long-term goals would be to design all human environments as healing and enhancing well-being. Considering this, the study aims at analyzing buildings of diverse functions through the lens of biophilic design and to trace healing biophilic qualities in the architecture of the analyzed examples.

Research methodology

Methodology of research consists of several steps:

1. *Development of the system of criteria for assessment of buildings from the point of view of biophilic qualities.* For this purpose, the analysis of several systems of criteria and design approaches was carried out including sustainability aesthetics (Kagan, 2011), Biophilic healing index (Salingaros, 2019), 14 patterns of biophilic design (Browning et al., 2014), elements and attributes of biophilic design (Kellert et al., 2013), biophilic interior design (McGee, 2016). After the analysis, the system of criteria was developed for evaluation of biophilic qualities of architectural design examples based on content analysis of available descriptions and iconographic material without field research (Fig. 1, Table 1). All the distinguished criteria were subdivided into five categories: features of environment, shapes and forms, patterns, light and space, human-environment relations.

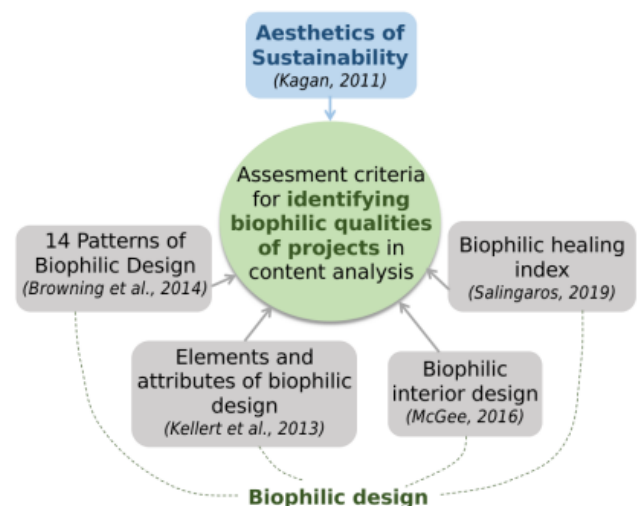


Fig. 1. Systems of criteria and approaches applied in the development of criteria for project assessment

1 pav. Projektų vertinimo kriterijų sistemai kurti naudotos kriterijų sistemos ir teorijos

Table 1. Criteria applied in the assessment of selected projects for identifying biophilic qualities (Browning et al., 2014; Kagan, 2011; Kellert et al., 2013; Salingaros, 2019; McGee, 2016)

1 lentelė. Pasirinktų projektų biofilinėms savybėms nustatyti taikytą kriterijų sistema (Browning et al., 2014; Kagan, 2011; Kellert et al., 2013; Salingaros, 2019; McGee, 2016)

Features of environment	Shapes and forms	Patterns	Light and space	Human-environment relations
 -Presence of nature (living plants, vegetated surfaces, animals etc.) -Colors (characteristic to the local environment, variety and combinations of hues) -Natural materials -Integration with landscape and geology -Engagement with environmental forces (water, air, sunlight, fire)	 -Representations of nature -Biomorphy -Geomorphy	 -Detail (meant to attract the eye) -Central focal point (an area of reference or interest in a space) -Fractals (things occurring on nested scales) -Patterned wholes (unique individual parts become organized in a pattern, variety united) -Gravity (balance and equilibrium about the vertical axis) -Order and complexity (a balance of structured organization with intricacy of detail that together appears orderly)	 -Natural light -Light variations -Spatial diversity -Spaciousness	 -Information richness -Emotional involvement (mystery, security, curiosity, awe, reverence etc.)

2. Search and selection of architectural design examples for analysis. Information available online through internet search engines was analyzed. The search keywords, such as “biophilic architecture”, “biophilic design” were applied. Although the search was not limited to the designs explicitly labeled as biophilic, as numerous high quality nature inspired architectural design may contain these qualities as well. Thus the search in internet sources mainly targeted at architectural project presentation, such as ArchDaily, Divisare, Dezeen etc. was carried out. The collected information included description, photographs, drawings of the object.

3. Overview of examples and subsequent classification according to the expression trends of biophilic design. After the general overview of design examples, 3 characteristics architectural expression trends were identified (mimetic, applied, and organic) and 9 characteristic examples, reflecting all the trends, were selected for further analysis.

4. Assessment of examples according to developed system of criteria, discussion and conclusions. The selected 9 architectural design examples were evaluated using the system of criteria presented in Table 1. The conclusions regarding their biophilic qualities were formulated.

Results and discussion

After the general overview of architectural design examples, three expression trends related with the realization of biophilic qualities were distinguished and identified as mimetic, applied, organic with reference to A. Tikkanen (2021). In the case of mimetic trend, the forms, which have certain definite meanings or symbolic significance (Tikkanen, 2021) are applied in architectural design. In the case of applied design trend, the biophilic qualities are added to the structure, but appear extrinsic to it. In the case of organic trend, biophilic qualities are inherent in the building's form, function and / or materials.

Fig. 2 demonstrates 9 selected examples divided into three above-mentioned categories. Selected examples reflect the possible wide array of architectural design and expression means applied.

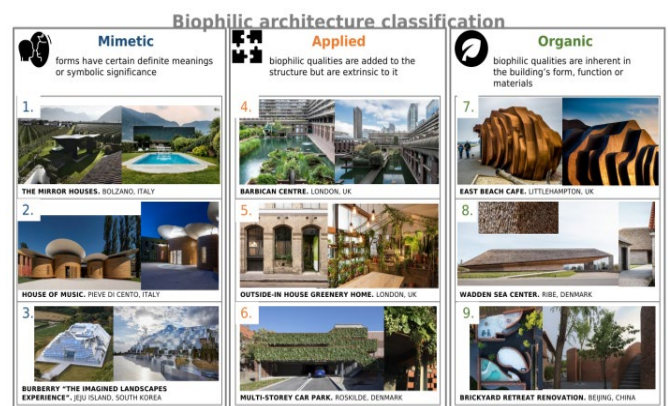


Fig. 2. Classification of biophilic architecture into three types, distinguished based on A. Tikkanen (2021) and selected examples, representing each type (Mirror Houses, 2021; House of Music, 2021; Chong, 2021; Barbican estate, 2021; McLaughlin, 2017; Parking garage, 2021; East Beach Cafe, 2021; Wadden Sea Centre, 2021; Brickyard Retreat renovation, 2021)

2 pav. Biofilinės architektūros klasifikacija į tris grupes remiantis A. Tikkanen (2021) ir kiekvieną grupę atstovaujantys pavyzdžiai (Mirror Houses, 2021; House of Music, 2021; Chong, 2021; Barbican estate, 2021; McLaughlin, 2017; Parking garage, 2021; East Beach Cafe, 2021; Wadden Sea Centre, 2021; Brickyard Retreat renovation, 2021)

Table 2. Assessment of selected architectural design examples using predefined system of criteria for identifying biophilic qualities (Browning et al., 2014; Kagan, 2011; Kellert et al., 2013; Salingaros, 2019; McGee, 2016)

2 lentelė. Pasirinktų architektūros projektų biofilinių savybių vertinimas naudojant sudarytą kriterijų sistemą (Browning et al., 2014; Kagan, 2011; Kellert et al., 2013; Salingaros, 2019; McGee, 2016)

	Mimetic			Applied			Organic		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Features of environment	Presence of nature								
	Colors								
	Natural materials								
	Integration with landscape and geology								
	Engagement with environmental forces								
Shapes and forms	Representations of nature								
	Geomorphy								
	Biomorphy								
Patterns	Detail								
	Central focal point								
	Fractals								
	Patterned wholes								
	Gravity								
Light and space	Order and complexity								
	Natural light								
	Light variations								
	Spatial diversity								
Human-environment relations	Spaciousness								
	Information richness								
	Emotional involvement								
Total:	17	18	25	23	22	19	21	25	23

None = 0; Some = 1; A large amount = 2

The mimetic trend is represented by three projects differing in their function and expression. The Mirror Houses (2021) is holiday housing near South Tyrolean Dolomites outside the city of Bolzano (Italy). The design is quite contrasting to the natural environment with its strict geometrical shapes, however the extensively used mirror surface reflects surrounding landscapes and historic architecture thus “mimicking” them in peculiar way. The mirror facade is protected from the bird collisions by UV coating (Mirror Houses, 2021). The House of Music in Pieve di Cento (Italy) functions as a space for concert promotion and musical teaching. The circular volumes of the building with wooden facades and openwork windows raise association both with natural forms and musical instruments (House of Music, 2021). The fashion company Burberry pavilion in Jeju island in South Korea is a topographical mirror sculpture housing innovative show-room space combining physical and digital design and exhibition features (Chong, 2021).

The applied trend is represented by three projects that would appear as examples of modernist or historic architecture with added biophilic features in a form of water, vegetation and ecosystems, vertical greenery, natural materials. The selected examples were The Barbican estate in London with its sustainable renovation and greening (Barbican estate, 2021), Pantone show-room Airbnb rented apartment filled with vegetation and artificial forest (McLaughlin, 2017) and multi-storey car parking in Roskilde Denmark with green exterior wall and openwork terracotta facade (Parking garage, 2021).

The organic trend is represented by functional sculpture-cafe located in Littlehampton, United Kingdom. The building's form is reminiscent of organic and geomorphic objects and blends into landscape, however it is not a recognizable mimicry (East Beach Cafe, 2021). Wadden Sea Centre in Ribe, Denmark is distinguished by its straw roofing and facades, which react to the natural conditions and change with time as well as blend with local landscape and create patterned surface (Wadden Sea Centre, 2021). The Brickyard Retreat is the former clay tile factory conversion project. The building complex integrates both cultural heritage and contemporary structures and embodies numerous biophilic features without directly mimicking nature (Brickyard Retreat Renovation, 2021).

The assessment of selected projects using the developed systems of criteria revealed that all three trends represent viable solutions for designing biophilic environments. Even if the projects were not explicitly identified as biophilic, their assessment scores ranged from 17 to 25 out of 40 maximum possible scores. The design evaluated with 20 points could be considered as biophilic with variety of necessary qualities present. The examples demonstrate that both the use of vegetation and natural materials and the ingenious search for biophilic architectural form can give good results. The optimal biophilic environments can be created integrating both factors: natural components (vegetation, water, natural materials) and purposefully designed organic biophilic architectural form.

Conclusions

1. The topic of biophilic design is receiving increasing attention from researchers and designers. This is evidenced by the wide number and variety of examples illustrating the concept of biophilic design, as well as the growing number of design guidelines and approaches.

2. Examples of architectural objects that illustrate the concept of biophilic design are very diverse and it is appropriate to classify them into certain categories according to the way and expression of biophilic properties. The paper proposes the classification of biophilic architectural objects into mimetic, applied, and organic.

3. The assessment of selected examples demonstrates a wide variety of architectural means and materials that can be chosen, from mirror glass to natural materials and plants, from geomorphy to complex abstract shapes. In order to create healing environments, it is recommended to integrate both natural components and designed organic biophilic architectural form. For this purpose, the further research and guidelines on the peculiarities of organic biophilic architectural forms are needed.

References

1. Barbican estate. (2021). Accessed at: https://divisare.com/projects/418037-chamberlin-powell-and-bon-stefano-ferrando_studio-vetroblu-barbican-estate (2021.12.17)
2. Brickyard Retreat renovation. ArchDaily. (2021). <https://www.archdaily.com/967943/not-ready-brickyard-retreat-renovation-ilab>
3. Browning, W., Ryan, C., Clancy, J. (2014). 14 Patterns of biophilic design: improving health & well-being in the built environment. Accessed at: <https://www.terrapinbrightgreen.com/wp-content/uploads/2014/09/14-Patterns-of-Biophilic-Design-Terrapin-2014p.pdf>
4. Chong C. (2021). What's inside the Burberry imagined landscapes in Jeju island. Accessed at: <https://www.lofficielmalaysia.com/fashion/what-s-inside-the-burberry-imagined-landscapes-in-jeju-island>
5. East Beach cafe. (2021). Accessed at: <https://divisare.com/projects/319858-thomas-heatherwick-andy-stagg-east-beach-cafe>
6. House of Music. (2021). Accessed at: <https://divisare.com/projects/346337-mario-cucinella-architects-moreno-maggi-house-of-music>
7. Kagan, S. (2011). Aesthetics of sustainability: a transdisciplinary sensibility for transformative practices. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 2, 65–73.
8. Kellert, S., Heerwagen, J. H., Mador, M. L. (2013). *Biophilic design. The theory, science, and practice of bringing buildings to life*. Wiley.
9. McGee, B. (2016). *Biophilic interior design*. Accessed at: <https://bethmcgee.wixsite.com/biophilicdesign>
10. McLaughlin, A. (2017). “Outside in” house, by Pantone and Airbnb. *Design Week*. Accessed at: <https://www.designweek.co.uk/inspiration/outside-house-pantone-airbnb/>
11. Mirror Houses. ArchDaily. (2021). Accessed at: <https://www.archdaily.com/577551/the-mirror-houses-peter-pichler-architecture>
12. Parking garage. (2021). Accessed at: <https://www.sempergreen.com/co/referencias/parking-garage>
13. Salinas, N. (2019). The Biophilic Healing Index predicts effects of the built environment on our wellbeing. *Journal of Biourbanism*, 8, 13–34.
14. Stichler, J.F. (2001). Creating healing environments in critical care units. *Critical Care Nursing Quarterly*, 24(3), 1–20.
15. Tikkanen, A. (2021). Ornament. *Architecture*. Accessed at: <https://www.britannica.com/technology/ornament> (2021.12.17)
16. Wadden Sea Centre. ArchDaily. (2021). Accessed at: <https://www.archdaily.com/868361/wade-sea-centre-dorte-mandrup-a-s>
17. What is a healing environment. University of Minnesota. (2016). Accessed at: <https://www.takingcharge.csh.umn.edu/what-is-a-healing-environment>
18. Wilson, E. O. (1993). *Biophilia and conservation ethics*. In: S. Kellert, S. Wilson, E. O. (eds.) *The Biophilia hypothesis*. Washington: Shearwater Books.

Acknowledgement

This research was supported by the European Union Funds Investment Operational Program for 2014–2020, operational Program 09.3.3-LMT-K-712 “Development of

scientific competence of scientists, other researchers, students through practical scientific activities” and carried out in the frame of the project “Biophilic design: between nature and technology” agreement no. Nr. 09.3.3-LMT-K-712-25-0115.

Gediminas Viliūnas, Aurelija Daugėlaitė, Indrė Gražulevičiūtė-Vileniškė

Biofilinių kriterijų integravimas į darnios architektūros kaip gydančios aplinkos raiškos ir dizaino vertinimą

Santrauka

Biofilijos hipotezė – žmogaus įgimtas emocinis ryšys su gamta ir prieigos prie gamtos būtinybė sveikam žmogaus fiziniam ir psichologiniam vystymuisi – skatina integruoti natūralios aplinkos savybes į žmogaus sukurtas erdves ir dirbtines aplinkas. Biofilinis projektavimas, išsivystęs iš biofilijos hipotezės, laikomas perspektyviu gydančių aplinkų kūrimo būdu. Tyrimo tikslas buvo išanalizuoti pasirinktus įvairių funkcijų pastatus iš biofilinio projektavimo perspektyvos, naudojant biofilinio projektavimo kriterijų rinkinį ir atskleisti žmogų teigiamai veikiančias biofilines savybes analizuojamų pavyzdžių architektūroje.

Architektūra, darni architektūra, biofilinis projektavimas, gydanti aplinka

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Gediminas VILIŪNAS. Kaunas University of Technology Faculty of Civil Engineering and Architecture, student of integrated studies in architecture. Address: Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lietuva. Tel. (8 66) 27 72 26, e-mail: g.viliunas@ktu.edu
Aurelija DAUGĖLAITĖ. Kaunas University of Technology Faculty of Civil Engineering and Architecture, PhD student. Address: Studentų g. 48-302, LT-51367 Kaunas, Lietuva, e-mail: aurelija.daugelaite@ktu.edu
Indrė GRAŽULEVIČIŪTĖ – VILENIŠKĖ. Kaunas University of Technology Faculty of Civil Engineering and Architecture, associated professor. Address: Studentų g. 48-302, LT-51367 Kaunas, Lietuva, e-mail: indre.grazuleviciute@ktu.lt
Gediminas VILIŪNAS. Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakulteto, architektūros vientisųjų studijų studentas. Adresas: Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lietuva. Tel. (8 66) 27 72 26, el. paštas: g.viliunas@ktu.edu
Aurelija DAUGĖLAITĖ. Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakulteto doktorantė. Adresas: Studentų g. 48-302, LT-51367 Kaunas, Lietuva. el. paštas: aurelija.daugelaite@ktu.edu
Indrė GRAŽULEVIČIŪTĖ – VILENIŠKĖ. Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakulteto docentė. Adresas: Studentų g. 48-302, LT-51367 Kaunas, Lietuva. el. paštas: indre.grazuleviciute@ktu.lt

**EKOLOGIJA,
DARNI MIŠKININKYSTĖ**

ECOLOGY, SUSTAINABLE FORESTRY

Negyvos medienos kiekybinis ir kokybinis pasiskirstymas miško ekosistemose

Ovidijus Daunoravičius, Žydrūnas Preikša

Vytauto Didžiojo universitetas

Negyva mediena yra vienas iš svarbiausių miško ekosistemos elementų. Retoms organizmų rūšims išlikti ir gyvuoti tinkamiausia stambi negyva mediena. Dėl šios priežasties tyrimo metu buvo vertinama tik stambi negyva mediena. Mūsų tyrimams pasirinkti virtuoliai, stuobriai ir sausuliai, kurių minimalus skersmuo yra ne mažesnis kaip 15 cm. Tyrimai buvo atliekami 2020 m rudens ir 2021 m pavasario laikotarpiu, Valstybinių miškų urėdijos Radviliškio regioninio padalinio Baisogalos ir Gudžiūnų girininkijose. Negyva mediena buvo tiriama Kertinėse miško buveinėse, Europos Bendrijos svarbos buveinėse ir IVA miškų grupės medynuose. Tyrimo metu nustatyta, jog didžiausi negyvos medienos kiekiai aptinkami kertinėse miško buveinėse, kiek mažiau aptinkama Europos Bendrijos buveinėse, o mažiausiai IVA miškų grupės medynuose. Pagal negyvos medienos tipų pasiskirstymą didžiąją dalį sudarė virtuoliai, o sausulių ir stuobrių buvo aptinkama mažiausiai. Pagal negyvos medienos puvimo stadijų pasiskirstymą visuose tirtuose miškų kategorijose, didžiausias kiekis buvo aptiktas 3 stadijos o 1, 2 ir 4 stadijų pasiskirstymas buvo daug mažesnis lygus.

Negyva mediena, kertinė miško buveinė, Europos Bendrijos svarbos buveinė, ūkiniai miškai, puvimo stadija

Įvadas

Miškas yra vienintelė specifinių miško rūšių buveinė, kuri daugeliui individų yra gyvenamoji, maisto ar augimo vieta. Miškuose biologinės įvairovės gausumas, bei rūšių įvairovė priklauso nuo ūkininkavimo režimo, o ypač nuo ūkinės veiklos intensyvumo. Nemaža dalis su mišku siejamų rūšių koncentruojasi senuose medynuose, kurie pasižymi biologiškai vertingomis savybėmis, bei dideliu kiekiu negyvos medienos (Kurlavičius, 2006).

Negyva mediena yra pagrindinis laukinių gyvūnų buveinės miškuose elementas (Evans et al., 2010), medynuose ji atlieka daugybę funkcijų: teikia buveines ir prieglobstį paukščiams, žinduoliams, bei ropliams, taip pat labai svarbi vabzdžiams, grybams ir kerpėms. Negyva mediena gerina dirvožemio stabilumą, prisideda prie anglies kaupimo, dalyvauja maisto medžiagų cikle (Ligot et al., 2012). Nustatyta, kad kiekvienai rūšiai reikia skirtingo kiekio negyvos medienos, vienoms rūšims išlikti ir gyvuoti reikia labai didelio kiekio, o kitoms pakanka labai mažo, dėl to yra labai sunku nustatyti, koks negyvos medienos kiekis būtų optimalus atskiroms rūšims (Pentilla, 2004).

Stambios negyvos medienos kiekiai miškuose labai smarkiai pradėjo mažėti nuo XIX a. vidurio (Nilsson et al., 2001). Tokie negyvos medienos kiekių mažėjimai neaplenkė ir Lietuvos medynų. Dėl intensyvėjančios miškininkystės ir pastaraisiais metais ypač išaugusios biokuro paklausos, jos kiekiai drastiškai sumažėjo. Vertinant aplinkosaugines normas, šiuo metu miškuose negyvos medienos yra daug mažiau nei reikalingas minimalus kiekis daugelio epiksilinių ir saprotrofinių rūšių išlikimui ilgalaikėje perspektyvoje. Taigi negyvos medienos apsauga yra vienas iš didžiausių šiuolaikinės miškininkystės iššūkių (Mažėtis et al., 2015).

Tyrimo tikslas: Nustatyti negyvos medienos kiekybinį ir kokybinį pasiskirstymą kertinėse miško buveinėse, Europos Bendrijos svarbos buveinėse ir IVA grupės ūkiniuose miškuose.

Tyrimo uždaviniai:

1. Įvertinti negyvos medienos pasiskirstymą;
2. Įvertinti negyvos medienos pasiskirstymą pagal tipus;
3. Įvertinti negyvos medienos pasiskirstymą pagal puvimo stadijas.

Tyrimų metodika

Negyvos medienos tyrimams buvo pasirinkti trijų kategorijų medynai tai: kertinės miško buveinės, Europos Bendrijos svarbos buveinės ir IVA miškų grupės miškai. Tyrimai buvo atliekami Valstybinių miškų urėdijos Radviliškio regioninio padalinio Baisogalos ir Gudžiūnų girininkijos valstybiniuose miškuose- 2020-2021 metų rudens – pavasario laikotarpiais.

Negyvos medienos tyrimai buvo atliekami apskaitos barelių metodu. Transektiniai bareliai (Waddell, 2002) pasirinkti pagal atskiro sklypo konfigūraciją, juos išdėstant tarp tolimiausių sklypo taškų tiesia linija. Negyva mediena barelyje vertinama nuo transektinės linijos į abi puses po 5 metrus, o pats transektas graduojamas kas 100 metrų taip gaunant vieno barelio plotą lygų 10 arų.

Lauko darbų metu buvo apskaitoma tik stambi negyva mediena. Šio tyrimo metu buvo vertinami stuobriai, sausuliai ir virteliai, kurių minimalus skersmuo 1,3 m aukštyje yra ne mažesnis kaip 15 cm. Plonesni medžiai, šakos ar kelmiai į apskaitą nebuvo traukiami. Apskaitoje stuobriais buvo laikomi stovintys negyvi, aukštesni nei 1 m medžių kamienai. Virtuoliais buvo laikomi gulintys arba iki 45 laipsnių pasvirę medžiai, ar nukritusios šakos. Sausuoliais buvo traktuojami sausi nudžiūvę medžiai.

Buvo nustatomi šie negyvos medienos rodikliai: medžio rūšis, negyvos medienos tipas, diametras, ilgis, aukštis, bei puvimo stadija. Puvimo stadijai nustatyti buvo naudojama 5 balų skalė (Waddell, 2002).

1 – vientisas, neseniai nukritęs ar nudžiūvęs, nepradėjęs pūti, plonos šakelės vis dar su žieve;

2 – maždaug vientisas, jau pradeda puti balana, medienos dar negalima atskirti ranka;

3 – branduolys pradeda pūti, mediena minkštoka;

4 – šerdis supuvusi, mediena nelaiko savo svorio, bet dar palaiko formą;

5 – baigianti pūti, nelaiko formos, minkšta, miltiška.

Negyvos medienos sausulių tūriui nustatyti buvo naudojamos Medienos tūrio lentelės (2004), o stuobrių ir virtuolių tūris nustatytas pagal Huberio formulę m^3 (Fridman et al., 2000).

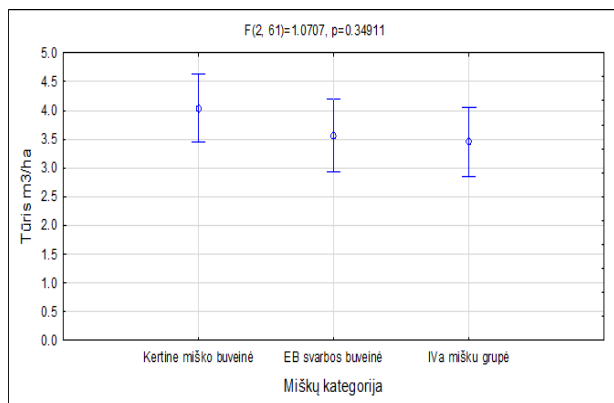
$$V = \pi (d^2/4)l, \quad (1)$$

čia V – tūris m^3 ; d – rąsto skersmuo; l – rąsto ilgis.

Duomenų apdorojimui, statistiniams skaičiavimams ir vizualiniam pateikimui buvo naudojama Microsoft Excel ir Statistica programos. Veiksio įtakos įvertinimui buvo taikoma dispersinė analizė naudojant F kriterijų.

Rezultatai ir aptarimas

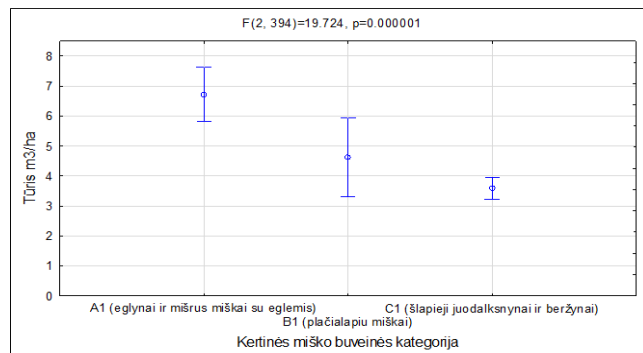
Tyrimo metu buvo vertinamos trys miškų kategorijos su įvairiomis buveinėmis ir medynais, kurių sudėtyje vyravo spygliuočių ir plačialapių medžių rūšys. Vertinant gautus tyrimo rezultatus (1 pav.) matome, jog vidutiniškai didžiausias negyvos medienos kiekis aptinkamas kertinėse miško buveinėse ($4,04 \text{ m}^3/\text{ha}$), Europos Bendrijos svarbos buveinėse ir IVa miškų grupės medynuose tūris beveik vienodas, atitinkamai $3,56$ ir $3,45 \text{ m}^3/\text{ha}$. Tačiau, reikia pabrėžti, kad skirtumai nėra statistiškai labai reikšmingi ($p = 0.35$).



1 pav. Negyvos medienos tūris m^3/ha skirtingo statuso miškuose
Fig. 1. Volume of dead wood m^3/ha in forests of different status

Galima manyti, kad tokius mažus negyvos medienos kiekius lemia miškininkų požiūris – dar visai neseniai negyva mediena buvo laikoma kaip neigiamas miško ekosistemų elementas, kuris parodydavo aplaidumą, medynų nepriežiūrą ir netinkamą ūkininkavimą (Stachura, 2007).

Tyrimo metu kertinės miško buveinės buvo suskirstytos į tris tipus: A1 – eglėnys ir mišrus miškai su eglėmis, B1 – plačialapių miškai, C1 – šlapieji juodalksnynai ir beržynai. Atlikus dispersinę analizę matome, jog didžiausi negyvos medienos kiekiai aptinkami A1 tipo buveinėse, kur vidutinis negyvos medienos tūris siekia $6,8 \text{ m}^3/\text{ha}$, toliau seka B1 tipo medynai (negyvos medienos aptinkama $4,6 \text{ m}^3/\text{ha}$), ir galiausiai C1 tipo medynai su $3,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ kiekiu (2 pav.).

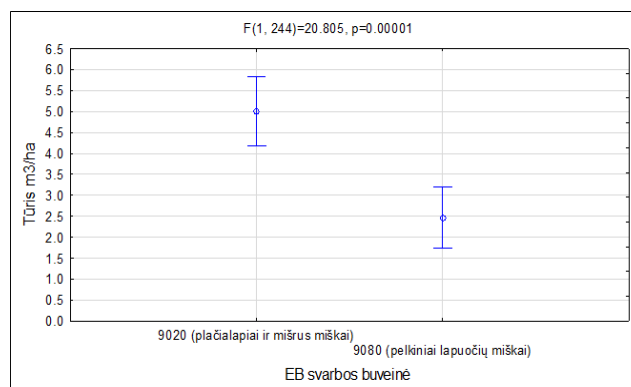


2 pav. Negyvos medienos tūris m^3/ha skirtinguose kertinių miško buveinių kategorijose

Fig. 2. Volume of dead wood m^3/ha in different types of key forest habitats

Atlikus išsamesnę analizę, buvo nustatyta, kad A1 ir B1 tipo kertinėse miško buveinėse didžioji negyvos medienos dalis buvo uosio (52 proc.), kas yra nesunkiai paaiškinama stebint dabartinę uosių džiūvimo situaciją.

Tyrimams buvo pasirinkti 2 Europos Bendrijos svarbos buveinių tipai: 9020 – plačialapių ir mišrus miškai, bei 9080 – pelkėti lapuočių miškai. Plačialapių ir mišrių miškų tipo medynuose aptiktas žymiai didesnis negyvos medienos tūris. Jis buvo apie 2 kartus didesnis nei pelkiniuose lapuočių miškuose ($5 \text{ m}^3/\text{ha}$ prieš $2,5 \text{ m}^3/\text{ha}$) (3 pav.).

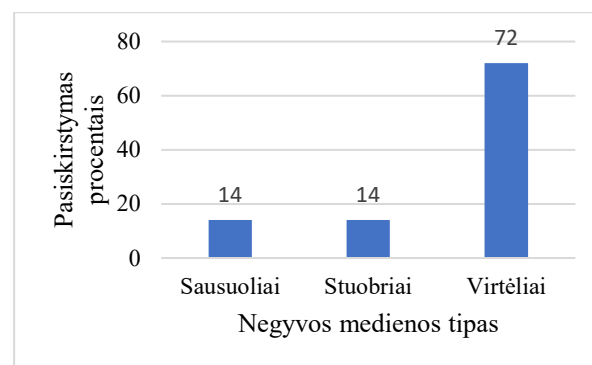


3 pav. Negyvos medienos tūris m^3/ha skirtinguose Europos Bendrijos svarbos miškuose

Fig. 3. Volume of dead wood m^3/ha in different forest habitats types of European Community Interest

Išsamiai išanalizavus Europos Bendrijos svarbos medynus ir įvertinus atskiras medžių rūšis, buvo nustatyta, kad 9020 buveinėse 60 proc. negyvos medienos sudarė uosis, kuris nulemia visas tendencijas.

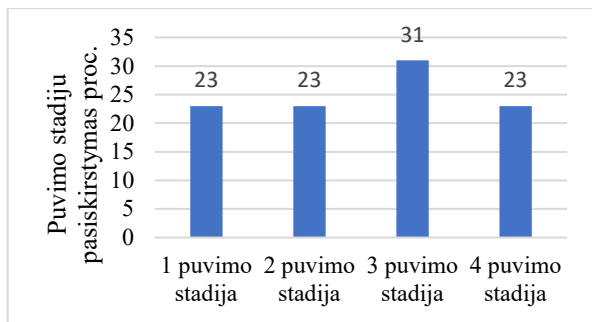
Išanalizavus atskirų medienos tipų pasiskirstymą procentais, matyti, kad didžiausią negyvos medienos kiekį užima virtuoliai, sudarydami net 72 proc. (674 vnt.) nuo bendro rasto negyvos medienos kiekio (4 pav.). Sausuolių ir stuobrių pasiskirstymas buvo beveik identiškas abu tipai užėmė po 14 proc. ir atitinkamai 134 ir 125 vnt.



4 pav. Atskirų negyvos medienos tipų pasiskirstymas procentais

Fig. 4. Percentage distribution of individual types of dead wood

Negyvą medieną įvertinus pagal atskiras puvimo stadijas, nustatyta, kad pirmos, antros ir ketvirtos puvimo stadijos medienos aptikta po 23 procentus, o trečios šiek tiek daugiau (31 proc.) (5 pav.). Anot Burrascano et al. (2008) toks vienodas puvimo stadijų pasiskirstymas rodo negyvos medienos tęstinumą.



5 pav. Negyvos medienos pasiskirstymas (%) pagal puvinimo stadijas
Fig. 5. Deadwood distribution (%) according to decay stages

Verta paminėti, kad penktos irimo stadijos negyva mediena nebuvo vertinama, nes šioje irimo stadijoje mediena būna visiškai suirusi, be žievės ir šakų, be to ji labai minkšta ir faktiškai susilyginusi su žemės paviršiumi (Merganičova et al., 2012), dėl to būtų buvę sunku nustatyti pagrindinius medžio parametrus.

Išvados

1. Vidutiniškai didžiausias negyvos medienos kiekis aptinkamas kartinėse miško buveinėse (4,04 m³/ha, Europos Bendrijos svarbos buveinėse (3,56 m³/ha), IVa miškų grupės medynuose (3,45 m³/ha). Tai aiškiai parodo nepakankamą negyvos medienos kiekį tirtuose medynuose aukštesnei biologinei įvairovei palaikyti,
2. Virtuoliai užima didžiausią negyvos medienos dalį (72 proc.), o stuobriai ir sausuliai sudarė daugumą vienodą kiekį (po 14 proc.),
3. Negyvos medienos pasiskirstymas vertinant puvinimo stadijomis yra labai panašus (pirmos, antros ir ketvirtos

Ovidijus Daunoravičius, Žydrūnas Preikša

Quantitative and Qualitative Distribution of Dead Wood in Forest Ecosystem

Summary

Dead wood is one of the most important elements of the forest ecosystem. Large dead wood is the most suitable for survival and survival of rare species of organisms. For this reason only large dead wood, including dumpling, snag and dry with a minimum diameter of 15 cm was evaluated in the study. The research was carried out in the autumn of 2020 and in spring of 2021 in Baisogala and Gudžiūnai forest district of Radviliškis Regional unit. Dead wood has been studied in key forest habitats, habitats of European Community importance and forest group IVa stands. The study found that the highest amounts of dead wood are found in key forest habitats, to a lesser extent in European Community habitats, and the lowest in forest group IVa stands. In terms of the distribution of dead wood types, the majority were dumpling with the lowest number of dry and snag. According to the distribution of dead wood rot stages in all forest categories studied, the highest amount was detected in stage 3 and the distribution of 1, 2 and 4 was equal.

Dead wood, key forest habitats, habitat of European Community importance, commercial forest, decay stage.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Ovidijus DAUNORAVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija. Miškų ir Ekologijos fakultetas, Miško mokslų katedra, magistrantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 24, el. paštas: ovidijusdauno@gmail.com.

Ovidijus DAUNORAVIČIUS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Forest and Ecology, Department of Forest Sciences, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas distr. Phone: +370 37 75 22 24, e-mail: ovidijusdauno@gmail.com.

Žydrūnas PREIKŠA. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija. Miškų ir Ekologijos fakultetas, Aplinkos ir ekologijos katedros lektorius, biomedicinos mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 24, el. paštas: zydrunas.preiksa@vdu.lt.

Žydrūnas PREIKŠA. Lecturer at Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Environment and Ecology lector, doctor of biomedical science. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas distr. Phone: +370 37 75 22 24, e-mail: zydrunas.preiksa@vdu.lt.

irimo stadijos medienos aptikta po 23 proc., o trečios 31 proc.). Tai parodo gerą negyvos medienos tęstinumą.

Literatūra

1. Burrascano S., Lombardi F., Marchetti M. (2008). Old-growth forest structure and deadwood: Are they indicators of plant species composition? A case study from central Italy. *Plant Biosystems*. Nr. 142(2). 313-323.
2. Evans M. A., Kely M. J. (2010). Ecology of dead wood in the Northeast. *Forest GUILD*. 1-21.
3. Fridman J., Walheim M. (2000). Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. *Forest Ecology and Management*. Nr. 131. 23-36.
4. Kuliešis A., Petrauskas E., Tebėra A. 2004. Medienos tūrio lentelės (3 leidimas).
5. Kurlavičius P. (2006). Biologinės įvairovės apsauga valstybiniuose miškuose. Vilnius: Lututė.
6. Ligot G., Lejeune P., Rondeux J., Hebert J. (2012). Assessing and harmonizing lying deadwood volume with regional forest inventory data in Wallonia (Southern region of Belgium). *The open forest science journal*. Nr. 5. 15-22.
7. Mažėtis R., Brazaitis G., Juzikis R. (2015). Deadwood accumulation in deciduous dominated forests. *Acta Biol. Univ. Daugavp.* Nr. 15 (1). 137-146.
8. Merganičova K., Merganič J., Svoboda M., Bače R., Seben V. 2012. Deadwood in forest ecosystems. *Forest ecosystems-more than just trees*. 81-108.
9. Nilsson G.S., Hedin J., Niklasson M. 2001. Biodiversity and its Assessment in Boreal and Nemoral Forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Nr. 3. 10-26.
10. Penttilä R. 2004. The impacts of forestry on polyporous fungi in boreal forests. Academic dissertation, University of Helsinki Finland
11. Stachura K., Bobiec A., Obidziński A., Oklejewicz K., Wolkowicz D. 2007. Old trees and decaying wood in forest ecosystems of Poland Old Wood. A Toolkit for participants, Versija 7. 05.08.2011
12. Waddell K. L. 2002. Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories. *Ecological Indicators*. Nr. 1. 139-153.

Šaltos ir sniegingos 2020–2021 m. žiemos poveikis kurapkų (*Perdix perdix* L.) populiacijai Lietuvoje

Marius Karlonas, Žydrūnas Preikša

Vytauto Didžiojo universitetas

Tyrimas buvo atliekamas 2020–2021 metais 20-yje Lietuvos rajonų, taip padengiant kurapkų (*Perdix perdix*) geografinę populiacijos sklaidą šalyje. Tyrimo tikslas – patikrinti iš anksto išsikelto hipotezę, jog po šaltų ir sniegingų žiemų kurapkų populiacijos reikšmingai sunyksta. 2020 m. po šilčiausios ir kone besniegės žiemos registruojamoje Lietuvos meteorologijos istorijoje buvo vykdomos kurapkų patinėlių taškinės apskaitos (Kurlavičius, 2008). Apskaitos buvo vykdomos patinėlių teritorinio vokalizavimo sezonu, kovo – balandžio mėnesiais. Vakarinio vokalizavimo piko laiku apskaitų taškuose buvo registruojami kurapkų patinėlių tuoktūvių balsai arba vizualiai stebimi individai. Pagal šią metodiką 2020 m. apskaitos buvo vykdomos 60-yje maršrutų, kuriuos sudarė 429 apskaitos taškai, o 2021 m. pavasarį – 8-iose maršrutuose, 49-iose apskaitos taškuose. Papildomam lyginamajam tyrimui 2021 m. pavasarį, po itin šaltos ir sniegingos žiemos apskaitos buvo pakartotos 13-oje maršrutų (78-iose apskaitos taškuose), kurių didesnėje apskaitos taškų dalyje, po palankios šiai rūšiai žiemos 2019–2020 m. buvo aptiktos kurapkos. Abiejų lyginamųjų tyrimų metu sukaupytų duomenų analizės išryškino hipotezę patvirtinančias tendencijas. Pritaikius skirtingus analizės metodus buvo nustatyta, kad kurapkų nacionalinė populiacija po 2020–2021 m. šaltos ir sniegingos žiemos galėjo sunykti nuo 30 iki 40%.

Kurapka, Perdix perdix, poveikis, populiacija, žiema

Ivadas

Kurapkų (*Perdix perdix*) šiaurinis paplitimo arealas Europoje siekia Estiją ir pietinę Suomijos dalį (Keller et al., 2020). Toliau į šiaurę ši rūšis nėra paplitusi dėl atšiaurių klimatinų sąlygų žiemos mėnesiais ir netinkamų buveinių. Lietuvoje kryptingai atliktų tyrimų įvertinant šios rūšies prisitaikymą ištverti šaltas ir sniegingas žiemas iki šiol nebuvo atlikta, tačiau remiantis kitų šalių patirtimi ir empiriniais ornitologų stebėjimais neretai teigiama, jog tokios žiemos reikšmingai neigiamai paveikia kurapkų nacionalines ar regionines populiacijas (Logminas, 1990). Siekiant patikrinti šią hipotezę tyrimams buvo pasirinkti 2020 ir 2021 m. pavasariai. Pirmasis – po šiltos ir kurapkoms palankios žiemos, o antrasis – po šaltos ir šiai rūšiai nepalankios žiemos (Kitrienė, 2021; Valiukas, 2020).

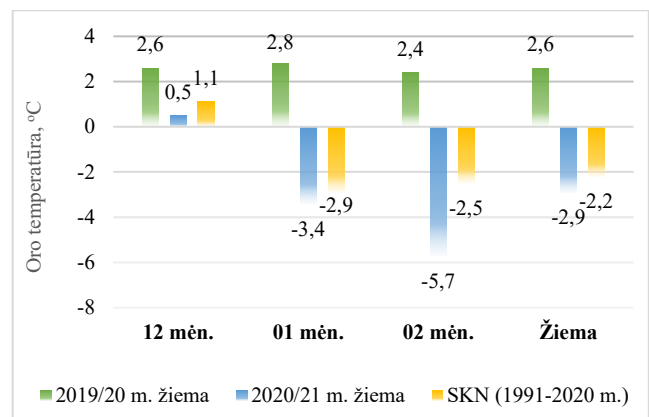
Tyrimo tikslas – analizuojant apskaitų rezultatus patikrinti iš anksto išsikelto hipotezę, jog kurapkų populiacijos reikšmingai sunyksta po šaltų ir sniegingų žiemų.

Tyrimo objektas – nacionalinė kurapkų populiacija 2020 ir 2021 m. pavasariais.

Tyrimų metodika

2020 metais po šilčiausios per visą meteorologinių stebėjimų laikotarpį Lietuvoje žiemos, kuomet vidutinė oro temperatūra siekė 2,6°C, kuri yra net 4,8°C aukštesnė nei SKN (*standartinė klimato norma, 1991–2020 metų vidutinė reikšmė Lietuvoje*) (1 pav.), o sniego danga buvo susiformavusi tik gruodžio 3 d. (jos storis siekė nuo 8 cm Laukuvos, 7 cm Utenos apylinkėse iki 4 cm kituose Lietuvos regionuose), dešimtadienio pabaigoje nežymiai pasnigo šalies rytinėje dalyje, o mėnesio pabaigoje – Švenčionių r., Dūkšto apylinkėse, kurapkų tuoktūvių piko metu (kovo 10 – balandžio 20 d.) 17-oje tyrimų teritorijų (20-yje Lietuvos rajonų), 60-yje maršrutų (429-iose apskaitos taškuose), buvo skaičiuojami vokalizuojantys kurapkų patinėliai. Apskaitos buvo vykdomos tik vakarinio aktyvumo piko metu, pradedant 15 min. po vietinės saulės laidos ir baigiant 1 val. 15 min. po vietinės saulės laidos. Kiekviename atsitiktinės stratifikacijos būdu parinktame atviro kraštovaizdžio apskaitos taške buvo stovima 5 min. Apskaitos vienetas – girdėtas arba stebėtas kurapkų patinėlis. Apskaitos buvo

vykdomos tik tinkamomis meteorologinėmis sąlygomis – kuomet nelyja, nėra vėjo ar jis silpnas.



1 pav. Vidutinė oro temperatūra 2019/20 ir 2020/21 m. žiemomis Lietuvoje

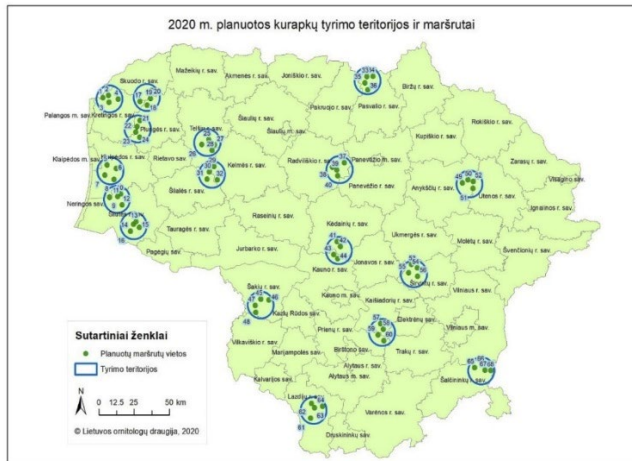
Fig. 1. Average temperatures during 2019/20 and 2020/21 winters in Lithuania

2021 m. po šaltos ir sniegingos žiemos, kai vidutinė žiemos oro temperatūra Lietuvoje buvo -2,9 °C, kuri yra 0,7°C žemesnė nei SKN (1 pav.), o pastovi sniego danga visoje Lietuvoje (vietomis net iki 50 cm storio) susiformavo I-ąjį sausio dešimtadienį ir laikėsi iki pat vasario paskutinių dienų, apskaitos pagal tą pačią metodiką buvo papildomai atliktos dar 8-iose atsitiktinės stratifikacijos būdu parinktuose maršrutuose (49 apskaitos taškuose) (Kitrienė, 2021). Žinant, kad kurapka yra sėsli rūšis, papildomai buvo atliktas dar vienas lyginamasis tyrimas – atrinkta 13 apskaitų maršrutų (78 apskaitos taškai), vykdytų 2020 m., su didžiausiu fiksuotu kurapkų tankumu juose ir analogiškos apskaitos tuose pačiuose apskaitos taškuose buvo pakartotos 2021 m. pavasarį, po šaltos ir sniegingos žiemos.

Paukščių gausos tarp atskirų metų palyginimui buvo naudojama dispersinė analizė su 5 % reikšmingumo lygmeniu ($p < 0,05$).

Rezultatai ir aptarimas

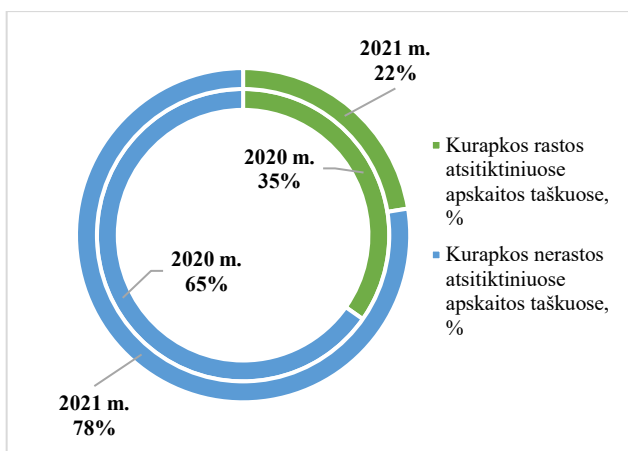
2020–2021 m. tyrimas buvo vykdomas pagal 2020 m. parengtą planą – atsitiktinės stratifikacijos būdu buvo sumodeliuoti 68 apskaitų maršrutai, padengiant didesnę dalį šalyje vyraujančių geografinių ir klimatinų sąlygų (2 pav.).



2 pav. 17 tyrimo teritorijų ir apskaitų maršrutų išsidėstymas geografiniu šalies atžvilgiu

Fig. 2. Geographical locations of the 17 Survey areas and counting routes in the country

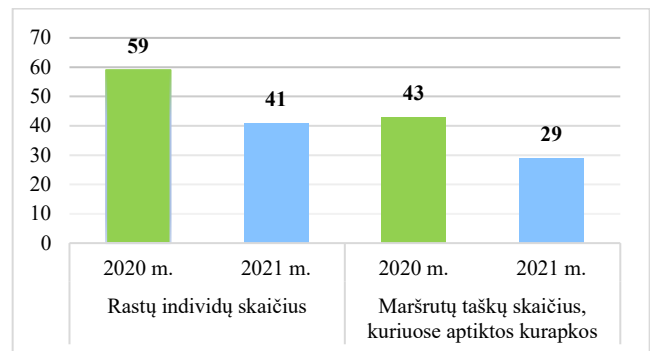
Atlikus 2020 ir 2021 m. pavasarinių apskaitų metu sukauptų duomenų analizę, paaiškėjo, jog 2020 m. pavasarį po šiltos ir rūšiai palankios žiemos kurapkų patinėliai buvo fiksuoti 35% nuo visų atsitiktiniu būdu parinktų apskaitos taškų ($n = 429$). Tuo tarpu po 2021 m. šaltos ir sniegingos žiemos antrosios pusės, pavasarį vykdytų apskaitų metu kurapkų patinėliai fiksuoti 22% nuo visų 2021 m. atsitiktiniu būdu parinktų apskaitos taškų ($n = 49$). Lyginant abiejų metų procentinius aptinkamumo skirtumus, buvo nustatyta, kad kurapkų populiacija apskaitos taškuose po šaltos žiemos sumažėjo 37% – nuo 35% aptinkamumo iki 22% aptinkamumo atsitiktiniu būdu parinktuose apskaitos taškuose (3 pav.).



3 pav. Kurapkų patinėlių aptinkamumo procentinis pasiskirstymas atsitiktiniu būdu parinktuose apskaitos taškuose 2020 ir 2021 m.

Fig. 3. Distribution of occurrence of male grey partridges in randomly selected counting points in 2020 and 2021, by percent

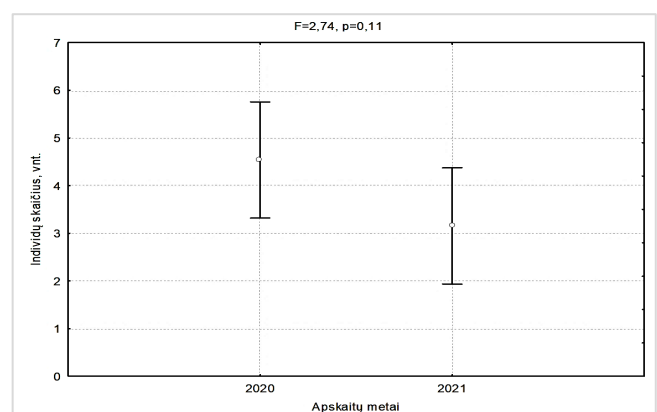
Išanalizavus 13-os didžiausią kurapkų patinėlių tankumą 2020 m. turėjusius maršrutus ir palyginus jų duomenis su 2021 m. tuose pačiuose maršrutuose sukauptais duomenimis, paaiškėjo, jog tendencijos buvo panašios į pirmojo lyginamojo tyrimo rezultatus. 2020 m. po šiltos žiemos 13-oje maršrutų (78-iose apskaitos taškuose) buvo registruoti 59 kurapkų patinėlių individai, o 2021 m. po šaltos žiemos tuose pačiuose apskaitos taškuose aptiktas tik 41 individas, kas lygu 31% subpopuliacijos sumažėjimui po šaltos žiemos (4 pav.). Kadangi 2020 m. dalyje apskaitos taškų buvo fiksuojama ne tik po 1 kurapkų patinėlių, tačiau ir po 2 ar net 3, buvo nuspręsta patikrinti ar po šaltos žiemos sumažėjus kurapkų patinėlių skaičiui, likę patinėliai vientisiau pasklido per rūšiai tinkamus apskaitos taškus ir kompensavo populiacijos netektis per teritorinę sklaidą, ar, visgi, sumažėjo ir apskaitos taškų, kuriuose buvo aptinkamas bent vienas patinėlis. Analizė parodė, jog apskaitos taškų, kuriuose 2020 m. buvo fiksuotas bent vienas individas buvo 43, o 2021 m. – 29 (4 pav.). Taigi, teritorinė patinėlių sklaida per apskaitos taškus sumažėjo – 34%.



4. pav. 2020 ir 2021 m. apskaitos taškuose fiksuotų kurapkų patinėlių skaičius ir teritorinė sklaida per apskaitos taškus

Fig. 4. The number of male grey partridges found in counting points in 2020 and 2021 and territorial distribution throughout the counting points

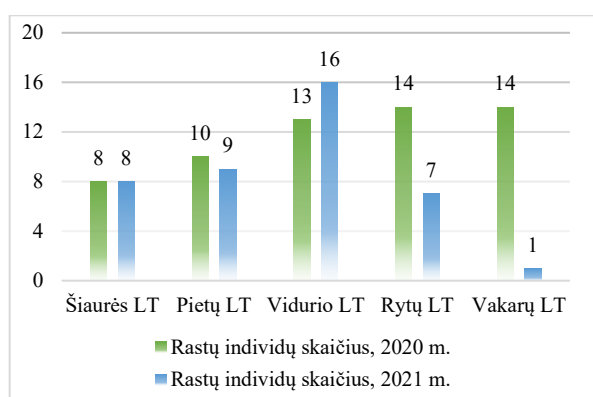
Dispersinės analizės duomenys rodo, kad po šaltos 2021 m. žiemos kurapkų patinėlių skaičius sumažėjo vidutiniškai apie 1,5 individo tyrimų maršrute, nors ir skirtumas nebuvo labai aiškiai išreikštas ($F=2,74$, $p=0,11$) (5 pav.).



5 pav. Kurapkų patinėlių skaičiaus kaita 2020 ir 2021 m.

Fig. 5. Change of the number of grey partridge males in 2020 and 2021

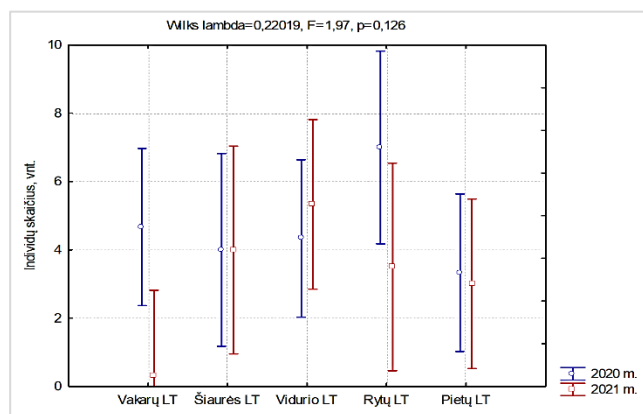
Siekiant atlikti regioninę analizę, 13 pakartotinių maršrutų buvo suskirstyti į šalies regionus: 3 maršrutai – Vakarų Lietuvoje, 3 – Centrinėje, 3 – Pietų, 2 – Šiaurės ir 2 – Rytų. Analizė parodė, kad kurapkų subpopuliacijos po šaltos žiemos labiausiai sumažėjo Vakarų Lietuvoje (Kretingos, Klaipėdos ir Šilutės rajonuose), nuo 9 individų iki 1 patinėlio (6 pav.). Kituose trijuose regionuose (Šiaurės, Rytų ir Pietų) subpopuliacijos sumažėjo mažiau reikšmingai arba išliko stabilios. Vidurio Lietuvos regione (Radviliškio raj.), viename iš maršrutų, kurapkų patinėlių 2021 m. buvo fiksuota 4-iais individais daugiau nei 2020 m. Kodėl viename iš 13-os maršrutų buvo fiksuotas lokaliai reikšmingas subpopuliacijos padidėjimas po šaltos žiemos, atsakyti be papildomų tyrimų neįmanoma. Galimai tai lėmė vietinės sąlygos, kaip kad grūdų sandėlis, speciali žmonių globa ar mažesnė plėšrūnų įtaka tame maršrute (Jusys, Karalius, Raudonikis, 2017).



6 pav. Regioniniai kurapkų patinėlių subpopuliacijų skirtumai 13-oje pakartotinių maršrutų 2020 ir 2021 m. pavasariais.

Fig. 6. Regional differences of sub-populations of male grey partridges on 13 repeated routes in springs of 2020 and 2021.

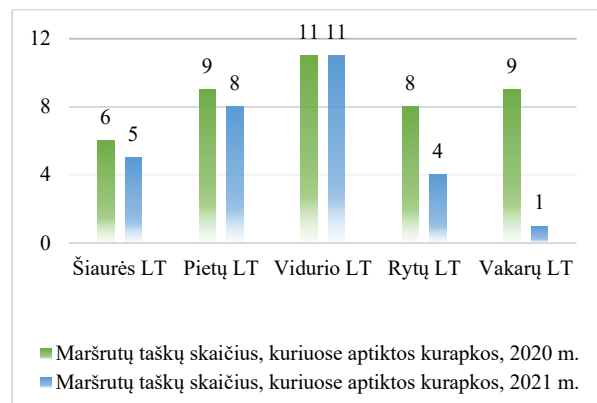
Didžiausi kurapkų patinėlių skaičiaus atskiruose regionuose 2020 m. ir 2021 m. pavasariais skirtumai matosi Vakarų ir Rytų Lietuvoje, tuo tarpu likusiose dalyje didesnių pokyčių nepastebėta (7 pav.). 2020 m. pavasarį tarp atskirų regionų didesnių patikimų skirtumų nesimato, tuo tarpu 2021 m. aiškiai išsiskiria tik Vakarų Lietuva.



7 pav. Kurapkų patinėlių skaičiaus kaita skirtinguose šalies regionuose 2020 ir 2021 m.

Fig. 7. Change of the number of male grey partridges in different regions of the country in 2020 and 2021

Atlikus kurapkų patinėlių sklaidos apskaitos taškuose regioninę analizę, paaiškėjo, kad keturiuose iš penkių regionų kurapkų patinėlių sklaida apskaitos taškuose sumažėjo (8 pav.). Tuo tarpu Vidurio Lietuvos regione išliko stabili dėl jau anksčiau minėto ganėtinai reikšmingo ir nežinomos kilmės subpopuliacijos padidėjimo viename iš maršrutų Vidurio Lietuvoje.



8 pav. Regioniniai kurapkų patinėlių sklaidos skirtumai 13-os pakartotinių maršrutų apskaitos taškuose 2020 ir 2021 m. pavasariais.

Fig. 8. Regional differences of sub-populations of male grey partridges in the counting points on 13 repeated routes in springs of 2020 and 2021.

Išvados

1. Dviem lyginamaisiais metodais atlikti tyrimai ir jo analizės parodė, kad 2021 m. pavasarį, po šaltos ir snieginės žiemos nacionalinė kurapkų (*Perdix perdix*) populiacija galimai sumažėjo nuo 30% iki 40%.
2. Kurapkų patinėlių subpopuliacijų sumažėjimas po šaltos žiemos buvo didžiausias Vakarų Lietuvoje, o mažiausias Vidurio Lietuvoje.
3. Po šaltos žiemos sumažėjus kurapkų patinėlių populiacijai, sumažėjo ir jų teritorinė sklaida.

Literatūra

1. Jusys, V., Karalius, S., Raudonikis, L. (2017). *Pažinkime Lietuvos paukščius*. Vilnius: Lietuvos ornitologų draugija.
2. Keller, V., Herrando, S., Vorisek, P., Franch, M., Kipson, M., Milanese, P., Marti, D., Anton, M., Klvanova, A., Kalayakin, V. M., Bauer, H.-G. ir Foppen, R. P.B. (2020). *European Breeding Bird Atlas 2: Distribution, Abundance and Change*. Barcelona: European Bird Census Council and Lynx Edicions.
3. Kitrienė, Z. (2021). *Kokia buvo praėjusi žiema?* Prieiga per internetą: http://www.meteo.lt/lt/naujienos/-/asset_publisher/RrOmWx3nFPCR/content/2021-03-05-kokia-buvo-praejusi-ziema-?inheritRedirect=false
4. Kurlavičius, P. (2008). *Paukščių taškinių apskaitų metodika ir jos praktinis taikymas ekologiniuose tyrimuose*. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla.
5. Logminas, V. (sudaryt.). (1990). *Lietuvos fauna. Paukščiai, T. I*. Vilnius: Mokslas.
6. Valiukas, D. (2020). *Paaiškėjo, kad ši žiema Lietuvoje buvo rekordiskai šilta*. Prieiga per internetą: http://www.meteo.lt/lt/naujienos/-/asset_publisher/RrOmWx3nFPCR/content/paaiskejo-kad-si-ziema-lietuvoje-buvo-rekordiskai-silta?inheritRedirect=false
7. Logminas, V. (sudaryt.). (1990). *Lietuvos fauna. Paukščiai, T. I*. Vilnius: Mokslas.
8. Valiukas, D. (2020). *Paaiškėjo, kad ši žiema Lietuvoje buvo rekordiskai šilta*. Prieiga per internetą: http://www.meteo.lt/lt/naujienos/-/asset_publisher/RrOmWx3nFPCR/content/paaiskejo-kad-si-ziema-lietuvoje-buvo-rekordiskai-silta?inheritRedirect=false

Marius Karlonas, Žydrūnas Preikša

Impact of Cold and Snowy Winter 2020–2021 on the Population of Grey Partridges (*Perdix perdix* L.) in Lithuania

Summary

The Survey was carried out in 2020 – 2021 in twenty Lithuanian regions covering geographical distribution of grey partridges (*Perdix perdix*) in the country. The aim of the Survey was to verify the preliminary hypothesis suggesting that after cold and snowy winters populations of grey partridges decline significantly. In 2020, beyond the warmest winter with scarce snow registered in the meteorological history of Lithuania point counting of male grey partridges was carried out (Kurlavičius, 2008). The counting was performed in the territorial vocalization season, i.e. March–April. At the evening vocalization peak in the counting points mating calls of grey partridges also visually observed individuals were registered. In 2020, based on this methodology counting was performed on 60 routes covering 429 counting points, and in spring 2021 – on 8 routes covering 49 counting points. For the additional comparative Survey, in spring 2021 following a very cold and snowy winter counting was repeated on 13 routes (at 78 counting points) with a prevailing number of counting points where grey partridges had been found beyond 2019–2020 winter producing favourable conditions for them. The analysis of data obtained during the comparative surveys exposed tendencies verifying the hypothesis. Based on different methods of the analysis it was established that beyond cold and snowy winter 2020–2021 the population of grey partridges could decline by 30–40 percent nationally.

Grey partridge, Perdix perdix, impact, population, winter

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. kovo mėn.

Marius KARLONAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: karlonas.marius@gmail.com.

Dr. Žydrūnas PREIKŠA. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros lektorius. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: zydrunas.preiksa@vdu.lt.

Marius KARLONAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Science and Ecology, Department of Environment and Ecology, postgraduate. Address: Studentu g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail karlonas.marius@gmail.com.

Dr. Žydrūnas PREIKŠA. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Science and Ecology, Department of Environment and Ecology, lecturer. Address: Studentu g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas r. Tel (+370 37) 75 23 57, e-mail zydrunas.preiksa@vdu.lt.

Klimato kaitos įtaka vegetacijos sezono trukmei Lietuvoje 1961–2020 m.

Danuta Romanovskaja, Eugenija Bakšienė

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialas

Nuo praėjusio amžiaus paskutinių dešimtmečių pastebimas augalų fenofazių ankstėjimas pavasarį ir jų vėlavimas rudenį. Tokie pokyčiai gyvojoje gamtoje byloja apie klimato šiltėjimą ir įtaką augalų vegetacijos trukmei. Tyrimų tikslas: nustatyti klimato kaitos įtaką vegetacijos sezono trukmės pokyčiams Lietuvoje 1961–2020 m. Tyrimams panaudoti LAMMC ŽI Vokės filialo fenologinių stebėjimų, atliktų 1961–2020 m. laikotarpiu Lietuvoje, archyviniai duomenys. Tyrimų rezultatai parodė, kad vidutinė daugiametė, apskaičiuota už 1981–2010 m. laikotarpį, vegetacijos sezono trukmė Lietuvoje buvo 143 d. Pastaruoju dešimtmečiu vegetacijos sezono trukmė pailgėjo 6 d. Ilgiausiai trunkantys vegetacijos sezonai dažniau pasitaikė po 2000-ųjų metų. Statistinės analizės duomenys parodė, kad vegetacijos sezono trukmė labiau priklausė nuo šio sezono pradžios laiko. Vegetacijos sezono trukmės pokyčių mastai buvo skirtingi kiekvieną dešimtmetį, bet dažniausiai rodė vegetacijos sezono trukmės kitimą ilgėjimo linkme. Didesni pokyčių mastai nustatyti paskutinį tyrimų dešimtmetį.

Fenofazės, vegetacijos sezonas, klimato kaita.

Įvadas

Iš visų aplinkos veiksnių didžiausią įtaką fenologiniams reiškiniams turi klimatas. Pastaruoju metu vis daugiau pateikiama mokslinių tyrimų duomenų apie klimato šiltėjimą, o paskutiniai praėjusio šimtmečio dešimtmečiai apibūdinami kaip globalinio atšilimo pradžia. Daugelis užsienio šalių mokslininkų teigia, kad šiaurinėse platumose atšilimas turėjo įtakos augalų sezoninės ritmikos pokyčiams, žymiai ankstesnės tapo pavasarį ir vėlesnės rudenį prasidedančios augalų fenofazės (Linkosalo et al., 2000; Ahas et al., 2006; Bertin, 2008; Nordli et al., 2008; Menzel, 2011; Sparks et al., 2011). Šiaurinėje Europos dalyje, įvertinus 20 rūšių lapuočių ir spygliuočių medžių fenofazių pokyčius 1971–2005 m. laikotarpiu, nustatyta, kad pumpurų sproginimas ir žydėjimas prasidėjo vidutiniškai 7 d. anksčiau (Nordli et al., 2008). Dideli fenofazių pokyčių mastai buvo ir Baltijos šalyse. Latvijos ir Lietuvos teritorijoje 1986–2000 m. laikotarpiu pirmi pavasario sezono fenologiniai reiškiniai prasidėjo vidutiniškai 10–13 d. anksčiau nei 1971–1985 m. (Kalvane et al., 2009). Estijoje atliktų tyrimų duomenimis, 1948–1999 m. laikotarpiu daugiau nei 80 % fenofazių pavasarį prasidėjo anksčiau, bet vasarą ir rudenį fenofazių pokyčiai buvo mažesni (Ahas, et al., 2006). Augalų fenofazių ankstėjimas pavasarį ir jų vėlavimas rudenį turėjo įtakos augalų augimo sezono ilgėjimui daugelyje Europos šalių (Ahas et al., 2006; Jeong et al., 2011; Menzel et al., 2001; Menzel et al., 2008; Karlsen et al., 2007; Kalvane et al., 2009; Romanovskaja ir kt., 2009; Templ et al., 2017). Tai reiškia, kad augalų vystymosi fazių kaita atspindi klimato kitimo kryptį, kuri rodo klimato šiltėjimą.

Tyrimų tikslas: nustatyti klimato kaitos įtaką vegetacijos sezono trukmės pokyčiams Lietuvoje 1961–2020 m.

Tyrimų metodika

Tyrimams panaudoti LAMMC ŽI Vokės filialo fenologinių stebėjimų, atliktų 1961–2020 m. laikotarpiu Lietuvoje, archyviniai duomenys. Fenologinių reiškinų: paprastojo klevo (*Acer platanoides* L.) žydėjimo pradžios (BBCH61) ir lapų geltimo pradžios (BBCH92) datos buvo registruotos 5 vietovėse: Trakų Vokėje (54°63'N, 25°10'E), Akademijoje (55°40'N, 23°87'E), Šilutėje (55°35'N, 21°48'E), Joniškėlyje (56°03'N, 24°17'E), Keturvalakiuose (54°55'N, 23°15'E). Fenologinio vegetacijos sezono trukmė

apskaičiuota pagal vieno augalo (paprastojo klevo) fenofazių datų skirtumus. Tyrimams atlikti panaudota 600 vnt. fenologinių reiškinų datų. Statistinis duomenų įvertinimas atliktas fenologiniams tyrimams rekomenduojamais metodais (Kulienė ir kt., 1990; Romanovskaja ir kt., 2009).

Rezultatai ir aptarimas

Vegetacijos sezono ribos pavasarį ir rudenį labai susijusios su vidutinės temperatūros pereiga per +10 °C. Fenologijoje vegetacijos sezono pradžią apibrėžia pavasarį prasidedančios augalų sužaliavimo arba žydėjimo fenofazės, o pabaigą – medžių lapų geltimo pradžia, kurių pasireiškimo laikas priklauso nuo minėtos temperatūros (Kulienė ir kt., 1990). Lietuvoje, remiantis vidutiniais daugiametėmis duomenimis (1981–2010 m. laikotarpio), vegetacijos sezonas trunka vidutiniškai 143 d. (1 lentelė). Kiekvieno dešimtmečio vegetacijos sezono vidutinė trukmė skyrėsi nuo daugiametės, tačiau 4–6 d. trumpesni arba atitinkantys daugiametę trukmę vegetacijos sezonai buvo iki 2000-ųjų metų. Pastaruosius du dešimtmečius vegetacijos sezono trukmė pailgėjo 5–6 d. Pažymėtina, kad didesnė trukmės variacija buvo 2011–2020 m. laikotarpiu: variacijos koeficientas $V = 7,0\%$. Be to, šiuo laikotarpiu nustatyti ir didžiausi pokyčiai, kurie bylojo apie spartų vegetacijos sezono trukmės ilgėjimą po 2,29 dienos per metus. Tai rodo, kad minėtas dešimtmetis pasižymėjo ne tik dideliais kasmetiniais fenologinių reiškinų pasireiškimo datų svyravimais, bet ir vegetacijos sezono trukmės kaita bei kitimo krypties pasikeitimu. Pastebėta, kad prieš tai esančio dešimtmečio pokyčių mastai buvo gerokai mažesni, siekė tik po -0,61 dienos per metus, ir rodė vegetacijos sezono trukmės trumpėjimo tendenciją.

Per visą 60-ties metų tyrimų laikotarpį (1961–2020 m.) vegetacijos sezonas kito trukmės ilgėjimo linkme po 0,26 dienos per metus (1 lentelė). To pasekoje vegetacijos sezonas pastaraisiais dešimtmečiais tapo vidutiniškai 9–12 dienų ilgesnis nei iki 1990 m.

Panašūs dėsningumai dėl augalų vegetacijos trukmės pasikeitimo buvo pastebėti ir kitose šalyse. Vokiečių mokslininkės A. Menzel (2000) tyrimų duomenimis, Europoje 1959–1996 m. laikotarpiu medžių lapai skleidėsi vidutiniškai 6,3 dienomis anksčiau, o rudenį medžių lapai gelto vidutiniškai 4,5 dienomis vėliau (Menzel, 2000).

Didesni pokyčiai nustatyti šiaurės-rytinėje Europos dalyje. R. Ahas (2000) nustatė, kad Estijoje augalų augimo sezonas ilgėjo, tačiau skyrėsi atskirų sezonų trukmė (Ahas, 2000). Pavyzdžiui, pavasaris sutrumpėjo, o vasara ir ruduo nežymiai pailgėjo. Švedijos mokslininkas H. W. Linderholm (2006) teigia, kad augimo sezonas per paskutinius penkis dešimtmečius pailgėjo 10–20 dienų, be to, labai pastebimas augimo sezono pradžios ankstėjimas (Linderholm, 2006). Vokietijoje pirmos pavasarį pasireiškiančios fenologinės fazės ankstėjo po -0,18 iki -0,23 dienos per metus ribose, o vėliau pavasarį prasidedantis daugiamečių augalų (daugiausia medžių) sužaliavimas ankstėjo po -0,16 iki -0,08 dienos per metus. Tačiau fenologiniai pokyčiai rudens laikotarpiu buvo mažesni ir pasireiškė fenologinių fazių vėlavimu (vidutiniškai po 0,03–0,10 dienos per metus) (Menzel et al., 2001).

Mūsų tyrimuose pastebėti vegetacijos sezono minimalios ir maksimalios trukmės pokyčiai kiekvieną dešimtmetį. 60-ties metų laikotarpiu vegetacijos sezono trumpiausia trukmė nuosekliai didėjo kas dešimtmetį, bet daugiausia pailgėjo 2001–2010 m. Tačiau ilgiausiai trunkantys sezonai nekito dėsniai, o pats ilgiausias nustatytas vėliau – 2011–2020 m. Pažymėtina, kad tiek ilgiausios, tiek trumpiausios vegetacijos sezono trukmės pailgėjimas tenka jau šio amžiaus dešimtmečiams.

Statistiniais metodais buvo nustatyta, kurių fenologinių reiškinių (vykstančių pavasarį ar rudenį) pokyčiai labiau lėmė vegetacijos sezono trukmę Lietuvoje. Remiantis vidutiniais daugiamečiais duomenimis, stipri neigiama koreliacija nustatyta tarp vegetacijos sezono pradžios datų ir vegetacijos sezono trukmės ($r = -0,75^{**}$) ir silpna su

pabaigos datomis (1 lentelė). Remiantis šiais rezultatais manome, kad vegetacijos sezono trukmei didesnę įtaką turėjo pavasarį vykstantys fenologinių reiškinių pokyčiai. Tai reiškia, kad pavasarį, kai po šaltojo periodo prasideda šiltasis, gamtoje visi procesai vyksta intensyviau, nei rudenį, kai šiltąjį metų periodą keičia šaltasis. Todėl rudenį fenologinių fazių pasireiškimo datos kinta žymiai mažesne amplitude. Reikia pažymėti, kad pavasario laikotarpiu augalų vystymąsi nulemia aplinkos temperatūra bei didesni jos svyravimai, kadangi fenofazių pradžia įtakos turi net kelių ankstesnių mėnesių vidutinė temperatūra (Kalvane et al., 2009). Atskirų dešimtmečių duomenų analizė parodė, kad tokie patys ar net stipriau išreikšti dėsningumai buvo ne kiekvieną dešimtmetį. Pastebėta, kad vegetacijos sezono trukmė kai kuriais dešimtmečiais vienodai priklausė tiek nuo vegetacijos sezono pradžios, tiek nuo pabaigos laiko. Pirmuoju ir pastaruoju tyrimų dešimtmečiais vegetacijos sezono trukmė, priešingai vidutiniams daugiamečiams dėsningumams, stipriau priklausė nuo rudenį vykstančių fenologinių reiškinių terminų.

Dėl klimato kaitos visose tirtose Lietuvos vietovėse vegetacijos sezono pradžios indikatorius paprastojo klevo fenofazių pradžios datos labiau variavo ir ankstėjo pavasarį, nei rudenį. Šių fenofazių kaita atspindėjo vegetacijos sezono trukmės pokyčius: vegetacijos sezono trukmės ilgėjimas priklausė nuo šio sezono pradžios ankstėjimo. Mūsų atliktų tyrimų rezultatai įgalina teigti, kad kuo anksčiau pavasarį prasidės vegetacijos sezonas, tuo jis bus ilgesnis, nepriklausomai nuo vegetacijos sezono pabaigos laiko.

1 lentelė. Vegetacijos sezono trukmės pokyčiai ir priklausomybė nuo vegetacijos sezono pradžios ir pabaigos datų
Table 2. Changes in the length of the vegetation season and dependence on the start and end dates of vegetation season

Metai Year	Trukmė dienomis Length in days			Pokytis, dienomis per metus Slope, days per year	Koreliacijos koeficientas r tarp vegetacijos sezono trukmės ir: Correlation coefficient r between the length of the vegetation season and:	
	Trumpiausia Shortest	Ilgiausia Longest	Vidutinė Average		Sezono pradžios Start of season	Sezono pabaigos End of season
1961–1970	125 (1964 m.)	154 (1968 m.)	$139 \pm 2,7$ 6,2	0,69	-0,60	0,89**
1971–1980	127 (1980 m.)	147 (1975 m.)	$137 \pm 2,1$ 4,8	-1,49	-0,83**	0,83**
1981–1990	129 (1988 m.)	155 (1990 m.)	$137 \pm 2,7$ 6,3	0,91	-0,91**	0,32
1991–2000	130 (1993 m.)	151 (1991 m.)	$143 \pm 2,0$ 4,4	0,29	-0,53	0,72*
2001–2010	142 (2010 m.)	157 (2007 m.)	$148 \pm 1,6$ 3,5	-0,61	-0,77**	0,34
2011–2020	131 (2013 m.)	170 (2020 m.)	$149 \pm 3,3$ 7,0	2,29	-0,87**	0,93**
1981–2010	129 (1988 m.)	157 (2007 m.)	$143 \pm 1,5$ 5,6	0,50	-0,75**	0,41*
1961–2020	125 (1964 m.)	170 (2020 m.)	$142 \pm 1,2$ 6,3	0,26	-0,76**	0,63**

Pastaba: skaitiklyje vidutinė trukmė ir standartinė paklaida $\pm S_x$, vardiklyje – variacijos koeficientas V , %; * – statistiškai patikimas koreliacijos koeficientas $p < 0,05$; ** – statistiškai patikimas koreliacijos koeficientas $p < 0,01$.

Note: in numerator average length and standart error $\pm SE$, in denominator coefficient of variation CV , %; * – statistically significant correlation coefficients with p -values < 0.05 ; ** – statistically significant correlation coefficients with p -values < 0.01 .

Išvados

1. Vegetacijos sezonas Lietuvoje nuo 1961 iki 2020 m. ilgėjo po 0,26 d. per metus. Dėl klimato kaitos, palyginti su vidutine daugiamete vegetacijos sezono trukme, pastaruosius du dešimtmečius vegetacijos sezonas tapo 5–6 d. ilgesnis.

2. Vegetacijos sezono trukmės priklausomybė nuo vegetacijos sezono pradžios ar pabaigos laiko nebuvo vienoda kiekvieną dešimtmetį, tačiau pastebimos vegetacijos sezono ilgėjimo tendencijos dėl sezono pradžios laiko ankstėjimo.

Literatūra

- Ahas, R., (2000). The phenological calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature. *International Journal of Biometeorology*, 44(4), 159–166.
- Ahas, R., Aasa, A. (2006). The effect of climate change on the phenology of selected Estonian plant, bird and fish population. *International Journal of Biometeorology*, 51(1), 17–26.
- Bertin, R. I. (2008). Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 135(1), 126–146.
- Jeong, S.-J., Ho, Ch.-H., Gim, H.-J., Brown, M. E. (2011). Phenology shifts at start vs. end of growing season in temperate vegetation over the Northern Hemisphere for the period 1982–2008. *Global Change Biology*, 17(7), 2385–2399.
- Kalvane, G., Romanovskaja, D., Briede, A., Bakšienė, E. (2009). Influence of climate change on phenological phases in Latvia and Lithuania. *Climate Research*, 39(3), 209–219.
- Karlsen, S. R., Solheim, I., Beck, P. S. A., Høgda, K. A., Wiegolaski, F. E., Tømmervik, H. (2007). Variability of the start of the growing season in Fennoscandia, 1982–2002. *International Journal of Biometeorology*, 51, 513–524.
- Kulienė, L., Tomkus, J. (1990). *Bendroji fenologija*. Vilnius, 160 p.
- Linderholm, H. W. (2006). Growing season changes in the last century. *Agricultural and Forest Meteorology*, 137, 1–14.
- Linkosalo, T., Carter, T. R., Hakkinen, R., Hari, P. (2000). Predicting spring phenology and frost damage risk of *Betula* spp. Under climatic warming: a comparison of two models. *Tree Physiology*, 20(17), 1175–1182.
- Menzel, A. (2000). Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *International Journal of Biometeorology*, 44(2), 76–81.
- Menzel, A., Estrella, N., Fabian, P. (2001). Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. *Global Change Biology*, 7, 657–666.
- Menzel, A., Estrella, N., Heitland, W., Susnik, A., Schleip, Ch., Dose, V. (2008). Bayesian analysis of the species-specific lengthening of the growing season in two European countries and the influence of an insect pest. *International Journal of Biometeorology*, 52, 209–218.
- Menzel, A., Seifert, H., Estrella, N. (2011). Effects of recent warm and cold spells on European plant phenology. *International Journal of Biometeorology*, 55 (6), 921–932.
- Nordli, Ø., Wiegolaski, F. E., Bakken, A. K., Hjeltnes, S. H., Måge, F., Sivle, A., Skre, O. (2008). Regional trends for bud burst and flowering of woody plants in Norway as related to climate change. *International Journal of Biometeorology*, 52, 625–639.
- Romanovskaja, D., Kalvane, G., Briede, A., Bakšienė, E. (2009). Influence of the climate warming on the changes of the length of phenological seasons in Lithuania and Latvia. *Zemdirbystė-Agriculture*, 96(4), 150–164.
- Sparks, T. H., Górska-Zajaczkowska, M., Wójtowicz, W., Tryjanowski, P. (2011). Phenological changes and reduced seasonal synchrony in western Poland. *International Journal of Biometeorology*, 55, 447–453.
- Templ, B., Templ, M., Filzmoser, P., Lehoczy, A., Bakšienė, E., Fleck, S., Gregow, H., Hodzic, S., Kalvane, G., Kubin, E., Palm, V., Romanovskaja, D., Vucetic, V., Žust, A., Czucz, B., NS-Pheno Team. (2017). Phenological patterns of flowering across biogeographical regions of Europe. *International Journal of Biometeorology*, 61, 1347–1358.

Danuta Romanovskaja, Eugenija Bakšienė

Influence of Climate Change on the Duration of the Vegetation Season in Lithuania in 1961–2020

Summary

Since the last decades of the last century, the early phenophases of plants have been observed in the spring and their delay in the autumn. Such changes in the wildlife indicate global warming and influence the duration of plant vegetation. The aim of the research: to determine the influence of climate change on the length changes of the vegetation season in Lithuania 1961–2020. The archival data of phenological observations of Voke Branch of Agriculture Institute of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry were used to research phenological observations. Study results show that the average multiannual length of the vegetation season in Lithuania for the period 1981–2010 was 143 days. In the last decade, the length of the vegetation season has lengthened by 6 days. The longest vegetation seasons occurred more frequently after the year 2000. Statistical analysis showed that the vegetation season's length depended on the time when the season started. The magnitude of changes in the length of the vegetation season varied from decade to decade, but generally showed a change in the length of the vegetation season in the direction of elongation. Larger levels of change have been identified in the last decade of research.

Phenophases, vegetation season, climate change

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Danuta ROMANOVSKAJA. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 264 54 39, el. paštas: danuta.romanovskaja@lammc.lt.

Eugenija BAKŠIENĖ. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo žemės ūkio mokslų daktarė (HP), vyriausioji mokslo darbuotoja. Adresas: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 264 54 39, el. paštas: eugenija.baksiene@lammc.lt.

Danuta ROMANOVSKAJA. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor of biomedicine sciences. Address: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 264 54 39, el. paštas: danuta.romanovskaja@lammc.lt.

Eugenija BAKŠIENĖ. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor of agrarian sciences (HP), chief researcher. Address: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 264 54 39, el. paštas: eugenija.baksiene@lammc.lt.

Užšaldyto geriamojo vandens atšildymo sluoksniais poveikis vandens kokybei

Raminta Januškaitė, Laima Česonienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Dažnai buityje gėrimui naudojamas vanduo užšaldomas. Straipsnyje aptariama, kaip kinta vandens kokybė, jį atšildant sluoksniais. Tyrimai atlikti su šachtinių šulinių vandeniu, centralizuotai tiekiamu vandentiekio vandeniu, su fasuotu natūraliu mineraliniu vandeniu, pirktu prekybos centre ir distiliuotu vandeniu. Vandens mėginiai atitirpinami sluoksniais po 200 ml. Analizuojami viso 7 sluoksniai. Atitirpintame vandenyje vertinami šie vandens kokybės rodikliai: nitratų (NO_3^-), Bendrosios geležies (Fe), permanganato indekso (PI), bendrojo kietumo koncentracijos. Nitratų koncentracijos mažinimui šaldymą galima naudoti, tačiau tai labai neekonomiškas gerinimo būdas. Iš 1.5 litrų užšaldyto geriamojo vandens, tinkamas naudoti tik vėliausiai atšilęs – 400 ml. Dėl didelių Permanganato indekso verčių, atšildžius vandenį vartoti nerekomenduojama atšilusio pirmojo 400 – 600 ml vandens. Jau atšildžius pirmąjį sluoksnį vandens kietumas sumažėja visuose tirtuose vandenyse. Bendrosios geležies koncentracija vandenyje sumažėja užšaldžius vandenį. Atšildžius pirmąjį 200 ml sluoksnį – nupilti, po to vartoti galima visą tūrį.

Geriamasis vanduo, šulinio vanduo, šaldyto vandens kokybė, atitirpintas vanduo, ribinės normos.

Įvadas

Ekstremaliems oro reiškiniais dažnėjant, sunkėjant ir ilgėjant, didėja poreikis valdyti vandens kokybę atsižvelgiant į klimato kaitą (Moors ir kt. 2013). Remiantis įvairių mokslininkų stebėjimais, nustatyta, kad su geriamuoju vandeniu plintančios infekcijos yra susijusios su ekstremaliais reiškiniais, tokiais kaip kritulių ir temperatūros padidėjimas (Herrador ir kt., 2015; Semenza ir kt., 2011).

Beveik visoje Lietuvos teritorijoje vertinant grunto vandens išteklius ir kokybę – nerimą kelia ne vandens kiekis, o jo kokybė (Rutković ir kt., 2003). Mineralinis vanduo – vertinga naudingoji iškasa, kuriame yra ištirpusių mineralinių medžiagų. (Juodkakis, 2003). Natūralus mineralinis vanduo formuojasi neužterštoje ir nuo taršos patikimai apsaugotoje požeminėje aplinkoje, nuo paprasto geriamojo vandens išsiskiriantis savo biologinėmis, fizikinėmis savybėmis ir chemine sudėtimi (Kadūnas ir kt., 2018).

Vandens kokybė yra griežtai reglamentuojama, tačiau, deja, ne visi turime reikiamos ar pageidaujamos kokybės vandenį (Nacionalinis..., 2019). Lietuvoje geriamojo vandens kokybę nustato Lietuvos higienos norma HN 24:2017 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“. Higienos norma nurodo vandens savybių ir galimai kenksmingų priemaišų koncentracijų ribines vertes, kurios užtikrina, kad ilgalaikis geriamojo vandens vartojimas nesukels jokios grėsmės vartotojų sveikatai (Sakalauskas ir kt., 2016).

Geriamas vanduo iš čiaupo gali būti apdorojamas buityje naudojant įvairius metodus, tokius kaip filtravimas, virinimas, maišymas ir šaldymas (Chen ir kt., 2015; Krasner ir Wright, 2005; Levesque ir kt., 2006). Šaldymas yra vienas iš seniausių ir plačiausiai naudojamų maisto konservavimo bei vandens kokybės gerinimo būdų (Sutarya and Sunkesula, 2021). Užšaldymo gėlinimo procesas naudojamas druskų ir priemaišų kiekiui iš sūraus vandens sumažinti, kad susidarytų gėlas vanduo. Pagrindinė šio proceso koncepcija yra ta, kad šilumai išsiskiriant iš sūraus vandens, vandens temperatūra mažėja, kol jo temperatūra pasiekia užšalimo tašką. Tuo metu susidaro ledo kristalai, sudaryti iš gryno vandens, kristalai augdami iš vandens struktūros pašalina priemaišas (Zambrano at al. 2018). Vandens užšalimo procesas prasideda, kai jo temperatūra pasiekia nulį Celsijaus. Esant tokiai temperatūrai, ledo

kristalai yra iš esmės sudaryti iš gryno vandens (Peng ir Tai-Shung, 2012).

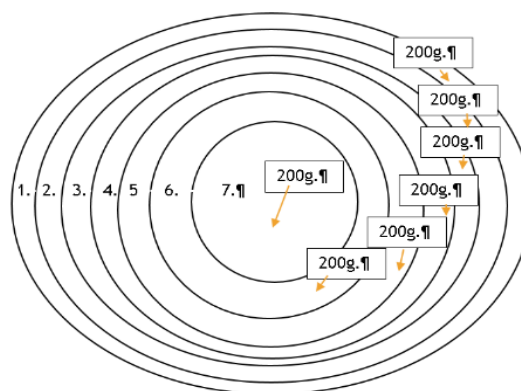
Tyrimų tikslas – nustatyti užšaldyto geriamojo vandens atšildymo sluoksniais poveikį vandens kokybei.

Tyrimų metodika

Tyrimams pasirinktas šachtinių šulinių Nr.1 ir Nr.2, centralizuotai tiekiamas – vandentiekio, distiliuotas ir fasuoti natūralūs mineraliniai vandenys „Akvilė“ ir „Tichė“. Surinkti vandenys, po 1.5 litro, šaldomi šaldymo kameroje iki -8°C . Vandens mėginiai atitirpinami sluoksniais po 200 ml. Analizuojami viso 7 sluoksniai (1 pav.). Atitirpintas vanduo analizuojamas, gauti duomenys lyginami su duomenimis gauti išanalizavus vandens kokybę prieš šaldymą. Vertinami šie vandens kokybės rodikliai: nitratų (NO_3^-), Bendrosios geležies (Fe), permanganato indekso (PI), bendrojo kietumo koncentracijos.

Skirtumai tarp vandens kokybės rodiklių verčių prieš užšaldant su koncentracijomis atšildytame vandenyje skirtingais sluoksniais (po 200 ml), vertinti apskaičiuojant kriterijų t-testas tarp nepriklausomų verčių. Skirtumas statistiškai reikšmingas, kai $p \leq 0.05$. Naudota programa Statistica 8.

Gauti tyrimų duomenys apdoroti naudojant Microsoft Office Excel 2010 ir Statistica 8programa.

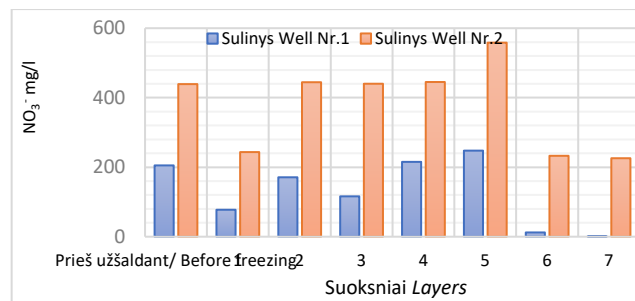


1 pav. Šaldyto vandens atitirpinimo schema sluoksniais
Fig. 1. Frozen water defrosting scheme in layers

Rezultatai ir aptarimas

Norint įvertinti atšildymo sluoksniais poveikį geriamojo vandens kokybei, užšaldytas vanduo atšildomas sluoksniais po 200 ml, gautos rodiklių vertės lyginamos su kontrolinio (prieš užšaldymą) vandens vertėmis.

Nitratų (NO_3^-) koncentracijos tyrimo rezultatai pateikti 2-3 paveiksluose.



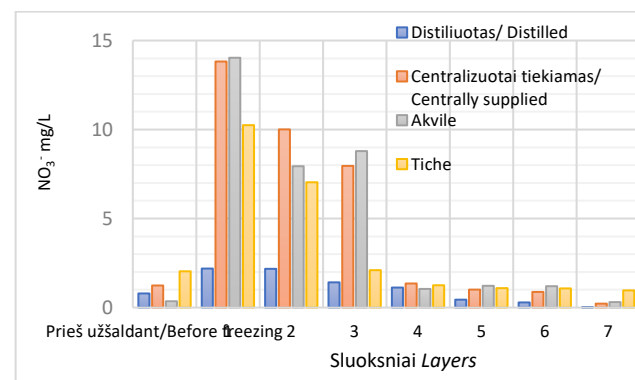
2 pav. Nitratų koncentracijos šachtinių šulinių vandenyje
Fig. 2. Nitrate concentrations in well water after thawing

Didžiausia nitratų koncentracija nustatyta Šachtinio šulinio Nr. 2 vandenyje 439 mg/l (2 pav.). Atšildžius pirmąjį sluoksnį nitratų koncentracija sumažėjo beveik per pusę iki 244 mg/l; 2–4 sluoksniuose padidėjo praktiškai iki pirminės vertės, 5 sluoksnyje nitratų koncentracija maksimali – didesnė nei prieš šaldymą (558 mg/l), 6–7 sluoksniuose sumažėjo iki 226 mg/l. Didelė nitratų koncentracija nustatyta ir šachtinio šulinio Nr. 1 vandenyje – 202 mg/l. Nitratų koncentracijos dinamika sluoksniuose analogiška kaip ir Nr. 1 šulinyje: didžiausia koncentracija 5 sluoksnyje, mažiausia – 7 sluoksnyje.

Nustatyta maža nitratų koncentracija prieš šaldymą centralizuotai tiekiamame – vandentiekio, distiliuotame ir fasuotame natūraliame mineraliniame vandenyje „Akvilė“ ir „Tichė“. Nitratų koncentracijos dinamika sluoksniuose pateikta 3 paveiksle.

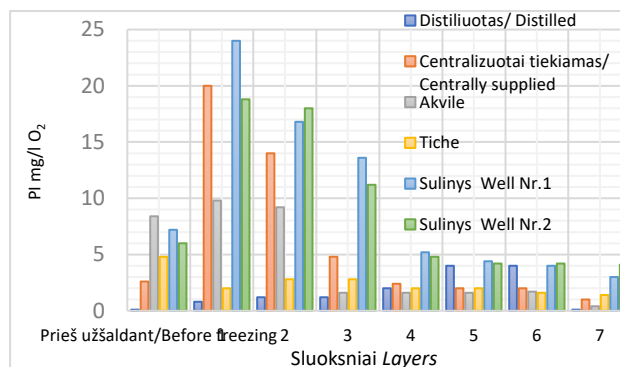
Didžiausia nitratų koncentracija atšildžius vandenį nustatyta 1 sluoksnyje visuose tirtuose vandenyse. Toliau nuosekliai mažėja kiekviename sluoksnyje, kol sumažėja 7 sluoksnyje iki minimalių verčių.

Nitratų koncentracijos mažinimui šaldymą galima naudoti, tačiau tai labai neekonomiškas gerinimo būdas. Iš 1.5 litrų užšaldyto geriamojo vandens, tinkamas naudoti tik vėliausiai atšilęs – 400 ml.



3 pav. Nitratų koncentracijos vandenyje atšildžius sluoksnius
Fig. 3. Nitrate concentrations in water after thawing

Permanganato indekso (PI) koncentracija tiriamajame vandenyje pateiktos 4 paveiksle.



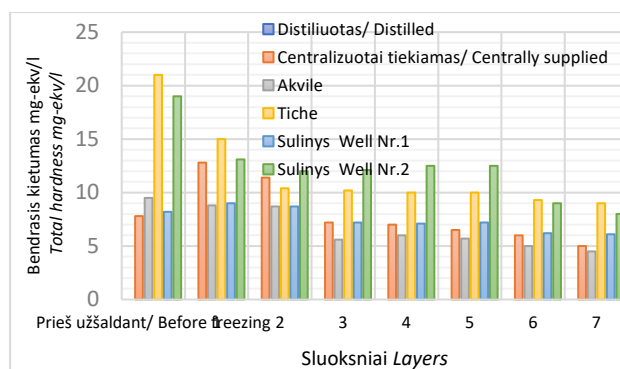
4 pav. Permanganato indekso koncentracija vandenyje
Fig. 4. Permanganate index concentration in water after thawing

Didžiausia permanganato indekso koncentracija nustatyta natūraliame mineraliniame vandenyje „Akvilė“ 8,4 mg/lO₂ (4 pav.). Atšildžius pirmąjį ir antrąjį sluoksnį permanganato indekso koncentracija padidėjo iki 9,8 mg/l O₂; po to trečiajame sluoksnyje sumažėjo iki 1,6 mg/l O₂ ir išliko panaši iki šeštojo sluoksnio. Septintajame sluoksnyje permanganato indekso koncentracija sumažėjo iki 0,4 mg/l O₂. Didelė permanganato indekso koncentracija nustatyta ir šachtinio šulinio Nr. 1 pirmojo sluoksnio vandenyje – 24 mg/lO₂. Permanganato indekso koncentracijos dinamika sluoksniuose analogiška šulinyje Nr. 1, mažiausia koncentracija 7 sluoksnyje.

Permanganato indekso vertės mažinimui šaldymą galima naudoti, tačiau užšaldžius 1.5 litrus, atšildžius vartoti nerekomenduojama pirmųjų atšilusių 400–600 ml vandens.

Bendrojo kietumo koncentracijos tiriamajame vandenyje pateiktos 5 paveiksle.

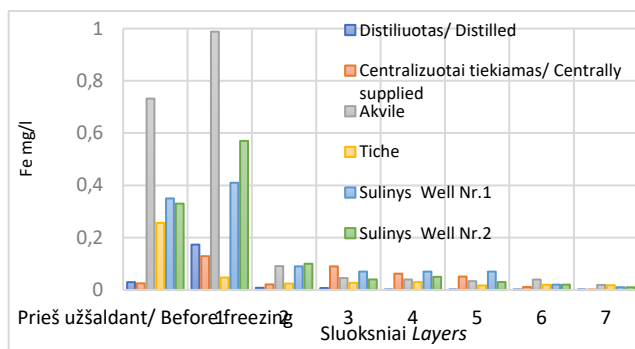
Didžiausia bendrojo kietumo koncentracija nustatyta natūraliame mineraliniame vandenyje „Tichė“ 21 mg-ekv/l: (5 pav.). Atšildžius pirmąjį sluoksnį bendrojo kietumo koncentracija sumažėjo iki 15 mg-ekv/l; antrąjį iki 10,4 mg-ekv/l; 7 sluoksnyje buvo mažiausia mg-ekv/l. Didelė bendrojo kietumo koncentracija nustatyta ir šachtinio šulinio Nr. 2 vandenyje – 19 mg-ekv/l. Bendrojo kietumo koncentracijos dinamika sluoksniuose analogiška, mažiausia koncentracija 7 sluoksnyje.



5 pav. Bendrojo kietumo koncentracijos vandenyje atšildžius sluoksnius
Fig. 5. Concentrations of total hardness in water after thawing

Vandens kietumo mažinimui šaldymą galima naudoti, Jau atšildžius pirmąjį sluoksnį vandens kietumas sumažėja visuose tirtuose vandenyse.

Geležies koncentracijos tiriamajame vandenyje pateiktos 6 paveiksle.

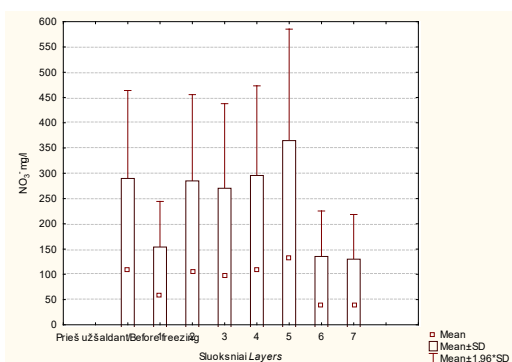


6 pav. Geležies koncentracija vandenyje atšildžius
Fig. 6. Concentration of iron in water after thawing

Didžiausia geležies koncentracija nustatyta natūraliame mineraliniame vandenyje „Akvilė“ 0,73 mg/l (6 pav.). Atšildžius pirmąjį sluoksnį geležies koncentracija padidėjo iki 0,99 mg/l; 7 sluoksnyje – 0,02 mg/l. Didelė geležies koncentracija nustatyta ir šachtinio šulinio Nr. 1 vandenyje – 0,35 mg/l ir šachtinio šulinio Nr. 2 vandenyje – 0,33 mg/l. Geležies koncentracijos dinamika sluoksniuose analogiška natūraliame mineraliniame vandenyje „Akvilė“, mažiausia koncentracija 7 sluoksnyje. Bendrosios geležies koncentracijos vandenyje mažinimui šaldymą galima naudoti, užšaldžius 1.5 litrus, atšildžius 200 ml išpilti, ir po to vartoti galima visą tūrį.

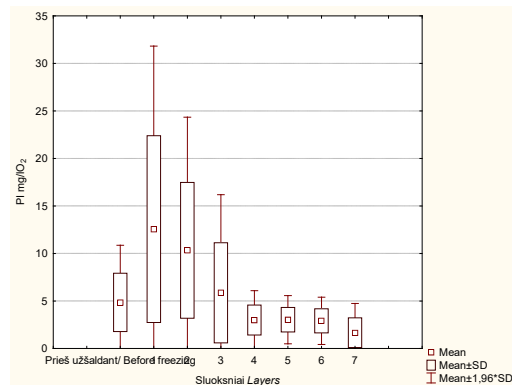
5 paveiksle pateiktos nitratų koncentracijos vandens sluoksniuose. Tyrimų rezultatai rodo, kad didžiausia nitratų koncentracija atšildžius vandenį 5 sluoksnyje, lyginant su koncentracija vandenyje prieš užšaldant, skirtumas statistiškai reikšmingas ($p=0.048$). 6-7 sluoksniuose nustatyta mažiausia koncentracija, skirtumas statistiškai reikšmingas ($p=0.046$).

Tyrimų rezultatai rodo, kad didžiausia permanganato indekso vertė atšildžius vandenį 1 sluoksnyje, lyginant su PI koncentracija vandenyje prieš užšaldant, skirtumas statistiškai reikšmingas ($p=0.045$). Toliau permanganato indekso vertės atšildžius vandenį sluoksniuais mažėjo, 7 sluoksnyje nustatyta mažiausia permanganato indekso vertė, skirtumas statistiškai reikšmingas ($p=0.035$).



7 pav. Nitratų (NO_3^-) koncentracijos vidutinės vertės
Fig. 7. Average values of nitrate concentration

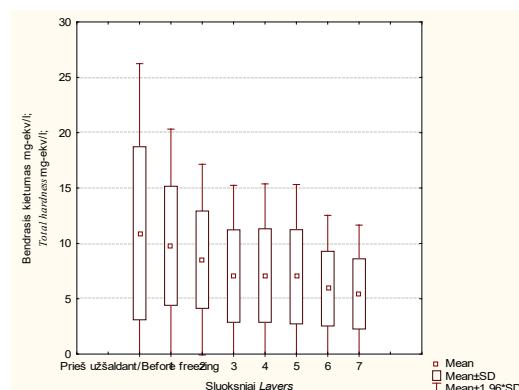
Permanganato indekso vertės vandens sluoksniuose pateiktos 8 paveiksle.



8 pav. Permanganato indekso koncentracijos vidutinės vertės
Fig. 8. Average permanganate index concentration values

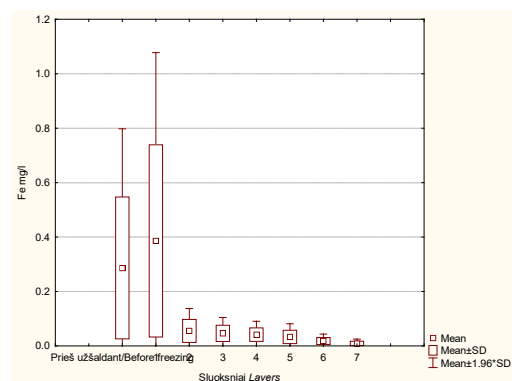
9 paveiksle pateiktos bendrojo kietumo koncentracijos vidutinės vertės vandens sluoksniuose.

Tyrimų rezultatai rodo, kad bendrojo kietumo koncentracijos vertės atšildžius vandenį sluoksniuais mažėjo, 7 sluoksnyje nustatyta mažiausia bendrojo kietumo koncentracijos vertė, lyginant su kontroliniais duomenimis sumažėjo 50,46 proc. Tyrimų rezultatai rodo, kad didžiausia bendrojo kietumo koncentracija atšildžius vandenį 1 sluoksnyje. Lyginant su Bendrojo kietumo koncentracija vandenyje prieš užšaldant, skirtumai statistiškai reikšmingi su koncentracijomis 3-7 sluoksniuose ($p \leq 0.05$).



9 pav. Bendrojo kietumo koncentracijos vidutinės vertės
Fig. 9. Average values of total hardness concentration

9 paveiksle pateiktos geležies koncentracijos vertės vandens sluoksniuose.



9 pav. Geležies koncentracijos vidutinės vertės
Fig. 9. Average values of iron concentration

Tyrimų rezultatai rodo, kad didžiausia geležies koncentracijos vertė atšildžius vandenį 1 sluoksnyje. 2–7 sluoksniuose bendrosios geležies koncentracija vandenyje reikšmingai mažesnė lyginant su vertė prieš užšaldant, skirtumai statistiškai reikšmingi su koncentracijomis ($p \leq 0.05$).

Išvados

1. Nitratų koncentracijos mažinimui šaldymą galima naudoti, tačiau tai labai neekonomiškas gerinimo būdas. Iš 1.5 litrų užšaldyto geriamojo vandens, tinkamas naudoti tik vėliausiai atšilęs – 400 ml. Permanganato indekso vertės mažinimui, atšildžius vartoti nerekomenduojama pirmųjų atšilusių 400–600 ml vandens. Vandens kietumo mažinimui šaldymą galima naudoti. Jau atšildžius pirmąjį sluoksnį vandens kietumas sumažėja visuose tirtuose vandenyse. Bendrosios geležies koncentracijos vandenyje mažinimui šaldymą galima naudoti, užšaldžius 1.5 litrus, atšildžius 200 ml nupilti, ir po to vartoti galima visą tūrį.

2. Įvertinus atitirpinto vandens kokybės rodiklių vertės atskiruose sluoksniuose, nustatyta, kad 1 sluoksnyje koncentracijos didžiausios, mažiausios – 7 sluoksnyje.

Literatūra

- Chen, B.Y., Guo, X.Q., Tang, Z., Jin, W.B., Karanfil, T., Mitch, B., Westerhoff, P., Xie, Y. (Eds.). (2015). Recent Advances in Disinfection By-Products, Amer Chemical Soc, Washington pp. 363-379.
- Herrador, B.R.G., De Blasio, B.F., MacDonald, E., Nichols, G., Sudre, B., Vold, L., at al., (2015). Analytical studies assessing the association between extreme precipitation or temperature and drinking water-related waterborne infections: a review. Environ. Health 14 (1), 29.
- Juodkasis V. (2003). Regioninės hidrogeologijos pagrindai. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
- Kadūnas, K., Pūtys, P. ir Gedžiūnas, P. (2018). Groundwater of Lithuania. Hydrogeological Atlas. Lithuanian Geological Survey.
- Krasner, S.W., Wright, J.M. (2005). The effect of boiling water on disinfection by-product exposure Water Res., 39 (5), pp. 855-864.
- Levesque, S., Rodriguez, M.J., Serodes, J., Beaulieu, C., Proulx, F. (2006). Effects of indoor drinking water handling on trihalomethanes and haloacetic acids. Water Res., 40 (15) pp. 2921-2930.
- Moors, E., Singh, T., Siderius, C., Balakrishnan, S., Mishra, A. (2013). Climate change and waterborne diarrhoea in northern India: Impacts and adaptation strategies. Sci. Total environ. 468, S139-S151.
- Nacionalinis visuomenės sveikatos centras prie Sveikatos apsaugos ministerijos. (2019). Ar saugus šulinių vanduo? [interaktyvus] Prieiga per internetą: <https://nvsc.lrv.lt/lt/naujienos/ar-saugus-suliniu-vanduo>.
- Peng, W., Tai-Shung, C. (2012). A conceptual demonstration of freeze desalination-membrane distillation (FD-MD) hybrid desalination process utilizing liquefied natural gas (LNG) cold energy. Water Res., 46 pp. 4037-4052.
- Rutkovičienė, V., Kusta, A., Kutra, S. ir Česonienė, L. (2003). Šachtinių šulinių vandens taršos sezoninė kaita. Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai. Kaunas-Akademija: Vilainiai., 2003, Nr. 22 (44).
- Sakalauskas S., Diliūnas J., Jankauskas J., Kisielis V. (2016). Vandentieka. Vilnius VGTU leidykla Technika.
- Semenza, J.C., Herbst, S., Rechenburg, A., Suk, J.E., Hoser, C., (2012). Climate change impact assessment of food- and waterborne diseases. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 42 (8), 857-890.
- Sutariya G., Venkateswarlu Sunekula. (2021). Food Freezing: Emerging Techniques for Improving Quality and Process Efficiency a Comprehensive Review, Editor(s): Kai Knoerzer, Kasiviswanathan Muthukumarappan, Innovative Food Processing Technologies, Elsevier, Pages 36-63.
- Valstybinė maisto ir veterinarijos tarnyba. (2021). Geriamasis vanduo. [interaktyvus] Prieiga per internetą: <https://vmvt.lt/maisto-sauga/maisto-produktai/geriamasis-vanduo>.
- Zambrano, R., Hernández, R. Moreno. (2018). Freeze desalination by the integration of falling film and block freeze-concentration techniques. Desalination, 436, pp. 56-62.

Raminta Januskaite, Laima Česonienė

Frozen Drinking Water Thawing by Layers the Effect for Drinking Water Quality

Summary

Often the water used for drinking in the household is frozen. The article discusses how the quality of water changes as it is thawed in layers. Studies have also been carried out with natural mineral water purchased in the supermarket and distilled water. The water samples are thawed in layers of 200 ml. A total of 7 layers are analyzed. Dissolved water is subjected to NO_3^- , Fe, PI, total hardness concentration, which are compared with control water data. Refrigeration can be used to reduce nitrate levels, but it is a very uneconomical way to improve. Of the 1.5 liters of frozen drinking water suitable for use, only the latest thawed – 400 ml. Due to the high values of the permanganate index, it is not recommended to use the first 400-600 ml of thawed water after thawing. Already after thawing the first layer, the water hardness decreases in all studied waters. The concentration of total iron in the water decreases when the water is frozen. After thawing, the first 200 ml layer is drained, then the full volume can be used.

Drinking water, well water, quality of frozen water, thawed water, limit values.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Raminta JANUŠKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir Ekologijos instituto studentė. Adresas: Šilutės pl.44-53, Klaipėda. Tel. +370 680 99659, el. paštas: ramintajanuskaite@gmail.com

Raminta JANUŠKAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy Faculty of Forest Sciences and Ecology Environment and Ecology Institute student, researcher. Address: Šilutes road 44-53, Klaipėda, Lithuania. Tel. +370 680 99659, e-mail: ramintajanuskaite@gmail.com

Laima ČESONIENĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros profesorė. Adresas: Studentų g. 11-518, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 24, el. paštas: laima.cesonienel@vdu.lt

Laima ČESONIENĖ Vytautas Magnus University, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Ecology and Environment, prof. Address: Studentu street 11-518 LT-53361 Akademija, Kauno dist. Tel. (8 37) 75 22 24, e-mail: laima.cesonienel@vdu.lt

Evaluation of the Total Respiration in Organic Agroecosystems

Ligita Baležientienė

Vytautas Magnus University

Cutting agricultural carbon emissions is one of the aims of the IPCC panel intended for the mitigation of climate change. Agroecosystems are actively involved in climate formation by sinking large amounts of carbon in biomass and soil. Contemporary increase in CO₂ concentrations in the atmosphere can stimulate photosynthesis, biomass productivity, and carbon accumulation in crops and soil. Nonetheless, CO₂ emitted into the atmosphere during plant and soil respiration. The main goal of this assessment was to evaluate and compare environmental impact on the total respiration change of crops during the growth period in organic farming.

The mean soil and plant respiration peaked in June-July when optimal temperature and humidity conditions for vital processes have formed. The maximal total respiration (R_{c+s}) has revealed for barley with ley undercrop between assessed crops. The data showed that total respiration varied during growth seasons and between agroecosystems due to different meteorological conditions, plant species, and growth stages. Temperature exhibited the strongest positive impact on respiration ($r=0,5-0,9$; $p=0,03-0,02$) between abiotic parameters in all investigated agroecosystems of organic farming.

Respiration, Abiotic conditions, Organic farming

Introduction

Assessment and knowledge of the input of agroecosystems and significance of agrotechnologies is important for their management and development related to the mitigation of agrosector's impact of on the alteration of CO₂ in atmosphere (IPCC, 2014). Agroecosystem's crops and soils are actively involved in climate formation by storing large amounts of carbon in biomass and soil (Amthor, Baldocchi, 2001). The world's soils have large reserves of organic carbon, which content of 1700 Gt lies at a depth of 1 m, and 700 Gt at a depth of 2 m (Schlesinger, Bernhardt, 2013). The terrestrial vegetation has estimated to store 560 Gt and the atmosphere 750 Gt of carbon. Soil carbon is more than several times higher than terrestrial vegetation and atmospheric (Rosenzweig, Hillel, 2008). More than 70 Gt of organic carbon is stored in the soils of the European Union alone (EEA, 2010). However, agroecosystems' respiration, especially soil respiration, significantly increases atmospheric CO₂ concentrations, which contributes to global warming by accumulating the long-lived CO₂ gases that persist in the atmosphere for up to 100 years (Viña et al., 2011, Baldocchi, 2003). As compared to other Baltic countries, agricultural land accounts for the largest share in Lithuania, as much as 53% of the total country's area, only 31%, in Latvia and about 24% in Estonia (FAO, 2015). In Lithuania, the agricultural sector accounted for 23.4% or 4.945 million t of greenhouse gases (AM, 2012). Agroecosystems therefore are important bodies for carbon cycling and sink.

Direct tillage, and particularly intensive before sowing, during plant growth significantly upturns CO₂ emissions to the atmosphere by reason of intensification the activity of microorganisms and the decomposition of organic matter in the soil (Schlesinger and Bernhardt, 2013). Deep ploughing were found to emit of 134%, discarding of 58% and direct sowing of 27% CO₂ accumulated by plants (Quérel et al., 2013). The carbon content of the soil is very important for plant productivity, as it improves the quality of the soil, makes the soil more permeable to air, and improves seed germination and germination, and plant nutrition. However, soils accumulate insignificant organic carbon's content while the yield of biomass removed from field and a small proportion of plant residues remains here (Mikša et al., 2020).

The requirement of good agricultural and environmental condition (GAEC) remains to protect soils from erosion, accumulate C content through various agrotechnical measures as defined by the Regulation Council of Europe (No. 1307/2013). This regulation requires that grasslands must compose at least 10% of the total cultivated area in crop rotations in order to store soil carbon. In addition, long-term rotational crops reduce the use of fossil fuels for their maintenance, and thus CO₂ emitting into the atmosphere (Quérel et al., 2013). The decisions made by politicians and the compensation system are often effective tools in helping farmers to make the right choice for agroecosystem crops that contribute to reducing CO₂ emissions. Since 1960, a decrease in grassland observed in Europe with an increase in maize areas. This change in crop rotations led to a decline in livestock numbers until 1990, when grassland areas stabilized (EEA, 2003). At present, as much as 20% of arable land used for non-food crops, 80% of which undersown by rapeseed for biodiesel production as renewable resource to reduce the use of fossil fuels concomitant with the IPCC means to mitigate climate change (IPCC, 2014). Among measures for the mitigation of climate change, the IPCC (1996) identified three main options for reducing carbon: a) reducing agricultural and related emissions, b) replacing fossil fuels with biofuels, and c) sink of organic carbon in soils. However, soils have relatively low levels of organic matter than other ecosystems that maintain a constant carbon storage in agroecosystems. Choose of cultivated plants in crop rotations can increase soil carbon stocks. European countries implement soil conservation policies and environmental programs when choosing one or another crop or agrotechnology for mitigation climate change. However, increasing concentrations of CO₂ in the atmosphere can stimulate photosynthesis, biomass productivity, and carbon accumulation in crops and soil, that contributes to mitigation of climate change. Nonetheless, CO₂ has emitted into atmosphere during plant and soil respiration.

The main goal of this assessment was to evaluate and compare environment impact on total respiration change of crops during growth period in organic farming

Material and Methods

Study site and experimental design. The assessment was performed during the plant vegetation seasons from 2016 to 2017 in the rotational fields of organic farming (certificated by Public organisation EkoAgros) of Training Farm (54°52'N, 23°49'E), Vytautas Magnus University (former Aleksandras Stulginskis University) (Table 1). Soil type was *Hapli-Epihypogleyic Luvisol (LVg-p-w-ha)* (Lietuvos dirvožemių..., 2001).

The site is located in 5–6 hardiness zone (Peel et al., 2007) of temperate climate (C) with moderate warm summer and moderate cold winter. Mean annual temperature

ranges between 5.5–7.5°C with annual precipitation of 670 mm. Total solar radiation inflow amounts 3600 MJ m⁻² in Lithuania. Meteorological data (air temperature and precipitation) obtained from Kaunas meteorology Station, which situated close to study site.

Measurement object. The ley mixture of 50% red clover (*Trifolium pratense* L.) ‘Start’ and 50% timothy (*Phleum pratense*) ‘Jumis’ was undersown in the barley. Oat ‘KWS Contender’ (170 kg ha⁻¹) and pea (*Pisum sativum*) ‘Kiblukai’ (50 kg ha⁻¹) mixture. A 2-cut system was applied in ley agroecosystem. Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. *Širvinta 1* has grown in rotation fields of organic farming.

Table 1. Agroecosystems’ parameters

1 lentelė. Agroekosistemų parametrai

Management type	Rotational crop	Fertilizing	Soil classification	Location
Organic farming (certificated by Public organisation EkoAgros)	Ley 1yr. Oat+peas mixture Winter wheat Barley (+ ley undercrop)	Organic cattle manure 40 t ha ⁻¹	<i>Hapli-Epihypogleyic Luvisol (LVg-p-w-ha)</i>	54°52'28"N 23°51'52"E

For the evaluation of the total respiration of agroecosystems, measurement sites were set up every 50–100 m in linear transects oriented in the N-S direction in the fields, 20 to 25 m from the edge to avoid the margin effect. The measurement plots in 6 replications were installed at each site.

Statistical analysis. For evaluation of agroecosystem respiration, standard deviation of mean values of R_{a+s} was determined with standard error (mean $\pm$ SE) for organic farming ley, winter wheat, oat+peas mixture and barley. ANOVA analysis applied for evaluation the quantitative data of conventional agroecosystems. The correlation between respiration emissions and environmental conditions was determined by correlation coefficient r . Data evaluated at probability level $p < 0.05$ by programme package STATISTICA.

Results and Discussion

Soil (R_s) and crop respiration (R_c) compose the total respiration of agroecosystem. Respirational emissions ranged between 0.245–2.071 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Fig. 1). The maximal R_c of 2.071 and 1.815 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ was determined for barley-wheat, and ley agroecosystems during May–June, when the plants intensively grown and performed vital processes. Growing environmental conditions, i.e. ambient and soil temperature, and sufficient soil moisture content promoted intensity of these processes (Baležientienė, Kusta, 2012). Ley cut also induced enhance of grasses respiration. Mean R_c determined the maximal for barley with ley undercrop, which enlarged vegetation period. It exceeded R_c of ley, wheat and oat+peas mixture by 17%, 15%, 10%, respectively due to crops biological peculiarities.

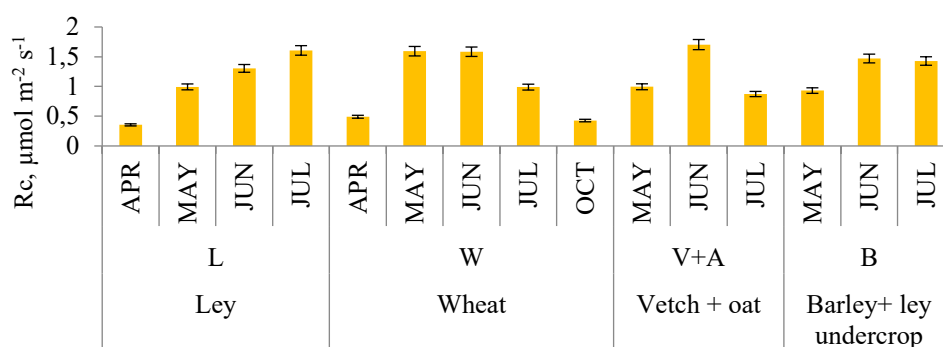


Fig. 1. Mean intensity of crop respiration (R_c , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) during vegetation period in organic agroecosystems
1 pav. Augalų vidutinis kvėpavimo intensyvumas (R_c , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) vegetacijos metu ekologinėse agroekosistemose

Generally, crop’ respirational emissions differed in agroecosystems contingent to crop and growth intensity. Values of soil respirational emissions R_s was bigger by 23% than that of plant respiration R_c . Mean soil respiration increased from 0.116 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in March to 2.708 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in June (fig. 2). The maximal soil respiration of 2.280 and 2.234 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in wheat and oat+vetch mixture in July at most intensive crop growth. However, the maximal R_s

of 2.344 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ revealed in July between organical agroecosystems. R_c of barley with ley undercrop was determined the maximal of 2,203 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in June, possibly due to extra soil aeration during sowing of perennial grasses. Numerous authors pointed out such short-time R_s increase during soil cultivation which decreases content of organic carbon in soil (Platteau et al., 2006, Aertsens et al., 2014).

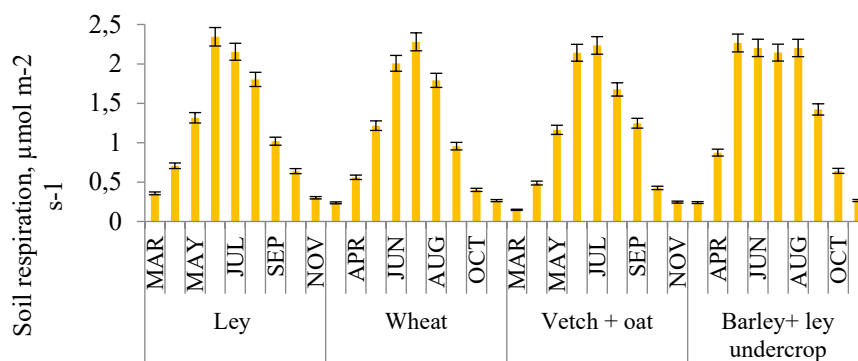


Fig. 2. Mean intensity of soil respiration (R_s , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) during vegetation period in organic agroecosystems
2 pav. Dirvožemio vidutinis kvėpavimo intensyvumas (R_s , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) vegetacijos metu ekologinėse agroekosistemose

Baldocchi (2003) concluded that meadow ecosystems could increase carbon content in soil in range of 7 – 18%. Rotational ley agroecosystems were grown only for two years therefore it can't to accumulate significant amounts of soil carbon. The maximal mean soil respiration of $1.469 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ exhibited agroecosystem of barley with ley undercrop in June. These emissions should be evaluated as negative impact for atmosphere; therefore, area of such agroecosystem should be reduced seeking for the sustainability of agroenvironment. Moreover, mean R_s of barley with ley undercrop exceeded mean R_s of wheat by $0.150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Due to the minimal emissions of R_d , it is appropriate to increase the area of wheat to enhance the sustainability of the environment and the impact of organic farming on climate change mitigation. Short vegetation period of 4-6 month with mild temperatures caused rapid growth and respiration emissions of crops. However, time

of soil respiration prevailed R_c duration resulting bigger emission values that reduced accumulation of carbon in soil and adversely affecting the environment. There was a reliable weak positive effect of soil moisture on the intensity of soil respiration ($r = 0.1$; $p = 0.03$) during the summer, but a strong negative effect during the cooler autumn and spring season ($r = -0.7$; $p = 0.01$). Some researchers (Song et al., 2018) explain the positive interaction between soil temperature and moisture due to their direct positive effect on soil physical properties and soil biological activity.

When evaluated R_c and R_s , the total respiration of agroecosystems was determined. The maximal mean total respiration (R_{c+s}) of $3.517 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ was barley with ley undercrop (table 2). Mean total respiration differed in separate years due to different meteorological and soil conditions consistent to outcomes of other authors (Aertsens et al., 2013).

Table 2. Mean total respiration (R_{a+d} , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) of organic agroecosystems
2 lentelė. Ekologinių agroekosistemų vidutinis bendrasis kvėpavimas (R_{a+d} , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Agroecosystem	2015	2016	2017	Mean 3 yrs
Ley 1 yr.	2.808±0.026	2.669±0.031		2.742±0.028
Wheat		2.679±0.029	2.360±0.028	2.519±0.029
Barley+ley undersow	3.517±0.039			3.517±0.039
Oat+vetch mixture			3.037±0.028	3.037±0.028

Between environment parameters, temperature exhibited the strongest positive impact on respiration ($r=0.5-0.9$; $p=0.03-0.02$) in all investigated agroecosystems of organic farming. This significant correlation determined in spring and autumn seasons, when the gradient of temperature and respiration was the maximal. Some authors revealed similar correlation trends between temperature and respiration was (Zheng et al., 2021). Due to climate change, the average annual temperature projected to increase by $0.7-0.8^\circ \text{C}$ in two decades, therefore the intensification of respirational CO_2 emissions might expected in the future.

The electrical conductivity (EC) of the soil depends mainly on the physical and chemical properties of the soil, i.e. salinity and moisture. This parameter of soil-dissolved ions is important for the functioning of plant and soil biota, and respiration. In our case, EC also varied between crops depending on moisture ($r = 0.3$) and T ($r = 0.2$). The correlation between EC and R was insignificant ($r = 0.1-0.6$; $p = 3.47$) in organic agroecosystems. Though global

climate change has predicted to lead to a decrease in soil moisture (Schlesinger, Bernhardt, 2013), however in temperate climate excessive soil moisture caused anaerobic conditions unfavourable for root respiration in autumn and spring.

Conclusion

Total respiration varied during growth seasons and between agroecosystems due to different meteorological conditions, plant species and growth stages. The maximal mean total respiration (R_{c+s}) revealed for barley with ley undercrop between assessed crops. Temperature exhibited the strongest positive impact on respiration ($r=0.5-0.9$; $p=0.03-0.02$) between abiotic parameters in all investigated agroecosystems of organic farming. Crop and soil respiration exhibited similar trends during vegetation. Due to favourable environmental conditions and intensive physiological processes, plant respiration was most intense

in June during tillering-flowering stages. The average soil respiration peaked in June-July when optimal soil temperature and humidity conditions for vital processes were formed.

References

1. Aertsens, J., De Nocker, L., Gobin, A. Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. *Land Use Policy*, 31, 2013, 584–594.
2. AM, 2012. LR Ministry of Environment, *National policy of climate change management*. LR Ministry of Environment, Vilnius, 2012, p. 80. <http://www.am.lt>
3. Amthor J. S., Baldocchi D. D. 2001. Terrestrial higher plant respiration and net primary production, in *Terrestrial Global Productivity*, edited by Roy, J.; Saugier, B.; Mooney, H. A. Academic, San Diego, Calif., p. 33–59.
4. Baldocchi, D. D. 2003. Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems: Past, present and future. *Global Change Biology* 9, 479–492.
5. Baležentienė, L., Kusta, A. Reducing Greenhouse Gas Emissions in Grassland Ecosystems of the Central Lithuania: Multi-Criteria Evaluation on a Basis of the ARASMethod. *The Scientific World Journal*. ISSN 1537-744X. 2012, Vol. 2012, p. [1–11].
6. EEA. *The European environment – state and outlook 2010: synthesis*. European Environment Agency, Copenhagen, 2010, p. 228.
7. FAO, 2015. *World reference base for soil resources*, 2014. Update 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2015.
8. IPCC. 1996. *International Panel on Climate Change. Summary for policy makers*. Cambridge University Press, Cambridge.
9. IPCC. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J. C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
10. Le Quéré C., Peters G. P., Andres R. J., et al. Global carbon budget 2013. *Earth Syst. Sci. Data*. 2014, 6, 235–263.
11. Lietuvos dirvožemių klasifikacija. Lietuvos Mokslo, 34 kn. Vilnius, 2001. 139.
12. Mikša, O., Chen, X., Baležentienė, L., Streimikiene, D., Baležentis, T. Ecological challenges in life cycle assessment and carbon budget of organic and conventional agroecosystems: A case from Lithuania. *Science of the Total Environment*, 2020, 714 (2020) 136850.
13. Peel M. C., Finlayson B. L., McMahon T. A. 2007. "Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification". *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11. 1633–1644.
14. Platteau, J., Bas, L., Bernaerts, E., Campens, V., Carels, K., Demuyne, E., Hens, M., Overloop, S., Samborski, V. and Smets, D. (2006), *Landbouwbeleidsrapport 2005 (LARA)*, Afdeling Monitoring en Studie, D/2006/3241/155, Administratie, Departement Landbouw en Visserij, Brussels, p. 240.
15. Regulation (EU) No 1307/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing rules for direct payments to farmers under support schemes within the framework of the common agricultural policy and repealing Council Regulation (EC) No 637/2008 and Council Regulation (EC) No 73/2009. *OJ L* 347, 20.12.2013, p. 608–670.
16. Rosenzweig, C., Hillel, D. 2008. *Climate Variability and the Global Harvest: Impacts of El Niño and Other Oscillations on Agro-Ecosystems*. Oxford University Press, 280 pp.
17. Schlesinger W.H., Bernhardt E.S. *Biogeochemistry (Third Edition). An Analysis of Global Change*. 2013, 445–467.
18. Zheng, Z. Y., Hanqing, Z., Zhi-qiang, G. Leaf nitrogen have a better relationship with photosynthesis performance across wheat species under elevated CO₂ and drought. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021, 166, 964–973.

Ligita Baležentienė

Bendro kvėpavimo vertinimas ekologinėse agroekosistemose

Santrauka

Agroekosistemų anglies emisijų mažinimas IPCC tarybos numatytas klimato kaitos švelninimui. Agroekosistemos aktyviai dalyvauja klimato formavime kaupdamos didelius kiekius anglies biomasėje ir dirvoje. Dabartinis CO₂ koncentracijos didėjimas atmosferoje gali didinti fotosintezę, biomasės produktyvumą ir anglies kaupimą augaluose ir dirvoje. Tačiau augalų ir dirvos kvėpavimo metu CO₂ išskiriamas į atmosferą. Tyrimo tikslas buvo įvertinti ir palyginti aplinkos poveikį bendro augalų kvėpavimo kitimui augimo metu ekologinėse agroekosistemose. Vidutinis dirvos ir augalų kvėpavimas didžiausias buvo birželį–liepą, kai susiformavo optimali temperatūra ir drėgmė gyvybiniais procesams vykti. Tarp tirtų pasėlių didžiausias bendras kvėpavimas buvo miežių su žolių įsėliu. Duomenys rodo, kad bendras kvėpavimas kito augimo metu ir tarp agroekosistemų, dėl skirtingų meteorologinių sąlygų, augalų rūšių ir augimo tarpsnių. Tarp abiotinių parametrų temperatūra stipriausiai teigiamai veikė kvėpavimą ($r=0,5-0,9$; $p=0,03-0,02$) visose tirtose ekologinėse žemdirbystės agroekosistemose.

Kvėpavimas, abiotinės sąlygos, ekologinė žemdirbystė

Received in March, 2022, submitted to printing in April, 2022

Ligita BALEŽENTINĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Environment and Ecology, doctor of biology sciences, prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Lithuania. Tel (+370 37) 78 81 28, e-mail ligita.balezentiene@vdu.lt
Ligita BALEŽENTINĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros biologijos mokslų daktaras, vyr. m. d. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361, Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 78 81 28, el. paštas: ligita.balezentiene@vdu.lt

Veido kaukių dėvėjimo įpročiai Lietuvoje Covid-19 pandemijos metu

Laima Česonienė, Karina Stanišauskaitė, Raimonda Simanavičiūtė

Vytauto Didžiojo universitetas

Nuo 2020 m. kovo 11 d. pasaulyje paskelbta COVID-19 pandemija. Jos metu veido kaukių dėvėjimas daugelyje pasaulio šalių tapo privalomas. Tokį sprendimą priėmė ir Lietuvos Respublikos vyriausybė, siekdama suvaldyti pandemiją. Dalis visuomenės šį sprendimą vertino neigiamai dėl kaukių sukeltų nepatogumų ir intervencijos į privatų gyvenimą, nepaisant kontroversiškų įrodymų dėl kaukių dėvėjimo veiksmingumo. Straipsnyje aptariami respondentų atsakymai vertinant veido kaukių dėvėjimo įpročius Lietuvoje Covid-19 pandemijos metu. Analizuojant apklausos duomenis, nustatyta, kad asmenys, veido kaukes išmeta kartu su buitiniams atliekomis į mišrių komunalinių atliekų konteinerį, nesupakuotas į maišelį. Dažniausiai kaukės įsigyjamoms vaistinėse arba aprūpina darbdaviai. Vienkartines veido kaukes dažniausiai yra keičiamos po kiekvienos darbo dienos. Gauti rezultatai byloja apie informacijos trūkumą, kaip reikia utilizuoti kaukes, dažnai jos yra išmetamos kartu su buitiniams atliekomis į mišrių komunalinių atliekų konteinerį, nesupakuotas į maišelį. Apklausos rezultatai rodo, jog daugiausiai ketėtų katrų dėvima kaukė laikoma kišenėje ar rankinėje.

Covid-19 pandemija, veido kaukės

Įvadas

Dėl COVID-19 pandemijos visame pasaulyje kaip atsargumo priemonė, siekiant sulėtinti viruso plitimą, pradėtos naudoti vienkartinės veido kaukes. Tai lėmė precedento neturintį šių apsaugos priemonių gamybos padidėjimą ir, deja, naują aplinkos užterštumo formą dėl netinkamo šalinimo (Saliu ir kt., 2021). Vienkartinės medicininės veido kaukės sudarytos iš įvairių polimerų, tokių kaip poliesteris, polipropilenas, polietilenas, polikarbonatas, poliakrilnitrilas ir kt., kurie taip pat naudojami kaip žaliava gaminant įvairius plastikinius gaminius (Aragaw, 2020).

Milijonai žmonių naudoja veido apdangalus (įskaitant ir vienkartinės veido kaukes) dėl COVID-19 pandemijos todėl daug naudotų vienkartinę veido kaukių, nekontroliuojamai patenka į aplinką, nes dauguma vartotojų turi mažai informacijos kaip jas saugiai išmesti. Šios naujos svarbios atliekos yra potencialus mikroplastiko, kurio šiais laikais randama daugelyje parkų, gatvių ir pakrančių, šaltinis (Silva ir kt. 2020). Išmestos kaukės galiausiai pateks į vandenyną, teršdamos jūrų aplinką ir keldamos grėsmę jūros gyvūnijai. Nustatyta, kad vienkartinės medicininės veido kaukės vandens aplinkoje gali veikti kaip dažų nešikliai (metileno mėlyna, kriptolinė violetinė ir malachito žaluma). Be to, buvo atlikti preliminarūs veido kaukių terminio apdorojimo ir susidariusios anglies turinčios medžiagos panaudojimo kaip efektyvaus adsorbento eksperimentai, nurodant panaudotų kaukių dezinfekavimo ir perdirbimo galimybę (Anastopoulos ir Pashalidis. 2021).

COVID-19 pandemija sukūrė iššūkį atliekų tvarkymo sistemoms, todėl atsirado netinkama tvarkymo praktika, tokia kaip vietiniai deginimai ir tiesioginiai sąvartynai. Tačiau nekontroliuojamas net 1% veido kaukių dėvėjimas ir netinkamas atsikratymas atitinka 10 milijonų vienetų masės nuo 30 iki 40 tonų. Be to, su COVID-19 susijęs plastikas buvo pastebėtas jūros aplinkoje, o tai yra potencialus naujas vandenyno mikroplastiko šaltinis (Adyel, 2020). Taigi išmestos vienkartinės veido kaukės, kurios aplinkos sąlygomis gali lėtai suirti į smulkesnes daleles (< 5 mm), gali tapti nauju mikroplastiko šaltiniu, kuris teršia aplinką ir kelia grėsmę gyviems organizmams (Fadare ir Okoffo, 2020).

Tyrimo tikslas: įvertinti veido kaukių dėvėjimo įpročius Lietuvoje Covid-19 pandemijos metu.

Tyrimų metodika

Atlikta apklausa internetiniame puslapyje <https://apklausa.lt/f/veido-kaukiu-devejimo-iprocium-lietuvoje-covid-19-pandemijos-metu-ivertinimas-yrkwkj/answers/new.html?advertised=true>.

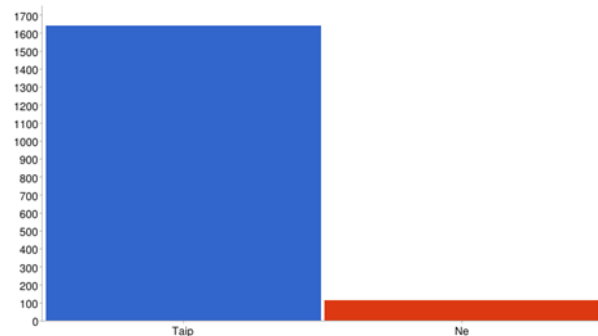
Anketos nuoroda: <https://apklausa.lt/f/veido-kaukiu-devejimo-iprocium-lietuvoje-covid-19-pandemijos-metu-ivertinimas-yrkwkj/answers/new.html?advertised=true>

Apklaustų respondentų skaičius – 1753. Individualūs duomenys surinkti naudojant standartizuotą klausimyną su atvira ir uždara klausimais dalyvio nuomonei pareikšti.

Gauti tyrimų duomenys apdoroti naudojant Microsoft Office Excel 2010 programa.

Rezultatai ir aptarimas

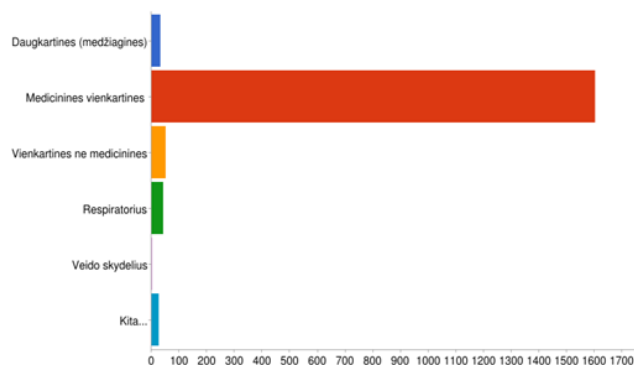
Norint įvertinti veido kaukių įpročius Lietuvoje Covid-19 pandemijos metu respondentai atsakė į 24 klausimus. Į tyrimą įtrauktų dalyvių amžiaus buvo 16- 61 ir daugiau metų. Daugiausiai atsakiusių respondentų amžius 46-60 metų, tai sudarė 38 procentai apklaustųjų. Tyrime dalyvavo 76 % moterų, 22 % vyrų ir 2% lyties nenurodė. 62% atsakiusių gyvena mieste, 20% miestelyje ir 18 % gyvena kaime. Aukštąjį universitetinį išsilavinimą turinčių dalyvių buvo 70 %. 48% respondentų valstybės tarnautojai, 36% – darbuotojai. Į klausimą apie kaukių dėvėjimą atsakymai pateikti 1 paveiksle.



1 pav. Ar visada dėvite kaukes, ten kur jos privalomos?

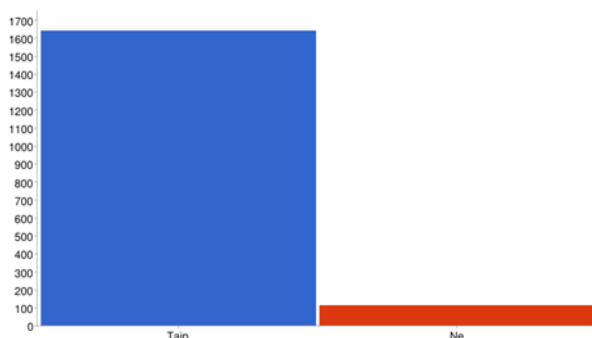
Fig. 1. Do you always wear masks where they are mandatory

Kaukes dėvi 93,6 % atsakiusių, ir nedėvi – 6,4 % apklausos dalyvių (113 atsakymų).



2 pav. Dėvimų veido kaukių rūšis
Fig. 2. Type of masks to wear

Atlikus duomenų analizę, nustatyta, kad 91% dėvi medicininės kaukes, 3% – vienkartinės nemedicininės; 2,4% – respiratorius, 1,5% kitą; 1,8% daugkartines medžiagines veido kaukes. Daugelis dalyvių pateikė tokį atsakymą: Dėvėčiau (ir dėvėjau) medžiaginę, iki tol kol Vyriausybė priimtų sprendimus, kad privaloma dėvėti medicininę kaukę; Kai buvo leidžiama dėvėjau medžiagines daugkartines (medžiagines), dabar medicininės vienkartinės; Medicininės nes neliko pasirinkimo; Nekorektiškas klausimas, priversti dėvėti medicininės kaukes; kol buvo galima, buvo medžiaginės (dėl ekologijos), dabar medicininės. Pagal reikalavimus; Tokias, kokias reikalaujama; kol buvo galima-daugkartines.



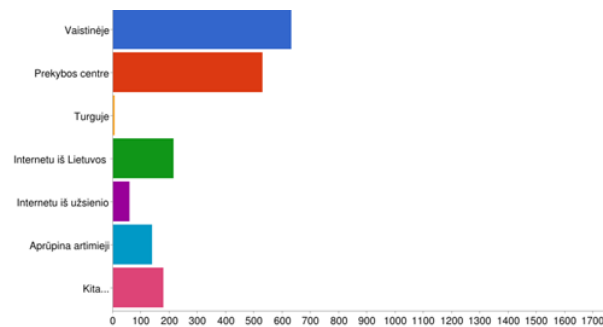
3 pav. Ar visada dėvite kaukes, ten kur jos privalomos?
Fig. 3. Do you always wear masks where they are mandatory?

Paklausus tyrimo dalyvių ar visada dėvite kaukes, ten kur jos privalomos 94 % renkasi dėvėti, o 6 % renkasi nedėvėti (3 pav.).

Duomenys kur Lietuvos piliečiai įsigyja veido apsaugos priemones, pateikti 4 paveiksle.

Apklausoje rezultatai rodo, jog daugiausiai veido kaukių įsigijama vaistinėse – 36 %; prekybos centruose – 30 %; internetu iš Lietuvos – 12 %; internetu iš užsienio – 3 %; 8 % apklaustųjų aprūpina artimieji, ir net 9,5 % apklaustųjų atsakė, kad juos vienkartinėmis veido kaukėmis aprūpina darbdaviai.

Apklausoje rezultatai rodo, jog įsigydami veido kaukes, dalyviai renkasi nežinodami ar veido kaukė yra sertifikuota, pavyzdžiui turinti EN 14683:2019 sertifikatą. Net 43 % atsakė, jog nežino ar tai sertifikuota.



4 pav. Veido kaukių įsigijimo būdai
Fig. 4. Ways to buy face masks

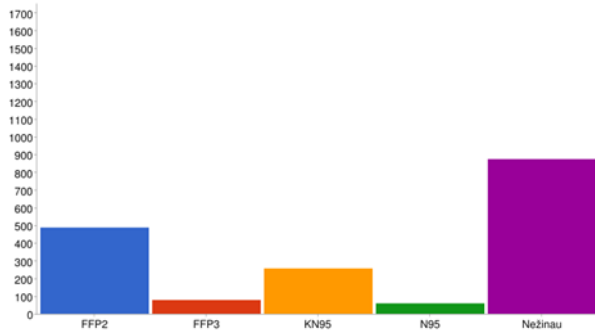
Apie kaukių dėvėjimo ypatumus, kaip dažnai jos keičiamos, rezultatai pateikti 5 paveiksle.



5 pav. Vienkartinių veido kaukių keitimo dažnis
Fig. 5. Frequency of changing disposable face masks

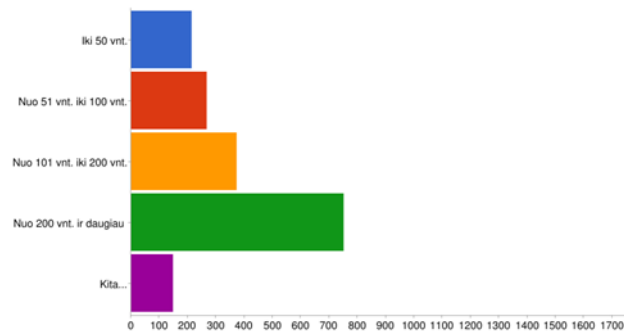
Apklausoje rezultatai rodo, jog dažniausiai veido kaukės keičiamos po kiekvienos darbo dienos – 42%; kas 3-4 valandas veido kaukes keičia tik 21 %; kas 1-2 valandas keičiasi 4% apklaustųjų; kai susidėvi veido kaukės jas keičiasi 12 % apklaustųjų; po savaitės dėvėjimo naują veido kaukę dėvi 8 % apklaustųjų; kai kaukė sudrėksta ji būna pakeista nauja – 9% dalyvių. Daugelis dalyvių pateikė tokį atsakymą: nešiojuosi po kaukę kiekvienoje striukėje, rankinėje, turiu darbo kabinete, todėl niekada nebūna, kad dėviu tą pačią ištisai. Kaukę deduos tik prekybos centre ar kitoje uždaroje viešojoje vietoje. Ten užtrunku iki 20 min., todėl kaukę keičiu pakankamai retai. Atsižvelgiu į jos būklę; Kadangi ištinio naudojimo neturiu, nešioju tik ten kur privaloma keičiu retai; Po protingo naudojimo laiko; Tiek dažnai, kiek reikia, pvz. po apsipirkimo parduotuvėje ar apsilankymo pas kirpėją, jei sudrėksta ar būna kitaip pažeista, nebehigieniška; naudoju tik prekybos centruose apsipirkimo metu; Dėviu epizodiškai, nes dirbu nuotoliniu būdu. Keičiu, atsižvelgdama į kaukės būklę; Užsidėdu naują, kai pametu senąją.

Analizuojant respiratorių pasirinkimą atsakymai pasiskirstė, jog dažniausia renkantis yra nežinoma, koks pasirinktas (50%), kiek mažiau atsakiusių pasidomėjo kokį respiratorių dėvi: FFP2 (28%), KN95(15%), N95 (3%), FFP3 (4%) (6pav.).



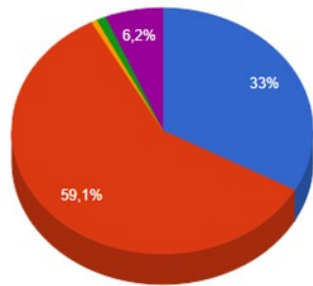
6 pav. Dažniausiai naudojami respiratoriai
Fig. 6. The most commonly used respirators

Paklausus tyrimo dalyvių kokių kieki kaukių įsigijo per visą pandemijos laikotarpį, nustatyta, kad daugiausia įsigijo 200 vienetų ir daugiau (43%), nuo 101 vieneto iki 200 vienetų (21%), mažiausiai įsigytas kiekis iki 50 vienetų (12%). (7pav)



7pav. Vienkartinių veido kaukių įsigytas kiekis
Fig. 7. Quantity of disposable face masks purchase

- Išmetu kartu su buitinėmis atliekomis į mišrių komunalinių atliekų konteinerį, supakuotas į maišelį
- Išmetu kartu su buitinėmis atliekomis į mišrių komunalinių atliekų konteinerį, nesupakuotas į maišelį
- Kaupiu
- Pametu kažkur
- Kita...



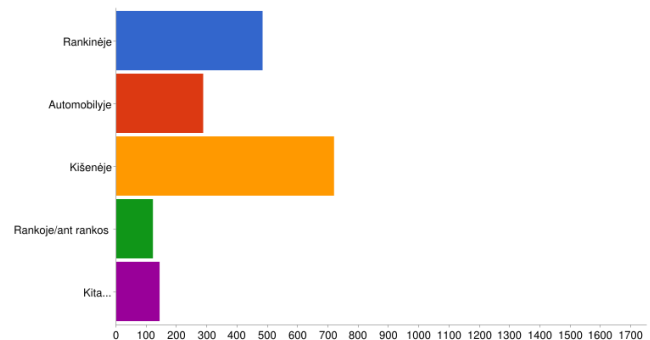
8 pav. Kur dedate panaudotas kaukes?
Fig. 8. Where do you put the used masks?

Išanalizavus gautus duomenis, respondentų dažniausiai pasirinktas atsakymas išmetu kartu su buitinėmis atliekomis į mišrių komunalinių atliekų konteinerį, nesupakuotas į maišelį (59%). 33% išmeta kartu su buitinėmis atliekomis į mišrių komunalinių atliekų konteinerį, supakuotas į maišelį. Kažkur pameta – 1%, ir kita – 6 %. Dauguma pasirinkusių „Kita“ – parašė, kad sudegina; į popieriui skirtus konteinerius; jeigu kiekvienas pakuos dėvėtas kaukes į maišelį, tai kiek mes dar teršime gamtą tuo plastiką? Nuplėšiu virvelę (kad sąvartyne auksčiai neįsipainiotų) ir išmetu kartu su buitinėmis atliekomis į mišrių komunalinių atliekų konteinerį, nesupakuotas į maišelį; yra specialus konteineris

darbovietėje, ten ir metame; į pakuočių konteinerį; Į plastiką arba pečių; Išmetu supakuotas į maišelį į „geltoną“ konteinerį; Išmetu į individualių nerūšiuojamų atliekų konteinerį, nes nežinau, kur jas dėti.

Net 61% atsakiusių teigė, kad neturi pakankamai informacijos kur reikia dėti panaudotas kaukes.

Kur yra laikomos vienkartinės kaukės, jeigu jos dėvimos keletą kartų – rezultatai 9 pav.



9 pav. Keletą kartų dėvimų kaukių laikymo vieta.
Fig. 9. Place of storage of masks worn several times

Apklausoje rezultatai rodo, jog daugiausiai keletą kartų dėvima kaukė laikoma kišenėje – 41%, rankinėje – 27%; automobilyje 16%; ant rankos – 7%, ir 8% dalyviu laiko kitur: Maišelyje, rankinėje arba kišenėje; atskirame maišelyje; rankinėje (kai einu į parduotuvę), darbo stalčiuje (kai pietauju darbe); prieškambarėje ant spintelės, darbo metu ant darbinio stalo; stalčiuje; kaukę laikau visą dieną, tiesiog jei su nieku nebendrauju, nusitraukiu žemyn po smakru; visose išvardintose vietose; nedėviu tos pačios kaukės keletą kartų; kaukės yra visur: auto, rankinėje, drabužiuose ir t.t.

Išvados

1. Analizuojant apklausos duomenis, nustatyta, kad asmenys, veido kaukes išmeta kartu su buitinėmis atliekomis į mišrių komunalinių atliekų konteinerį, nesupakuotas į maišelį (59%)

2. Dažnas respondentas įsigijęs medicinines kaukes nežino ar jos yra sertifikuotos.

3. Rezultatai rodo, jog kaukės įsigijamos dažniausiai vaistinėse.

4. Apklausos rezultatai rodo, jog vienkartinės veido kaukes dažniausiai yra keičiamos po kiekvienos darbo dienos.

5. Gauti rezultatai byloja apie informacijos trūkumą, kaip reikia utilizuoti kaukes, jos yra išmetamos kartu su buitinėmis atliekomis į mišrių komunalinių atliekų konteinerį, nesupakuotas į maišelį.

6. Apklausos rezultatai rodo, jog daugiausiai keletą kartų dėvima kaukė laikoma kišenėje (41%) ar rankinėje (27%).

Literatūra

- Adyel, T. M. (2020). Accumulation of plastic waste during COVID-19. Science, 369 pp. 1314-1315.
- Aragaw, T. A. (2020). Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario. Mar. Pollut. Bull., 159 p. 111517.

3. Fadare, O. O., Okoffo, E. D. (2020), COVID-19 face masks: a potential source of microplastic fibers in the environment Sci. Total Environ., 737 p. 140279.
4. Ioannis Anastopoulos, Ioannis Pashalidis. (2021). Single-use surgical face masks, as a potential source of microplastics: Do they act as pollutant carriers?, Journal of Molecular Liquids, Vol. 326, 115247, ISSN 0167-7322, <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.115247>.
5. Silva, A. L. P., Prata, J. C., Walker, T. R., Duarte, A. C., Ouyang, W., Barcelò, D., Rocha-Santos, T. (2020). Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: challenges and recommendations Chem. Eng. J., 126683 Google Scholar.
6. Saliu, F., Veronelli, M., Raguso, C., Barana, D., Galli, P., Lasagni, M. (2021), The release process of microfibers: from surgical face masks into the marine environment, Environmental Advances, Vol. 4, 100042, ISSN 2666-7657, <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100042>.

Laima Česonienė, Karina Stanišauskaitė, Raimonda Simanavičiūtė

Habits of Wearing Face Masks in Lithuania During the Covid-19 Pandemic

Summary

Since 11 March 2020, the COVID-19 pandemic has been declared worldwide. During it, the wearing of face masks in many countries of the world became mandatory. Such a decision was also taken by the Government of the Republic of Lithuania in order to contain the pandemic. Some of the public viewed this decision negatively because of the inconvenience caused by masks and the intervention in private life, despite controversial evidence of the effectiveness of wearing masks. The article discusses respondents' responses when assessing the wearing habits of face masks in Lithuania during the Covid-19 pandemic. Analyzing the survey data, it was found that individuals who dispose of face masks together with household waste in a mixed municipal waste container, not packed in a bag. Masks are usually purchased at pharmacies or provided by employers. Disposable face masks are usually changed after each work day. The results obtained indicate a lack of information on how to dispose of masks, which are often disposed of together with household waste in a mixed municipal waste container, not packed in a bag. The results of the survey show that a mask worn at most a few times is kept in a pocket or handbag).

Covid-19 pandemic, face mask

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Laima ČESONIENĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros profesorė.

Adresas: Studentų g. 11-518, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 24, el. paštas: laima.cesonienel@vdu.lt

Laima ČESONIENĖ Vytautas Magnus University, Faculty of Forestry and Ecology, department of Ecology and Environment, prof.

Address: Studentu street 11-518 LT-53361 Akademija, Kauno dist. Tel. (8 37) 75 22 24, e-mail: laima.cesonienel@vdu.lt

Karina STANIŠAUSKAITĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir Ekologijos katedros studentė.

Adresas: Juknaičių km., Žirgo g 18, Šilutės rajonas. Tel. 8 68191356, el. paštas: stanisauskaite.karina@gmail.com

Karina STANIŠAUSKAITĖ Vytautas Magnus University Agriculture Academy Faculty of Forest Sciences and Ecology, deptment Enviroment and Ecology, student, researcher. Address: Zirgo str. 18, Juknaiciai vil., Silute dist., Lithuania. Tel. +370 68191356, e-mail: stanisauskaite.karina@gmail.com

Raimonda SIMANAVIČIŪTĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros doktorantė.

Adresas: Studentų g. 11-518, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 24, el. paštas: raimonda.simanaviciute@gmail.com

Raimonda SIMANAVIČIŪTĖ Vytautas Magnus University, Faculty of Forestry and Ecology, department of Ecology and Environment,

Address: Studentu street 11-518, LT-53361 Akademija, Kauno dist. Tel. (8 37) 75 22 24, e-mail: raimonda.simanaviciute@gmail.com

Ūkininkų ūkininkaujančių skirtingo intensyvumo žemės ūkio gamybos sistemose ekologinio požiūrio vertinimas: atvejo analizė

Rūtenis Jančius, Algirdas Gavenauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Empiriniame tyrime, kuris vyko 2020 metais rugsėjo – lapkričio mėnesiais, dalyvavo 142 skirtingos lyties ir išsilavinimo ūkininkai. Respondentai linkę pritarti pro-ekologiškoms nuostatomis, kadangi dauguma patvirtino kiekvieną teiginį Naujos ekologinės paradigmos (NEP) teiginį. Ūkininkams būdingas požiūris į ekokrizės galimybes subkategorijos teiginiui, kad žmonės piktnaudžiauja gamta, kuriam pritarimą išreiškė daugiau kaip 75% respondentų, taip pat išskirtinumo atmetimo subkategorijos teiginys, kad nepaisant žmonių ypatingų gebėjimų, jiems vis dar galioja gamtos dėsniai, kuriam pritarė 74,65% respondentų. Rezultatų analizė pagal žemės ūkio gamybos intensyvumo sistemas, atskleidė, kad ekologinių ūkių respondentai yra labiau pro-ekologinio požiūrio nei kitų žemės ūkio gamybos sistemų respondentai. Ekologiniu požiūriu išsiskyrė intensyvios žemės ūkio gamybos respondentai, kurie daugiau nei 30% pritarė išskirtinumo atmetimo subkategorijos 9 ir ekokrizės galimybes 5 teiginiais. Rezultatai parodė statistiškai reikšmingus skirtumus pagal ūkininkavimo gamybos sistemą tarp lyties ir Ekokrizės galimybes subkategorijos 10 teiginio ($\chi^2=10,286$; $df=4$; $p<0,036$), tai reiškia, kad ūkininkai labiau nepritaria teiginiui, nei ekologinių ūkių ūkininkai. Intensyvios gamybos ūkiuose nustatyta stiprus koreliacinis ryšys tarp 5 ir 9 (0,739) teiginių, tarp 9 ir 11 teiginių (0,726).

Ekologinis požiūris, Naujoji ekologinė paradigma

Įvadas

Žmogus savo veikla siekė pasipelninti iš gamtos išteklių darydamas poveikį tarša, atliekų susidarymu, dirvožemio, vandens ir atmosferos pokyčiais, todėl planeta yra priversta kompensuoti šios veiklos pasekmes (Dyr et al., 2020).

Nepaneigiama žemės ūkio svarba visoms šalims, o ypačiai besivystančioms, kurių ekonomika ir šeimos pragyvenimas grindžiamas maisto gamyba ir žemės ūkio veikla vystymuisi (Torres, 2019). Žmogaus sukurtos agroekosistemos savaime pakeičia natūralią aplinką ir nuo žmogaus sąmoningumo priklauso kokius pokyčius sąlygos gamtinei aplinkai. Nežiūrint šios svarbos, žemės ūkyje didėjantis cheminių augalų apsaugos priemonių naudojimas, didėjančios energijos gamybos sąnaudos, mažėjantis dirvožemio produktyvumas, sveikatingumas ir vandens tarša tampa prastėjančios maisto kokybės priežastimi, o taip pat poveikis paties žmogaus sveikatai ir gyvenimo kokybei (Atalay et al., 2017, Fatemi et al., 2020). Klimato kaitos atžvilgiu, žemės ūkis yra vienas iš labiausiai veikiamų sektorių, tačiau taip pat nepaneigiamas žemės ūkio indėlis klimato kaitai, kadangi yra netinkamas antropogeninės veiklos rezultatas (Frona et al., 2021).

Siekiant apsaugoti antropogenizuotų ekosistemų poveikį sąlygojantį gamtinės aplinkos pokyčiams žmonių sveikatai, kaip alternatyva pateikiamas ekologinio ūkininkavimo būdas apimantis visas žmogui ir aplinkai nekenksmingas ekstensyvias agroekosistemas, o taip pat siekiant atkurti pažeistą natūralią pusiausvyrą (Atalay et al., 2017, Fatemi et al., 2020). Ekologinis ūkininkavimas tampa kaip sprendimas, kuriuo daroma mažesnė žala ekosistemoms, gyvūnams ir žinoma žmonėms. Ekologinis ūkininkavimas tampa strategija, kurios dėka siekiama užtikrinti aprūpinimą maistu, išsaugoti biologinę įvairovę ir aplinkos tvarumą atremiant neigiamą tradicinio žemės ūkio poveikį (Shams, et al., 2017).

Ūkininko požiūrio reikšmė

Individualus komponentas yra pagrįstas asmens nuostatomis, kai požiūris yra nusiteikimas palankiai arba nepalankiai reaguoti į objektą, asmenį, instituciją ar įvykį. Požiūris į tam tikrą elgesį grindžiamas įsitikinimais apie

tokio elgesio pasekmes ir įvertinimus. Subjektyvios normos nepriklauso nuo asmens požiūrio į atitinkamą elgesį, o šių normų įtaka žmogui priklausys nuo žmogaus noro laikytis kitų požiūrio (Dos Santos et al., 2010, Munoz, et al., 2019, Meijer, et al., 2014). Požiūris, kaip sąvoka, padeda įvertinti, ar objektas ar praktika yra palanki, ar nepalanki. Požiūris yra tam tikras stiprumo indeksas nurodantis kiek žmogui patinka ar nepatinka idėja, koncepcija ar požiūris į kitus. Žemės ūkyje sprendimų priėmimo procesas, kurį patiria ūkininkas, leidžia įvertinti ir suformuoti palankius ar nepalankius įsitikinimus apie žemės ūkio praktiką, įskaitant naujas technologijas (Nyairo, 2021). Aplinką tausojantis požiūris kyla iš susijusių vertybių ir gali priklausyti nuo elgesio. Požiūris yra prieš asmens vertybines orientacijas ir daro įtaką elgesio ketinimams ir elgesiui. (Flores et al., 2017). Svarbu pastebėti, kad ryšys tarp vertybių ir požiūrio laikomas stabilium laikui bėgant, o ryšys tarp požiūrio ir konkretaus elgesio yra nepastovesnis ir gali keistis priklausomai nuo aplinkybių (Cicia et al., 2021). Požiūris skiriasi nuo vertybių, nes pastarosios yra patikimi požiūrio ir elgesio prognozuotojai, o taip pat labai abstrakti galutinė būseną, kurią žmogus nori pasiekti (Ponizovskiy et al., 2019).

Stripsnio tikslas – ištirti skirtingos žemės ūkio gamybos intensyvumo ūkių respondentų ekologinį požiūrį.

Tyrimo metodika

Tyrimas atliktas 2020 metais rugsėjo – lapkričio mėnesiais. Tyrimo klausimynas buvo patalpintas interneto apklausų portale www.apklausa.lt. Buvo siekiama išsiaiškinti.

Cronbacho alfa koeficientas (α) apskaičiuotas siekiant įvertinti vidinį skalės ir jos sričių nuoseklumą, stiprumą ir įvertina patikimumą. Cronbacho α koeficientu, kurio skalė statistiškai yra patikima, jeigu Cronbacho $\alpha > 0,5$. Rezultatai atskleidė, kad Cronbacho alfa vertės buvo didesnės nei 0,7, tai atspindi duomenų gavimo patikimumą apklausose. Duomenys statistiškai apdoroti taikant SPSS (Statistical Package for Social Sciences) programinės įrangos 26 versija.

Tyrimo rezultatai

Socialinės demografinės respondentų charakteristikos. Tyrime dalyvavo skirtingos lyties, amžiaus, išsilavinimo ir socialinio statuso respondentai (1 lentelė).

1 lentelė. Respondentų demografinės charakteristikos

Table 1. Demographic characteristics of respondents

	(N)	%
Lytis		
Vyras	77	54,2
Moteris	65	45,8
Gyvenamoji vieta		
Miestas	162	44,5
Miestelis	83	22,8
Kaimas	119	32,7
Amžiaus kategorija		
Iki 30 metų	35	24,6
31-40 metų	56	39,4
41-50	18	12,7
51-60	26	18,3
60 ir daugiau	7	4,9
Pagal išsilavinimą		
Vidurinis	17	12,0
Profesinis	23	16,2
Aukštasis	91	64
Aukštesnysis	5	3,5
Nenurodė	6	4,2
Ūkininkavimo gamybos būdas		
Intensyvi (įprastinė)	63	44,4
Tausojamoji	20	14,1
Ekologinė	59	41,5

2 lentelė. Respondentų pritarimas NEP teiginiams

Table 2. Demographic characteristics of respondents

Ar jūs sutinkate, ar nesutinkate, kad:	Sutinku	Iš dalies sutinku	Nesutinku	N	Vidurkiai
Augimo ribų tikrovė					
1. Mes artėjame prie žemės rutulio gyventojų skaičiaus ribos, kurį žemė bus pajėgi išmaitinti.	39.84	37.36	28.81	142	2.61
6. Žemėje bus daug gamtos išteklių, jei mes tik išmoksime juos vystyti	56.87	26.10	17.03	142	2.39
11. Žemė yra tarsi erdvėlaivis, turintis labai ribotą erdvę ir išteklius.	42.31	37.91	19.78	142	2.46
Anti-antropocentrizmas					
2. Žmonės turi teisę keisti natūralią aplinką, kad ji atitiktų jų poreikius	28.85	34.89	36.26	142	3.24
7. Augalai ir gyvūnai turi tiek pat teisių, kaip ir žmonės	42.58	30.22	27.19	142	2.51
12. Žmonėms buvo skirta dominuoti virš likusios gamtos	28.30	34.98	36.81	142	3.24
Gamtos pusiausviros trapumas					
3. Žmogaus kišimasis į gamtos procesus dažnai sukelia pražūtingus padarinius	60.16	21.15	18.68	142	2.26
8. Pusiausvyra gamtoje yra pakankamai stipri, kad būtų galima susidoroti su šiuolaikinių pramoninių šalių daromu poveikiu.	22.25	28.85	48.90	142	3.20
13. Pusiausvyra gamtoje yra labai trapi ir lengvai sutrinkdoma.	54.40	31.04	14.56	142	2.27
Išskirtinumo atmetimas					
4. Žmogaus išradingumas garantuoja, kad žemė netaps netinkama gyventi	33.79	43.96	22.26	142	2.79
9. Nepaisant mūsų ypatingų gebėjimų, žmonėms vis dar galioja gamtos dėsniai	54.95	30.49	14.56	142	2.06
14. Žmonės galiausiai įgis pakankamai žinių apie tai, kaip veikia gamtos dėsniai, kad galėtų ją suvaldyti	26.10	39.84	34.06	142	3.08
Ekokrizės galimybė					
5. Žmonės labai piktnaudžiauja gamta	55.66	16.48	17.86	142	2.01
10. Vadinamoji „ekologinė krizė“, su kuria susiduria žmonija, buvo labai perdėta	20.33	32.69	46.98	142	3.37
15. Jei viskas vyks taip kaip anksčiau, netrukus patirsime didelę ekologinę katastrofą	53.85	26.65	19.50	142	2.30

Tyrimo dalyvavo 142 skirtingos lyties, amžiaus, išsilavinimo respondentai: 54,2% vyrų ir 45,8% moterų. Pagal amžių respondentai pasiskirstė sekančiai: 24,6% iki 30 metų, 31 – 40 metų amžiaus tarpsniui priklausė 39,4% apklaustųjų, 12,7% respondentų priklausė 41 – 50 metų amžiaus tarpsniui, 51 – 60 amžiaus kategorijai nurodė 18,3% ūkininkų, o mažiausią dalį sudarė 60 ir daugiau amžiaus kategorijos respondentų, t. y., 4,9%.

Apklaustieji ūkininkai nurodė, kad daugiausiai turi įgiję aukštąjį išsilavinimą 64,1%, su aukštesniu 3,5% respondentų, turintys profesinį išsilavinimą nurodė 16,2%, o su viduriniu 12% respondentų.

Tyrimo metu didžioji dalis ūkininkų (59,9%) nurodė, kad gyvena kaime, mieste gyvenančių buvo 28,2%, o miesteliuose nurodė gyvenantys 12% respondentų.

Ūkininkų požiūrio vertinimas. Siekiant įvertinti ūkininkų ekologinį požiūrį į aplinką, naudojamas Nujos ekologinės paradigmos (NEP) instrumentas (Dunlap 2000), kurio skalė parodo žmonių aplinkosauginį požiūrį ir proekologinį pasaulio vaizdą, bendrą orientaciją į gamtą ir žmonių bei aplinkos santykius (Yuan et al., 2020; Ntanos et al., 2019; Putrawan et al., 2019).

Gauti rezultatai susiję su NEP skalės elementais (2 lentelė) atskleidė, kad ūkininkai linkę pritarti proekologiskoms nuostatomis, nes dauguma respondentų patvirtina kiekvieną teiginį.

Ūkininkai daugiausiai vertino tai, kad žemė yra tarsi erdvėlais su ribota erdve ir ištekliais (6 teiginys) (vidurkis=2,39; Standartinis nuokrypis (SN)=1,16), o mažiausiai vertinta, tai, kad artėjame prie žemės gyventojų skaičiaus ribos, kuri žemė gali išmaitinti (1 teiginys), (vidurkis=2,61; SN=1,07). Respondentai taip pat daug vertino 7 teiginį, kad augalai ir gyvūnai turi tiek pat teisių kaip ir žmonės (vidurkis=2,51; SN=1,16), o mažiausiai patvirtinta teiginys, kad žmonėms lemta valdyti likusią gamtos dalį (vidurkis=3,24; SN=1,06). Gamtos pusiausvyros subkategorijoje daugiausiai pritarimo sulaukė 3 teiginys, kad žmonių kišimasis į gamtą dažnai sukelia pražūtingas pasekmes (vidurkis=2,26; SN=1,28), o mažiausiai pritarė 8 teiginiui, kad gamtos pusiausvyra pakankamai tvirta susidoroti su šiuolaikinių pramoninių šalių sukeltais padariniais (vidurkis=3,20; SN=1,17). Daug pritarimų sulaukė 9 teiginys, kad nežiūrint mūsų gebėjimų, žmonėms galioja gamtos dėsniai (vidurkis=2,06; SN=1,09). Mažiausiai pritarimo šioje subkategorijoje sulaukė 14 teiginys, kad žmonės įgys pakankamai žinių apie gamtos veikimą, kad būtų galimybė ją kontroliuoti (vidurkis=3,08; SN=1,04). Ekokrizės galimybės subkategorijoje ūkininkai daugiausiai pritarė 5 teiginiui, kad žmonės stipriai piktnaudžiauja aplinka (vidurkis=2,01; SN=1,14), o mažiausiai sulaukė 10 teiginys, kad ekologinė krizė su kuria susiduriama yra labai perdėta (vidurkis=3,37; SN=1,13).

Ypatingai būdingas požiūris į ekokrizės galimybės subkategorijos 5 teiginį, kad žmonės piktnaudžiauja gamta, nes jam pritarimą išreiškė daugiau kaip 75% respondentų. Didžiulio pritarimo taip pat susilaukė ir Išskirtinumo atmetimo subkategorijos 9 teiginys, t. y., kad nepaisant mūsų ypatingų gebėjimų, žmonėms vis dar galioja gamtos dėsniai, kuriam pritarė 74,65% respondentų.

Reikia atkreipti dėmesį, kad yra neužtikrintumas (abejonės) dėl įvairių teiginių proporcijų, kurios viršija 20%. Ryškiausiai „neužtikrintumas“ pasireiškia Išskirtinumo atmetimo 8 teiginys (39,45%), Augimo ribų tikrovės subkategorijos 1 teiginiui (38,72%) ir Anti-antropocentrizmo 12 teiginiui (36,62%), taip pat Išskirtinumo atmetimo 4 teiginiui (35,92%).

Atlikus gautų tyrimų rezultatų analizę, pagal žemės ūkio gamybos intensyvumo sistemas, išsiskyrė ekologiniai ūkių respondentai, kurie yra labiau pro-ekologinio požiūrio nei kitų ūkių respondentai. Ypatingai išsiskyrė išskirtinumo subkategorijos 9 teiginys, ekokrizės galimybės subkategorijos 5 teiginys, kuriuos patvirtino daugiau nei 30% respondentų. Ekologiniu požiūriu taip pat išsiskyrė intensyvaus ūkių respondentai, kurie daugiau nei 30% pritarė išskirtinumo atmetimo subkategorijos 9 ir ekokrizės galimybės 5 teiginiams. Mažiau nei 30% sulaukė gamtos pusiausvyros trapumo galimybės 3 teiginys (28,87%) ir 13 punktas (28,88%), taip pat ekokrizės galimybės 15 teiginys (26,06%).

Siekdami išsiaiškinti ar lytis, amžius, išsilavinimas ir gyvenamoji vieta lemia tėvų požiūrį, pasinaudojome Chi kvadrato kriterijumi, o gauti rezultatai parodė statistškai reikšmingus skirtumus tarp pagal ūkininkavimo gamybos sistemą, lyties ir Ekokrizės galimybės subkategorijos teiginio, kad ekologinė krizė yra perdėta (10 teiginys), ($\chi^2=10,286$; $df=4$; $p<0,036$ ($p<0,05$)), tai reiškia, kad intensyvios gamybos ūkininkai labiau nepritaria teiginiui, nei

ekologiniu ūkių ūkininkai. Išryškėjo statistškai reikšmingas skirtumas tarp amžiaus pagal ūkio gamybos sistemas ir 2 teiginio, kad žmonės turi teisę keisti natūralią aplinką pagal savo poreikius ($\chi^2=39,400$; $df=16$; $p<0,001$), tai reiškia, kad intensyvios gamybos sistemoje, kuo jaunesnis amžius, tuo labiau pritaria teiginiui. Taip pat buvo nustatytas statistškai reikšmingas skirtumas tarp amžiaus ir 7 teiginio, kad gyvūnai ir augalai turi tiek pat teisių kaip ir žmonės ($\chi^2=34,819$; $df=16$; $p<0,004$), t. y., kuo jaunesnis tuo labiau pritaria teiginiui intensyvios gamybos ūkių respondentai. Išsilavinimo kategorijoje, išsiskyrė teiginys, kad žmogus turi teisę pakeisti natūralią aplinką pagal savo poreikius, ekologinės gamybos ūkių respondentai, su aukštesniu išsilavinimu daugiau nepritaria teiginiui, nei ūkininkai su žemesniu išsilavinimu ($\chi^2=35,822$; $df=12$; $p<0,000$).

Tiesinės koreliacijos analizės rezultatai atskleidė vidutinio stiprumo teigiamus koreliacinius ryšius. Vidutinio stiprumo ryšys nustatytas tarp 5 teiginio, kad žmonės piktnaudžiauja gamta ir 15 teiginio, kad žmonija gali patirti didžiulę ekologinę katastrofą (0,694), taip pat 5 teiginys koreliuoja su 9 teiginiu, kad nepaisant ypatingų gebėjimų, žmonėms vis dar galioja gamtos dėsniai (0,651). Teiginys, kad žmogaus kišimasis į gamtos procesus dažnai sukelia pražūtingus padarinius (3 teiginys) koreliuoja su 5 teiginiu (0,643). Teiginys, kad pusiausvyra gamtoje yra labai trapi ir lengvai sutrikdoma (13 teiginys) koreliuoja su 15 teiginiu (0,622), o 11 teiginys, kad Žemė yra turi ribotą erdvę ir išteklius taip pat koreliuoja su 15 teiginiu (0,616).

Koreliacinės analizės rezultatai žemės ūkio gamybos skirtingo intensyvumo sistemose parodė stiprius koreliacinius ryšius. Intensyvios gamybos ūkiuose nustatyta stiprus ryšys tarp 5 teiginio ir 9 (0,739), taip pat nustatytas stiprus koreliacinis ryšys tarp 9 ir 11 teiginių (0,726). Tarp teiginio, kad žmonių kišimasis į gamtą sukelia pražūtingas pasekmes (3 teiginys) nustatytas stiprus koreliacinis ryšys su 5 teiginiu, kad žmonės stipriai piktnaudžiauja aplinka. Šie rezultatai leidžia daryti prielaidą, kad šių ūkių respondentai suvokia atsakomybę ir galimas pasekmes vykdydami tiesioginę žemės ūkio gamybinę veiklą. Ypatingai išsiskiria NKP sistemos koreliaciniai ryšiai: stiprus ryšys nustatytas tarp 5 ir 13 teiginių (0,874), 5 ir 9 teiginių (0,861) ir 5 bei 15 teiginių (0,815), 10 ir 12 teiginių (0,762) ir 13 ir 15 teiginių (0,745). Analizuojant koreliacinius ryšius tarp ekologinių ūkių teiginių, ryškiausias nustatytas vidutinio stiprumo ryšys tarp 5 ir 15 teiginių (0,671), o tarp kitų teiginių taip pat nustatyti mažesni vidutinio stiprumo koreliaciniai ryšiai.

Antropogenizuodamas natūralias ekosistemas žmogus sąlygoja gamtinės aplinkos pokyčius. Niekas kitas taip nepakeičia natūralios aplinkos kaip agroekosistemos. Šie rezultatai leidžia daryti prielaidą, kad intensyvios gamybos ir NKP ūkių respondentai sąmoningai ar nesąmoningai suvokdami savo veiklos gamybinės pasekmes, palaipsniui keičia ir daro sprendimus, kurie mažintų ūkininkavimo veiklos pasekmes gamtinei aplinkai.

Išvados

1. Dauguma ūkininkų patvirtino NEP teiginius, kurie parodo, kad respondentai linkę į proekologiską požiūrį. Daugiau kaip 75% respondentų patvirtino 5 teiginį ir 9 teiginiui pritarė 74,65% respondentų.

2. Pagal žemės ūkio gamybos intensyvumo sistemas, išsiskyrė ekologinių ūkių respondentai, kurie yra labiau proekologinio požiūrio nei kitų ūkių respondentai. Ekologinių požiūrių taip pat išsiskyrė intensyvaus ūkių respondentai, kurie daugiau nei 30% pritarė išskirtinumo atmetimo subkategorijos 9 ir ekokrizės galimybės 5 teiginiams.

3. Pagal ūkininkavimo gamybos sistemą, lyties ir Ekokrizės galimybės subkategorijos 10 teiginio, nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas ($\chi^2=10,286$; $df=4$; $p<0,036$ ($p<0,05$)), tai reiškia, kad intensyvios gamybos ūkininkai labiau nepitaria teiginiui, nei ekologinių ūkių ūkininkai. Nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp amžiaus pagal ūkio gamybos sistemas ir 2 teiginio, kad ($\chi^2=39,400$; $df=16$; $p<0,001$), tai reiškia, kad intensyvios gamybos sistemoje, kuo jaunesnis amžius, tuo labiau pritaria teiginiui.

4. Nustatytas vidutinio stiprumo ryšys tarp 5 ir 15 teiginių, (0,694), 5 teiginys taip pat koreliuoja su 9 teiginiu, kad (0,651). Koreliacinės analizės rezultatai žemės ūkio gamybos skirtingo intensyvumo sistemose parodė stiprius koreliacinius ryšius.

Literatūra

- Atalay, E., Olhan, C., Ataseven, Y. (2017). Evaluation of Environmentally Oriented Attitudes of Organic Food Consumers with the New Environmental Paradigm Scale: a Case Study of Ankara. *The Journal of Environmental Protection and Ecology*, Vol 18, No. 1. Prieiga per internetą: <http://www.jepe-journal.info/journal-content/vol-18-no-1>
- Cicia, G., Furno, M., Del Giudice, T. (2021). Do consumers' values and attitudes affect food retailer choice? Evidence from a national survey on farmers' market in Germany. *Agric Econ* 9, 3, doi.org/10.1186/s40100-020-00172-2
- Dos Santos, M. J. P. L., Henriques, P. D. S., Fragoso, R. M. S., Carvalho, M. L. P. V. S. (2010). Attitudes of the Portuguese farmers to the EU Common Agricultural Policy. *Agric. Econ. – Czech*, 56, doi.org/10.17221/123/2009-AGRICECON
- Dyr, W., Prisuk, M. (2020). Measurement of proecological attitudes within new ecological paradigm in Polish current settings. *Social Psychological Bulletin*, Vol. 15(3). <https://doi.org/10.32872/spb.3697>.
- Fatemi, M., Moghaddam, K. R. (2020). Sociological factors influencing the performance of organic activities in Iran. *Life Sci Soc Policy* 16, 3. doi.org/10.1186/s40504-020-00098-z
- Floress, K., de Jalón, S. G., Church, S. P., Nicholas Babin, Ulrich-Schad J. D., Prokopy, L. S. (2017). Toward a theory of farmer conservation attitudes: Dual interests and willingness to take action to protect water quality, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 53, doi.org/10.1016/j.jenvp.2017.06.009
- Fróna, D., Szenderák, J., Harangi-Rákos, M. (2021). Economic effects of climate change on global agricultural production. *Nature Conservation* 44: 117-139. doi.org/10.3897/natureconservation.44.64296
- Meijer, S. S., Catacutan, D., Ajayi, O. C., Sileshi, G. W., Nieuwenhuis, M. (2015). The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 13:1, DOI: 10.1080/14735903.2014.912493
- Munoz, C.A., Coleman, G.J., Hemsworth, P.H., Campbell, A.J.D., Doyle, R.E. (2019). Positive attitudes, positive outcomes: The relationship between farmer attitudes, management behaviour and sheep welfare. *PLoS ONE* 14(7): e0220455. doi.org/10.1371/journal.pone.0220455
- Nyairo, N. M. (2020). Attitudes and perceptions of smallholder farmers towards agricultural technologies in western Kenya. Ph.D. Thesis, Department of Agricultural Sciences Education and Communication, West Lafayette, Indiana. Prieiga per internetą: [Attitudes and Perceptions of Smallholder Farmers Towards Agricultural Technologies in Western Kenya](https://attitudesandperceptions.org/) (purdue.edu).
- Ponizovskiy, V., Grigoryan, L., Kühnen, U., Boehnke, K. (2019). Social Construction of the Value-Behavior Relation. *Front. Psychol.* 10:934. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00934
- Shams, A., Fard, Z. H. M. (2017). Factors Affecting Wheat Farmers' Attitudes toward Organic Farming. *Pol. J. Environ. Stud.*; 26(5). doi.org/10.15244/pjoes/69435
- Torres, M. A. O., Kallas, Z., Herrera, S. I. O., Guesmi, B. (2019). Is Technical Efficiency Affected by Farmers' Preference for Mitigation and Adaptation Actions against Climate Change? A Case Study in Northwest Mexico. *Sustainability*, 11, 3291. doi.org/10.3390/su11123291

Rūtenis Jančius, Algirdas Gavenauskas

Assessing the Ecological Approach of Farmers in Agricultural Production Systems of Different Intensities: A Case Study

Summary

The empirical study, which took place in September-November 2020, involved 142 farmers of different sexes and educations. Respondents tend to support pro-ecological attitudes, as the majority endorsed each statement of the New Ecological Paradigm. Farmers have a view of the sub-category of the eco-crisis option's claim that people are abusing nature, which was supported by more than 75% of respondents, as well as the claim of the sub-category 'Exclusion', that despite the special abilities of people, they are still subject to 74.65%. The analysis of the results according to the systems of agricultural production intensity revealed that the respondents of organic farms have a more pro-ecological approach than the respondents of other agricultural production systems. From an ecological point of view, respondents with intensive agricultural production stood out, with more than 30% agreeing with the statements of sub-heading 9 and eco-crisis option 5. The results showed statistically significant differences according to the farming production system between gender and statement 10 of the Ecocrisis option ($\chi^2 = 10.286$; $df = 4$; $p < 0.036$), which means that farmers do not agree with the statement more than organic farmers. In intensive production farms, a strong correlation was found between 5 and 9 (0.739) statements, and between 9 and 11 statements (0.726).

Ecological approach, New ecological paradigm

Gauta 2022 m. koo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Rūtenis JANČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūko akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto doktorantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 752224, el. paštas: rutenis.jancius@vdu.lt.

Rūtenis JANČIUS. Doctoral (PhD) Student of the Faculty of Forestry and Ecology of the Agricultural Academy at Vytautas Magnus University. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas District, Ph. (8 37) 752224, e-mail: rutenis.jancius@vdu.lt.

Algirdas GAVENAUŠKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūko akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto docentas, biomedicinos mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 752224, el. paštas: Algirdas.Gavenauskas@asu.lt.

Algirdas GAVENAUŠKAS. Doctor of Biomedical Sciences, Associate Professor of the Agroecology Centre of the Institute of Environment and Ecology in the Faculty of Forestry and Ecology of the Agricultural Academy at Vytautas Magnus University. Address: Studentų Str. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas District, Ph. (8 37) 752224, e-mail: Algirdas.Gavenauskas@vdu.lt.

Granuliuotų organinių komposto trąšų JP RENLIS lokalaus įterpimo įtaka ekologiškai auginamiems augalams ir dirvožemio savybėms

Juozas Pekarskas, Algirdas Gavenauskas, Rūtenis Jančius

Vytauto Didžiojo universitetas

Granuliuotų organinių komposto trąšų JP RENLIS lokalaus įterpimo įtakos ekologiškai auginamoms sėjamosioms avižoms ir dirvožemio agrocheminėms savybėms vegetaciniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Ekosistemų laboratorijoje. Tyrimui naudotas labai rūgštus, mažo humusingumo ir fosforingumo bei labai mažo kalingumo priemolio dirvožemis. Lokaliai patręšus 500 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų norma esmingai padidėjo sėjamųjų avižų žaliosios ir sausosios biomasės derlius, palyginti su tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma. Įterpus lokaliai 200 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų ir avižas nupurškus skystomis organinėmis trąšomis JP RENLIS du kartus po 3 l ha⁻¹ esmingai padidėjo avižų žaliosios ir sausosios biomasės derlius, palyginti tik su lokaliu tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma. Patręšus lokaliai 500 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų norma, palyginti vien tik su tręšimu 200 kg ha⁻¹ ir tręšimu 200 kg ha⁻¹ bei purškimu skystomis organinėmis trąšomis, esmingai dirvožemyje padidėjo pH vertė, judriųjų fosforo ir kalio kiekis, bet neturėjo esmingos įtakos humuso kiekiui dirvožemyje. Lokaliai patręšus 500 kg ha⁻¹ norma, esmingai padidėjo bendro ir mineralinio azoto kiekis dirvožemyje, palyginti su netręstomis sėjamosiomis avižomis, bet neturėjo esmingos įtakos, palyginti su lokaliu tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma bei tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma ir purškimu skystomis organinėmis trąšomis.

Granuliuotos komposto trąšos, lokalius tręšimas, sėjamosios avižos, dirvožemis

Įvadas

Ekologinėje gamyboje keliami reikalavimai, kad nevyktų dirvožemio degradacijos procesai, dirvožemio derlingumas turi didėti. Šią problemą išspręsti nėra lengva. ES ir Lietuvoje yra sertifikuotų ekologinėje žemdirbystės sistemoje trąšų, kurios padeda spręsti šias problemas. Šios trąšos ir dirvožemio gerinimo priemonės naudojamos žemės ūkio augalų tręsimui, ypač efektyvios nualintuose dirvožemiuose su mažu organinių medžiagų kiekiu (Van-Camp et al., 2004; Antil et al., 2005; Pekarskas, 2008, 2016; Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (ES) 2018/848, 2018).

Dirvožemio degradacijos problemas galima spręsti naudojant įvairių gyvūnų mėšlą, jų kompostus ir vermikompostus. Vermikompostas (biohumusas) yra žymiai geresnė trąša nei mėšlas. Tręšiant vermikompostu (biohumusu) gerėja dirvožemio fizinės ir agrocheminės savybės, didėja biologinis aktyvumas (Garg et al., 2006; Lazcano et al., 2008).

Tyrimais nustatyta, kad lokaliai įterptos granuliuotos organinės trąšos esminiai padidino žieminių kviečių ir sėjamųjų avižų žaliosios ir sausosios biomasės derlių. Patręšus granuliuotomis mėšinių galvijų mėšlo komposto trąšomis, palyginti su lokaliu tręšimu granuliuotomis paukščių mėšlo ir mėsos kaulų miltų trąšomis, esmingai padidėjo žaliosios biomasės derlius, bet nenustatyta esminių sausosios biomasės derliaus skirtumų (Pekarskas ir kt., 2019).

Šių problemų sprendimui galima naudoti ir gyvulinės kilmės trąšas, kurios didina azoto kiekį dirvožemyje labiau nei augalinės kilmės trąšos (Mondini et al., 2008; Cayuela et al., 2009).

Nustatyta, kad lokalius vasarinių kviečių tręšimas granuliuotomis organinėmis trąšomis iš esmės padidino grūdų derlingumą, 1000 grūdų masę bei hektolitro svorį, išaugo ilgesni kviečių stiebai ir varpos, nustatytas didesnis grūdų skaičius varpoje bei didesnė vienos varpos grūdų masė, palyginti su netręštais kviečiais (Pekarskas, Kernagis, 2016).

Tyrimų tikslas – ištirti granuliuotų organinių komposto trąšų JP RENLIS lokalaus įterpimo įtaką ekologiškai auginamiems augalams ir dirvožemio savybėms.

Tyrimų metodika

Granuliuotų komposto organinių trąšų JP RENLIS lokalaus įterpimo įtakos sėjamosioms avižoms vegetaciniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Ekosistemų laboratorijoje 2019–2020 m.

Vegetacinių bandymų atlikimui buvo panaudoti *Mitčerlich* tipo vegetaciniai indai – plastmasiniai vazonėliai su skylutėmis dugne ir lėkštele po jais. Vegetacinių indų skersmuo 18,0 cm, aukštis – 16 cm. Tyrimai atlikti penkiais pakartojimais. Tyrimai vykdyti su sėjamųjų avižų ‘*KWS Contender*’ veislės augalais.

Vegetaciniam tyrimams panaudotas priemolio dirvožemis, kuris buvo labai rūgštus, mažo humusingumo, mažo fosforingumo bei labai mažo kalingumo, bendro azoto rasta 0,080 %, kurio ėminys buvo paimtas iš Varėnos rajono Merkinės seniūnijos Bingelių kaime esančio lauko, kuriame augo sėjamieji grikliai.

Tyrimai atlikti su granuliuotomis organinėmis mėšinių galvijų mėšlo komposto trąšomis JP RENLIS (1 lentelė) ir skystomis organinėmis trąšomis JP RENLIS, kurios buvo pagamintos Lietuvoje UAB „Biodinamika“ organinių trąšų gamykloje iš UAB „Agrolinija“ mėšinių galvijų mėšlo komposto. Šios trąšos yra leistinos naudoti ekologinėje gamyboje.

Bandymų schema: 1) netręšta; 2) lokaliai į dirvą įterpta 200 kg ha⁻¹ granuliuotų komposto trąšų JP RENLIS; 3) lokaliai į dirvą įterpta 500 kg ha⁻¹ granuliuotų komposto trąšų JP RENLIS; 4) lokaliai į dirvą įterpta 200 kg ha⁻¹ granuliuotų komposto trąšų JP RENLIS ir du kartus purškta skystomis organinėmis trąšomis JP RENLIS po 3 l ha⁻¹ norma.

Vienam vegetaciniam indeliui užpildyti buvo panaudota 2,55 kg priemolio dirvožemio, kuris buvo persijotas per 4 mm sieta.

Lokaliai įterpiamų trąšų granulės buvo tolygiai išbarstytos ant tiriamojo dirvožemio vegetaciniame indelyje paviršiaus, ant jo užpilta 2–3 cm dirvožemio sluoksnis, pasėta po 30 sėjamųjų avižų sėklų, kurios buvo vėl užpildytos 2–3 cm dirvožemio sluoksniu. Dirvožemis vegetaciniame indelyje sudrėkintas vandentiekio vandeniu.

Vegetaciniai indeliai sudėti ant stalo (stelažo). Laboratorija buvo apšviečiama natūralios dienos šviesa ir dienos šviesos lempomis bei šildoma. Patalpos temperatūra 18–20 °C. Tyrimų metu augantys sėjamųjų avižų augalai buvo laistomi pagal poreikį vandentiekio vandeniu.

1 lentelė. Granuliuotų mėšinių galvijų komposto organinių trąšų JP RENLIS cheminė sudėtis

Table 1. Chemical composition of JP RENLIS organic fertilizer for granulated beef cattle compost

Rodiklis / Parameter	Reikšmė / Result
Sausųjų medžiagų kiekis, % / Dry matter	82,40
pH	9,20
Organinių medžiagų kiekis, % Organic matter content	65,80
Bendras anglies (C) kiekis, % Total carbon (C) content	27,80
Bendras organinės anglies (C) kiekis, % Total organic carbon (C)	27,40
C/N	8,71
N, %	3,19
P ₂ O ₅ , %	1,48
K ₂ O, %	7,02
Ca, %	2,70
Mg, %	0,76
Na, %	0,18
Fe, %	0,17
S, %	0,54
B, mg kg ⁻¹	47,00
Mo, mg kg ⁻¹	3,60
Co, mg kg ⁻¹	1,40
Mn, mg kg ⁻¹	210,00
Zn, mg kg ⁻¹	110,00
Cu, mg kg ⁻¹	13,00
Se, mg kg ⁻¹	0,33
J, mg kg ⁻¹	0,70

Išaugę sėjamųjų avižų augalai su žirkklėmis iš vegetacinių indelių buvo nupjauti ir pasverti. Žaliosios masės ėminiai Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje termostate (+40°C) išdžiovinti. Išdžiovinti augalai pasverti. Išdžiovintų augalų biomasės cheminė sudėtis ištirta LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje ten naudojamais metodais.

Po to buvo paimti dirvožemio ėminiai dirvožemio agrocheminių savybių tyrimui. Iš vieno tyrimo varianto paimti du dirvožemio ėminiai. Dirvožemio agrocheminių savybių rodiklių reikšmės nustatytos LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje ten naudojamais tyrimo metodais.

Tyrimų duomenys matematiškai apdoroti dispersinės analizės metodu programa ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

Rezultatai ir aptarimas

Lokaliai į labai rūgščią, mažo humusingumo ir fosforingumo bei labai mažo kalingumo priesmėlio dirvožemį įterpus granuliuotą mėšinių galvijų mėšlo komposto trąšas

JP RENLIS esmingai padidėjo vegetaciniuose indeliuose sėjamųjų avižų žaliosios (0,57–1,18 g arba 10,36–21,45 proc.) ir sausosios (0,05–0,11 g arba 8,77–19,30 proc.) biomasės derlius, palyginti su netręstomis avižomis. Lokaliai patręšus 500 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų norma esmingai padidėjo sėjamųjų avižų žaliosios ir sausosios biomasės derlius, palyginti su tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma. Įterpus lokaliai 200 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų normą ir avižas nupurškus skystomis organinėmis trąšomis JP RENLIS du kartus po 3 l ha⁻¹ esmingai padidėjo avižų žaliosios ir sausosios biomasės derlius, palyginti tik su lokaliu tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma, bet nenustatyta esmingų skirtumų, palyginti su lokaliu tręšimu 500 kg ha⁻¹ norma (2 lentelė).

Lokalus granuliuotų organinių trąšų įterpimas su augalų sėkla mažino sėjamųjų avižų sausųjų medžiagų kiekį biomasėje, palyginti su netręstomis avižomis, bet šis sumažėjimas buvo neesminis. Nustatyta tik sausųjų medžiagų mažėjimo tendencija. Mažiausiai sausųjų medžiagų rasta avižų biomasėje, kurios lokaliai buvo patręštos 200 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų norma ir nupurškstos skystomis organinėmis trąšomis (2 lentelė).

Labai rūgščiame, mažo humusingumo ir fosforingumo bei labai mažo kalingumo priesmėlio dirvožemyje įterpus lokaliai su sėjama sėkla granuliuotas organines trąšas esmingai dirvožemyje padidėjo pH vertė, judriųjų fosforo ir kalio kiekis, bet neturėjo esmingos įtakos humuso kiekiui dirvožemyje. Pastebėta tik tendencija, kad lokaliai įterptos organinės granuliuotos trąšos didina humuso kiekį dirvožemyje. Patręšus lokaliai 500 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų norma, palyginti vien tik su tręšimu 200 kg ha⁻¹ ir tręšimu 200 kg ha⁻¹ bei purškimu skystomis organinėmis trąšomis, esmingai dirvožemyje padidėjo pH vertė, judriųjų fosforo ir kalio kiekis, bet neturėjo esmingos įtakos humuso kiekiui dirvožemyje. Palyginus lokalų tręšimą tik 200 kg ha⁻¹ norma su tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma ir purškimu skystomis organinėmis trąšomis JP RENLIS, esmingų dirvožemio agrocheminių savybių rodiklių reikšmių skirtumų nustatyta nebuvo (3 lentelė).

Organinės granuliuotos mėšinių galvijų komposto trąšos įtakuoja ir azoto formų rodiklių reikšmes dirvožemyje. Lokaliai patręšus 500 kg ha⁻¹ norma, esmingai padidėjo bendro ir mineralinio azoto kiekis dirvožemyje, palyginti su netręstomis sėjamosiomis avižomis, bet neturėjo esmingos įtakos, palyginti su lokaliu tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma bei tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma ir purškimu skystomis organinėmis trąšomis (4 lentelė).

Lokalus tręšimas organinėmis granuliuotomis trąšomis dirvožemyje esmingai didino nitratinio ir nitritinio azoto, bet esmingai mažino amoniakinio azoto kiekį dirvožemyje. Patręšus lokaliai 500 kg ha⁻¹ organinių granuliuotų trąšų norma, palyginti su tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma bei tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma ir purškimu skystomis organinėmis trąšomis, esmingai dirvožemyje padidėjo nitratinio ir nitritinio azoto, o amoniakinio azoto kiekio esmingų skirtumų nenustatyta. Nustatyta tik amoniakinio azoto padidėjimo dirvožemyje tendencija (4 lentelė).

2 lentelė. Lokaliai įterptų organinių granuliuotų trąšų normų ir purškimo skystomis organinėmis trąšomis įtaka sėjamosioms avižoms**Table 1.** Influence of locally applied rates of organic granular fertilizers and spraying with liquid organic fertilizers on oats for sowing

Variantai / Treatments	Žaliosios biomasės derlius, g iš vegetacinio indelio <i>Green biomass yield, g of vegetative dish</i>	Sausosios biomasės derlius, g iš vegetacinio indelio <i>Dry biomass yield, g of vegetative dish</i>	Sausosios medžiagos, % <i>Dry matter, %</i>
Netręšta / <i>Unfertilized</i>	5,50	0,57	10,36
Granuliuotos organinės trąšos JP RENLIS 200 kg ha ⁻¹ lokaliai <i>Granulated organic fertilizer JP RENLIS 200 kg ha⁻¹ locally</i>	6,07	0,62	10,21
Granuliuotos organinės trąšos JP RENLIS 500 kg ha ⁻¹ lokaliai <i>Granulated organic fertilizer JP RENLIS 500 kg ha⁻¹ locally</i>	6,68	0,68	10,18
Granuliuotos organinės trąšos JP RENLIS 200 kg ha ⁻¹ lokaliai + skystos organinės trąšos JP RENLIS 3+3 l ha ⁻¹ <i>Granulated organic fertilizer JP RENLIS 200 kg ha⁻¹ locally + liquid organic fertilizer JP RENLIS 3 + 3 l ha⁻¹</i>	6,51	0,65	9,98
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,280	0,037	0,508

3 lentelė. Lokaliai įterptų organinių granuliuotų trąšų normų ir purškimo skystomis organinėmis trąšomis įtaka labai rūgštaus, mažo humusingumo ir fosforingumo bei labai mažo kalkingumo priemolio dirvožemio agrocheminėms savybėms**Table 3.** Influence of locally applied rates of organic granular fertilizers and spraying with liquid organic fertilizers on agrochemical properties of very acidic, low humus and phosphorus and very low potash soils

Variantai / Treatments	pH _{KCl}	P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	K ₂ O, mg kg ⁻¹	Humusas, % <i>Humus, %</i>
Netręšta / <i>Unfertilized</i>	4,30	138,0	71,0	2,10
Granuliuotos organinės trąšos JP RENLIS 200 kg ha ⁻¹ lokaliai <i>Granulated organic fertilizer JP RENLIS 200 kg ha⁻¹ locally</i>	4,35	142,0	78,0	2,12
Granuliuotos organinės trąšos JP RENLIS 500 kg ha ⁻¹ lokaliai <i>Granulated organic fertilizer JP RENLIS 500 kg ha⁻¹ locally</i>	4,40	147,0	81,0	2,15
Granuliuotos organinės trąšos JP RENLIS 200 kg ha ⁻¹ lokaliai + skystos organinės trąšos JP RENLIS 3+3 l ha ⁻¹ <i>Granulated organic fertilizer JP RENLIS 200 kg ha⁻¹ locally + liquid organic fertilizer JP RENLIS 3 + 3 l ha⁻¹</i>	4,36	141,8	77,0	2,12
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,04	1,35	2,64	0,08

4 lentelė. Lokaliai įterptų organinių granuliuotų trąšų normų ir purškimo skystomis organinėmis trąšomis įtaka azoto trąšų formoms labai rūgščiame, mažo humusingumo ir fosforingumo bei labai mažo kalkingumo priemolio dirvožemyje**Table 4.** Influence of locally applied rates of organic granular fertilizers and spraying with liquid organic fertilizers on forms of nitrogen fertilizers in highly acidic, low humus and phosphorus and very low potash soils

Variantai / Treatments	NO ₃ +NO ₂ , mg kg ⁻¹	NH ₄ , mg kg ⁻¹	Mineralinis azotas, mg kg ⁻¹ <i>Mineral nitrogen, mg kg⁻¹</i>	Bendras azotas (N), % <i>Total nitrogen (N), %</i>
Netręšta / <i>Unfertilized</i>	13,87	3,13	17,00	0,104
Granuliuotos organinės trąšos JP RENLIS 200 kg ha ⁻¹ lokaliai <i>Granulated organic fertilizer JP RENLIS 200 kg ha⁻¹ locally</i>	14,61	2,65	17,26	0,110
Granuliuotos organinės trąšos JP RENLIS 500 kg ha ⁻¹ lokaliai <i>Granulated organic fertilizer JP RENLIS 500 kg ha⁻¹ locally</i>	15,95	2,73	17,68	0,112
Granuliuotos organinės trąšos JP RENLIS 200 kg ha ⁻¹ lokaliai + skystos organinės trąšos JP RENLIS 3+3 l ha ⁻¹ <i>Granulated organic fertilizer JP RENLIS 200 kg ha⁻¹ locally + liquid organic fertilizer JP RENLIS 3 + 3 l ha⁻¹</i>	14,58	2,66	17,24	0,108
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,41	0,24	0,52	0,014

Išvados

1. Lokaliai patręšus 500 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų norma esmingai padidėjo sėjamųjų avižų žaliosios ir sausosios biomasės derlius, palyginti su tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma. Įterpus lokaliai 200 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų ir avižas nupurškus skystomis organinėmis trąšomis JP RENLIS du kartus po 3 l ha⁻¹ esmingai padidėjo avižų žaliosios ir

sausosios biomasės derlius, palyginti tik su lokaliu tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma. Lokalus tręšimas neturėjo esmingos įtakos sausųjų medžiagų kiekiui sėjamųjų avižų biomasėje.

2. Patręšus lokaliai 500 kg ha⁻¹ granuliuotų trąšų norma, palyginti vien tik su tręšimu 200 kg ha⁻¹ ir tręšimu 200 kg ha⁻¹ bei purškimu skystomis organinėmis trąšomis, esmingai dirvožemyje padidėjo pH vertė, judriųjų fosforo ir kalio kiekis, bet neturėjo esmingos įtakos humuso kiekiui dirvožemyje.

3. Lokaliai patręšus 500 kg ha⁻¹ norma, esmingai padidėjo bendro ir mineralinio azoto kiekis dirvožemyje, palyginti su netręštomis sėjamosiomis avižomis, bet neturėjo esmingos įtakos, palyginti su lokaliu tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma bei tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma ir purškimu skystomis organinėmis trąšomis.

4. Patręšus lokaliai 500 kg ha⁻¹ organinių granuliuotų trąšų norma, palyginti su tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma bei tręšimu 200 kg ha⁻¹ norma ir purškimu skystomis organinėmis trąšomis, esmingai dirvožemyje padidėjo nitratinio ir nitritinio azoto, o amoniakinio azoto kiekio esmingų skirtumų nenustatyta.

Literatūra

- Antil, R., Gerzabek, M.H., Haberhauer, G., Eder, G. (2005). Long-term effects of cropped vs. fallow and fertilizer amendments on soil organic matter II. Nitrogen. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(2), 212–218.
- Cayuela, M.L., Sinicco, T., Mondini, C., (2009). Mineralization dynamics and biochemical properties during initial decomposition of plant and animal residues in soil. *Applied Soil Ecology*, 41, 118–127.
- Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (ES) 2018/848. (2018). Dėl ekologinės gamybos ir ekologiškų produktų ženklinimo, kuriuo panaikinamas Tarybos reglamentas (EB) Nr. 834/2007. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/lt/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0848>
- Garg, P., Gupta, A., Satya, S. (2006). Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*, 97(3), 391–395.
- Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Domínguez, I. (2008). Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere*, 72 (7), 1013–1019.
- Mondini, C., Cayuela, M.L., Sinicco, T., Sanchez-Monedero, M.A., Bertolone, E., Bardi, L. (2008). Soil application of meat and bone meal. Short term effects on mineralization dynamics and soil biochemical and microbiological properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 462–474.
- Pekarskas, J., Gavenauskas, A., Ličys, E. (2019). Organinių granuliuotų trąšų lokalaus įterpimo įtakos žemės ūkio augalams, skirtingos granulometrinės sudėties ir agrocheminių savybių dirvožemiuose, tyrimas. *Žmogaus ir gamtos sauga. Mokslo straipsnių rinkinys*, 154–157.
- Pekarskas, J., Kernagis, R. (2016). Organinių granuliuotų trąšų lokalaus įterpimo įtaka vasariniam kviečiui, juos auginant pagal nacionalinės žemės ūkio produktų kokybės sistemos reikalavimus. *Žmogaus ir gamtos sauga 2016: 22-osios tarptautinės mokslinės-praktinės konferencijos medžiaga*, 178–181.
- Pekarskas, J. (2008). Tręšimas ekologinės gamybos ūkiuose. Kaunas.
- Pekarskas, J. (2016). Mėsinių galvijų mėšlo kompostavimo ir granuliuotų organinių trąšų gamybos technologijos, jų įtaka augalams ir dirvožemiui. *Mokslinės rekomendacijos*. Kaunas.
- Tarakanovas, P., Raudonius, S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPULIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. *Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas*.

Juozas Pekarskas, Algirdas Gavenauskas, Rūtenis Jančius

Influence of Local Application of Granular Organic Compost Fertilizers JP RENLIS on Organically Grown Plants and Soil Properties

Summary

Vegetative studies of the influence of local application of granulated organic compost fertilizers JP RENLIS on organically grown sown oats and soil agrochemical properties were performed in the Ecosystem Laboratory of the Department of Forestry and Ecology, Faculty of Forests and Ecology, Vytautas Magnus University. Very acidic, low humus and phosphorus and very low potassium sandy soils were used for the study. The rate of granular fertilization of 500 kg ha⁻¹ with local fertilization significantly increased the yield of green and dry biomass of sown oats compared to the rate of 200 kg ha⁻¹ fertilization. After topical application of 200 kg ha⁻¹ of granular fertilizers and spraying of oats with liquid organic fertilizer JP RENLIS twice after 3 l ha⁻¹, the yield of green and dry biomass of oats was significantly increased, compared to the rate of 200 kg ha⁻¹ only. Local application of 500 kg ha⁻¹ granular fertilizer compared to 200 kg ha⁻¹ and 200 kg ha⁻¹ fertilization alone and spraying with liquid organic fertilizer significantly increased soil pH, mobile phosphorus and potassium content, but had no significant effect. humus content in the soil. Topical application of 500 kg ha⁻¹ significantly increased the amount of total and mineral nitrogen in the soil compared to unfertilized seed oats, but had no significant effect compared to local application of 200 kg ha⁻¹ and application of 200 kg ha⁻¹ and liquid application. organic fertilizers.

Granulated compost fertilizers, local fertilization, oats for sowing, soil

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Juozas PEKARSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Agroekologijos centro vadovas, biomedicinos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 671) 03749, el. paštas: juozas.pekarskas@vdu.lt.

Juozas PEKARSKAS. Head of the Agroecology Center, Department of Environment and Ecology, Faculty of Forests and Ecology, Academy of Agriculture, Vytautas Magnus University, Doctor of Biomedical Sciences, Associate Professor. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas district. Ph. (8 671) 03749, e-mail: juozas.pekarskas@vdu.lt.

Algirdas GAVENASKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros docentas, biomedicinos mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 752224, el. paštas: algirdas.gavenauskas@vdu.lt.

Algirdas GAVENASKAS. Associate Professor, Department of Environment and Ecology, Faculty of Forests and Ecology, Academy of Agriculture, Vytautas Magnus University, Doctor of Biomedical Sciences. Address: Studentų st. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas district. Ph. (8 37) 752224, e-mail: algirdas.gavenauskas@vdu.lt.

Rūtenis JANČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto doktorantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 677) 82291, el. paštas: rutenis.jancius@vdu.lt.

Rūtenis JANČIUS. Doctoral (PhD) Student of the Faculty of Forestry and Ecology of the Agricultural Academy at Vytautas Magnus University. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas District, Ph. (8 677) 82291, el-mail: rutenis.jancius@vdu.lt.

Fitocenozių kitimo tyrimai po ariamos žemės pakeitimo į nederbiamą žemėnaudą

Eugenija Bakšienė, Asta Kazlauskaitė-Jadzevičė, Liudmila Tripolskaja

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialas

Lietuvos tradiciniam kraštovaizdžiui būdingų biologinių įvairovių išsaugojimui verta kai kurias žemės ūkio naudmenas pakeisti į nederbiamas žemes ir išlaikyti natūralius žolynus. Nederlingų ariamų žemių renatūralizacijos būdų eksperimentas buvo įrengtas 1995 m. vidutiniškai sukultūrintame karbonatingame smėlžemyje (*Calcaric Arenosol*). Tyrimo vieta yra Pietryčių Lietuvos dirvožemio zonoje, kurioje vyraujančių dirvožemių agronominė vertė labai maža (< 37 balų). Botaninės įvairovės tyrimai atlikti ariamos žemės pakeitimo į dirvonus aikštelėje, kurioje augo per tyrimo laikotarpį (1995–2020 m.) susiformavusi būdinga smėlio dirvožemiui natūrali fitocenoze. Dirvono botaninės sudėties, augalų įsikūrimo ir paplitimo nustatymui aikštelėje iš 5-ųjų 0,25 m² ploto vietų buvo imami augalų ėminiai. Dirvono augalija buvo nupjaunama 1 kartą metuose liepos pabaigoje. Biomasė paliekama aikštelėje mineralizacijai.

Tyrimų rezultatai parodė, kad fitocenozių botaninė sudėtis keitėsi priklausomai nuo dirvožemio dirvonavimo trukmės ir vegetacijos periodo hidroterminių sąlygų. Eksperimento pradžioje (1995m.) buvo identifiukuotos 18 augalų šeimų, 2015 metais – tik 8. Dirvono fitocenozeje per 25 metus sumažėjo augalų rūšinė įvairovė. Išnyko būdingos ariamajam dirvožemiui įvairžolės, susiformavo kitokios augalų bendrijos. Nuo 2020 m. augalų įvairovė padidėjo, nustatyta 31 augalo rūšis. Dirvono augalijos biomasės sausųjų medžiagų derlius eksperimento vykdymo laikotarpyje svyravo nuo 0,58 iki 3,47 t ha⁻¹.

Botaninė sudėtis, augalai, rūšys, derlius

Įvadas

Jungtinių Tautų Maisto ir žemės ūkio organizacijos (FAO) pateikė duomenis, kad daugelyje Europos Sąjungos šalių natūralių pievų užimami plotai mažėja. Tai kelia didelį susirūpinimą, kadangi analogišku mastu yra prarandamos bioįvairovės požiūriu vertingos ekosistemos (FAO, 2019).

Žmonės tūkstantmečius natūralias ekosistemas vertė žemės ūkio paskirties žeme. Dėl šių pokyčių prarandamas organinės anglies kiekis dirvožemyje, sumažėja gyvūnų, mikrobo ir augalų įvairovė (Concepción et al, 2019, Aneva et al, 2020). Titeux ir kt. (2016) pabrėžė, kad biologinės įvairovės scenarijuose dažniausiai atsižvelgiama į būsimą klimato kaitos poveikį, o žemės naudojimo ir žemės dangos pokyčiai iš esmės nepaisomi. Tai svarbus trūkumas, nes tiesioginis buveinių naikinimas naudojant žemę yra viena iš svarbiausių ir tiesioginių grėsmių tiek biologinei, tiek botaninei įvairovei. Tačiau botaninės įvairovės išsaugojimas dažnai nukreiptas į likusius ir suskaidytus gamtos objektus ir pusiau natūralias žemės ūkio kraštovaizdžio teritorijas. Jas daugiausia sudaro ekstensyviai naudojamos pievos, kuriose dažnai auga didelė dalis nykstančių augalų rūšių (Batary et al, 2020).

Žemės ūkis iš natūralių buveinių į žemės ūkio naudmenas konvertavo beveik pusę Žemės paviršiaus. Todėl jam tenka pagrindinis vaidmuo ir atsakingumas už biologinės įvairovės nykimą (Kanianska, 2016). Aliktų tyrimų rezultatai įrodo, kad biologinės įvairovės nykimo ir ekosistemų degradacijos galima išvengti tik tuo atveju, jei bus vykdomas transformacinis pokytis (Díaz et al, 2019). Tvarus žemės ūkis yra atsakas į atvirkštines tendencijas, dėl kurių nyksta biologinė ir botaninė įvairovė. Šio proceso sustabdymui ir Europos žaliąjo kurso įgyvendinimui kai kurias žemės ūkio naudmenas reikia renatūralizuoti ir tuo pačiu išsaugoti tradiciniam kraštovaizdžiui būdingus bei biologinės įvairovės išsaugojimui būtinus natūralius ir kultūrinius žolynus.

Aprašomų tyrimų objektas ir tikslas yra ištirti žemės ūkio paskirties žemių pakeitimo į nederbiamą žemėnaudą įtaką botaninės įvairovės pokyčiams.

Tyrimų metodika

Nederlingų ariamų žemių renatūralizacijos būdų eksperimentas buvo įrengtas 1995 m. Tyrimo vieta yra Pietryčių Lietuvos dirvožemio zonoje, kurioje vyraujančių dirvožemių agronominė vertė labai maža (< 37 balų).

Botaninės įvairovės tyrimams eksperimento aikštelė įrengta vidutiniškai sukultūrintame karbonatingame smėlžemyje (*Calcaric Arenosol*) (54° 33'49.8"N 25° 05'12.9"E), kuriame iki 1995 m. buvo dirbama žemė. Dirvono botaninės sudėties nustatymui aikštelėje iš 5-ųjų vietų buvo imami augaliniai ėminiai iš 0,25 m² ploto, skirti įvertinti augalų įsikūrimui ir paplitimui. Augalų apskaitos laukeliai buvo išdėstyti taip, kad objektyviai charakterizuotų dirvono botaninę įvairovę. Jos sudėtis keitėsi priklausomai nuo hidroterminių sąlygų vegetacijos metu. Dirvono augalija buvo pjaunama 1 kartą metuose liepos pabaigoje. Sveriami įvertinant biomasės sausųjų medžiagų (SM) derliui.

Augalo šeimos pastovumo laipsniui nustatyti naudota Josias Braun–Blanquet skalė:

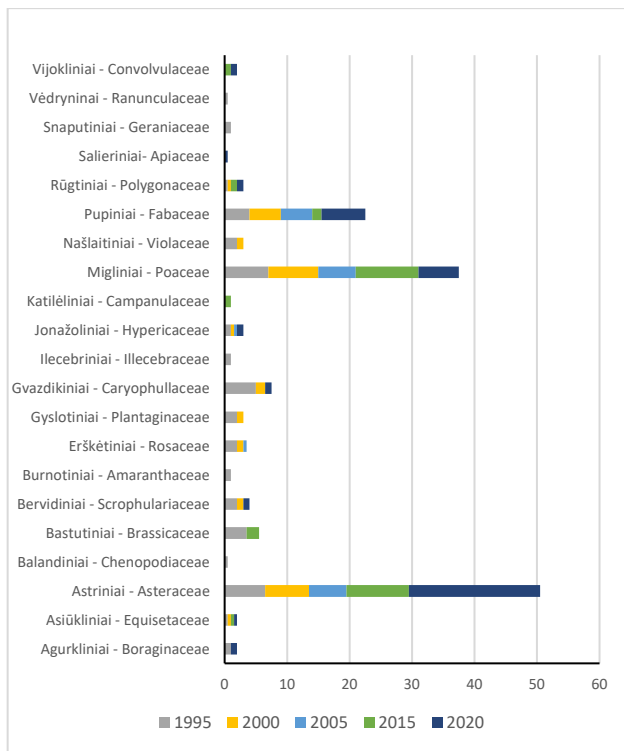
- 5 – rūšys, augančios 81–100 proc. tirtų laukelių;
- 4 – rūšys, augančios 61–80 proc. tirtų laukelių;
- 3 – rūšys, augančios 41–60 proc. tirtų laukelių;
- 2 – rūšys, augančios 21–40 proc. tirtų laukelių;
- 1 – rūšys, augančios 1–20 proc. tirtų laukelių.

Statistinis duomenų vertinimas atliktas naudojant vienfaktorinę dispersinę analizę ir Microsoft Office Excel programinius paketus.

Rezultatai ir aptarimas

Įvairios augalų šeimos auga atskirose bendrijose, užimamos jose atitinkamas nišas. Keičiantis hidroterminiam režimui, atitinkamai keičiasi įvairių rūšių egzistavimo bendrijose dydis ir bendrųjų floristinė sudėtis – vienos rūšys išnyksta, o kitos atsiranda (1 pav.).

Augalai paplitę dirvone buvo įvairių botaninių šeimų, kurie skiriasi morfologiniais požymiais ir ekologinėmis savybėmis.



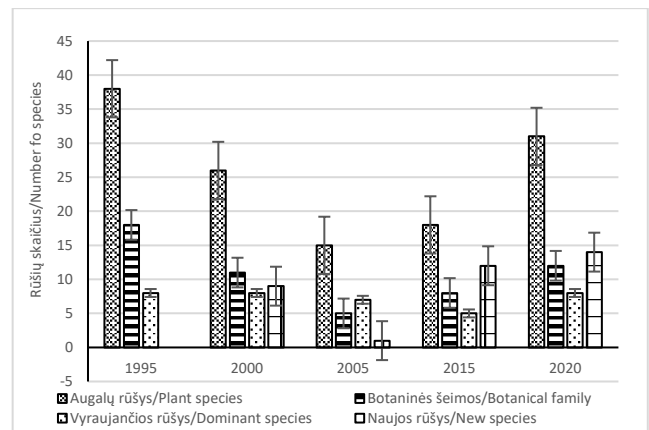
1 pav. Vyravusių augalų šeimų gausumas 25 metų senumo dirvone (pagal Braun-Blankē (1976) skalę).

Fig. 1. Dominated plant families in 25-year old abandoned (by Braun-Blankē (1976) scale).

Pagal paskutinius (2020 m.) dirvono botaninės sudėties apskaitos rezultatus buvo išskirta 12 skirtingų botaninių šeimų, kai tuo tarpu pirmaisiais dirvonavimo metais (1995 m.) jų nustatyta net 18. Po to sekė ryškus sumažėjimas: 2000 m. – 11, 2005 m. identifiikuotos tik 5 šeimos, 2015 m. – 8, o 2020 m. vėl padidėjo iki 12 šeimų. Atsirado nauji salierinių (Apiaceae) šeimos augalai.

Visais tyrimų metais dominavo astrinių (Asteraceae), miglinių (Poaceae) ir pupinių (Fabaceae) šeimos augalai. Daugelio kitų šeimų augalų buvo randama tik pavieniai egzemplioriai.

Po metų dirvonavimo (1995 m.) nustatyta didelė net 39 augalų rūšių įvairovė (2 pav.). Vyraujančios išskirtos 8 rūšys. Didelę augalų įvairovę lėmė tai, kad dirvonas buvo įrengtas ariamajame dirvožemyje, kuriame per ilgą laikotarpį susikaupė būdingų smėlžemio dirvožemiui piktžolių sėklų atsargos. Todėl pirmaisiais dirvonavimo metais aikštelėje aptikti šunramuniai (*Tripleurospermum perforatum* (Merat.) M. Lanz.), čiūžutės (*Thlaspi arvense* L.), našlaitės (*Viola arvensis* Murray.), rugiagėlės (*Centaurea cyanus* L.), žvaginės (*Capsella bursa-pastoralis* (L.) Medik.), balandos (*Chenopodium album* L.), burnočiai (*Amaranthus retroflexus* L.), šerytės (*Setaria viridis* L.) ir varpučiai (*Elytrigia repens* L.), kurios yra būdingos sėjomainos laukų piktžolės. 2000 m. atlikus pakartotinę botaninę dirvono augalų sudėties analizę, aptikta gerokai mažiau, t. y. 26 augalų rūšys, iš kurių vyravjančios buvo 8. Taigi po penkių augalų bendrijų formavimosi metų, dirvone gerokai sumažėjo rūšinė įvairovė, tačiau, jų vietoje atsirado 9 naujos, anksčiau neaptiktos rūšys.



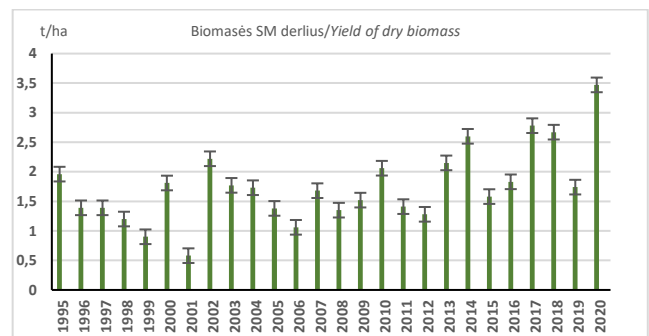
2 pav. Botaninė dirvono augalų sudėties analizė 1995.-2020 m.

Fig. 2. Botanical plant composition analysis of the follow in 1995-2020

2005 m. dirvonavimo metais nustatyta mažiausia augalų rūšių per visą tyrimų laikotarpį, jų buvo tik 15, tarp jų vyravjančios 5 augalų rūšys ir tik 1 nauja. 2015 m. iš 8 šeimų nustatyta 18 augalų rūšių, vyravjančios buvo 8 ir 12 anksčiau neaptiktų augalų rūšių.

Per 25 m. dirbamos žemės pakeitimo į dirvoną metus sumažėjo augalų rūšinė įvairovė. Išnyko būdingos ariamajam dirvožemiui piktžolės. 2020 m. atsirado invaziniai augalai, susiformavo kitokios augalų bendrijos (kanadinė rykštenė (*Solidago canadensis*) paprastoji vanagė (*Hieracium vulgatum*), vienagraižė kudlė (*Pilosella officinarum*), dirvinis ridikas (*Raphanus raphanistrum*), paprastoji ieva (*Prunus padus*), paprastoji žemuogė (*Fragaria vesca*), pievinis katilėlis (*Campanula patula*), bukalapė rūgštytė (*Rumex obtusifolius*), dirvinis vijoklis (*Convolvulus arvensis*) ir vaistinė žvirbliarūtė (*Fumaria officinalis*), paplito kultūrinių žolių rūšys (nendrinis eraičinas (*Festuca arundinacea*) ir paprastoji šunažolė (*Dactylis glomerata*), kurių sėklos pateko iš šalia esančių laukų. Neprižiūrint vietovės ir nesiimant jokių priemonių, natūrali dirvono augalija transformuotųsi į greitai užželiančius menkaverčius krūmynus, o tokiu būdu pasikeistų ir kraštovaizdis. Todėl tokius žolynus būtina nupjauti kartą metuose, biomasę paliekant lauke.

Dirbamą žemę pakeitus į dirvonuojančią, pastebėta, kad nuo 1995 iki 2020 metų natūralios augalų bendrijos biomasės sausųjų medžiagų sukaupimas atskirais metais buvo nevienodas ir svyravo greičiausiai nuo vegetacijos laikotarpio hidroterminių sąlygų. (3 pav.).



3 pav. 25 metų laikotarpio dirvono biomasės sausųjų medžiagų derlius.

Fig. 3. Yield of biomass dry matter in 25-year old abandoned

Biomassės sausųjų medžiagų derliaus kitimas pasižymėjo didele variacija, lyginant atskirus metus. Dėl mažo dirvono biomasės kiekio buvo mažiau sukaupta sausųjų medžiagų. Tokie rodikliai išryškėjo 1996–1999 m. (0,9–1,39 t ha⁻¹), ypač mažas biomasės derlius nustatytas 1999 m., jis siekė tik 0,58 t ha⁻¹ SM. Nuo 2013 iki 2019 m. biomasės derlius pradėjo didėti nuo 1,58 iki 2,78 t ha⁻¹.

Produktyviausi per visą tyrimų laikotarpį buvo 2020 m., kuomet dirvono fitocenozeje biomasės sausųjų medžiagų derlius užderėjo net iki 3,47 t ha⁻¹. Botaninę įvairovę tyrinėjantys mosklininkai taip pat pastebė, kad dirvonuojančiose žemėse užauga netolygūs ir nedideli biomasės kiekiai (Díaz et al, 2019; Batary et al, 2020).

Išvados

1. Ariamos žemės pakeitimo į dirvonus aikštelėje atliktų botaninės įvairovės tyrimų rezultatai parodė, kad fitocenozei botaninė sudėtis keitėsi skirtingai. Eksperimento pradžioje (1995m.) buvo identifikuota 18 augalų šeimų, nuo 2000 metų augalų šeimų gerokai sumažėjo, o 2020 metais padidėjo iki 12.

2. Dirvono fitocenozeje per 25 metus sumažėjo augalų rūšinė įvairovė. Išnyko būdingos ariamajam dirvožemiui įvairazolės, atsirado nauji augalai ir augalų bendrijos. 1995 m. identifikuota 39 augalų rūšys. Nuo 2020 m. augalų įvairovė padidėjo, nustatyta 31 augalo rūšis.

3. Dirvono augalijos biomasės sausųjų medžiagų derlius eksperimento vykdymo laikotarpyje svyravo nuo 0,58 iki 3,47 t ha⁻¹.

Eugenija Bakšienė, Asta Kazlauskaitė – Jadzevičė, Liudmila Tripolskaja

Investigations of Phytocenosis Changes After Conversion of Arable Land Into Abandonment

Summary

In order to preserve the biological diversity characteristic of the Lithuanian traditional landscape, it is worth converting some agricultural lands to abandonment and preserving natural grasslands. An experiment in renaturalization of infertile arable lands was set up in 1995. In moderately cultivated carbonate sandy soil (*Calcaric Arenosol*). The study site is located in the soil zone of South-Eastern Lithuania, where the agronomic value of the predominant soils is very low (<37 points). Botanical diversity studies were carried out at the site of conversion of arable land to soils, where the natural phytocenosis characteristic of sandy soil during the study period (1995-2020) grew. Plant samples were taken from 5 sites of 0.25 m² at the site to establish the botanical composition, the location and distribution of the plants. Soil vegetation was cut once a year in late July. Biomass is left on site for mineralization.

The results of the research showed that the botanical composition of phytocenosis varied depending on the duration of not tillage time and the hydrothermal conditions of the vegetation period. At the beginning of the experiment (1995), 18 plant families were identified, in 2015 – only 8. Soil phytocenosis decreased plant species diversity over 25 years. Varieties typical of arable soil have disappeared, and other plant successions have formed. From 2020 plant diversity increased, 31 plant species were identified. The dry matter yield of soil vegetation biomass during the experimental period ranged from 0.58 to 3.47 t ha⁻¹.

Botanical composition, plants, species, yield.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Literatūra

1. Aneva I., Zhelev P., Lukanov S., Peneva M., Vassilev K., Zheljazkov V.D. (2020). Influence of the Land Use Type on the Wild Plant Diversity. *Plants (Basel)*. 9(5): 602.
2. Batary P., Báldi A., Ekroos J., Gallé R., Grass I., Tschamtké T. (2020). *Biologia Futura: landscape perspectives on farmland biodiversity conservation*. *Biologia Futura*. 71: 9–18.
3. Braun-Blanquet J. (1976). *Fragmenta Phytosociologica Rhaetica III, IV und VII. Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der ETH, Stiftung Rübel, Zürich* 58: 1–44.
4. Concepcion, E.D., Aneva, I., Jay, M., Lukanov, S., Marsden, K., Moreno, G., Pardo, A., Oppermann, R., Piskol, S., Rolo, V., Schraml, A., Diaz, M. (2019). Optimizing biodiversity gain of European agriculture through regional targeting and adaptive management of conservation tools. *Biological Conservation*, 241, 108384.
5. Diaz S., Settele J., Brondizio ES, Ngo HT, Agard J, Arneeth A et al (2019) Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* 366:1327.
6. FAO. (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp.
7. Kanianska R. 2016. *Agriculture and Its Impact on Land-Use, Environment, and Ecosystem Services. Landscape Ecology – The Influences of Land Use and Anthropogenic Impacts of Landscape Creation*. IntechOpen Book Series. 140 p.
8. Titeux N., Mihoub J.-B., Regos A., Geijzenendorffer I.R., Cramer W., Verburg P.H., Brotons L. Biodiversity scenarios neglect future land-use changes. *Global Change Biology* (2016)22, 2505–2515
9. Watson JEM, Venter O (2017) A global plan for nature conservation. *Nature* 550:48–49.

Eugenija Bakšienė. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 2645 439, el. paštas: eugenija.baksiene@lammc.lt.

Asta Kazlauskaitė-Jadzevičė. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 2645 439, el. paštas: asta.kazlauskaite-jadzevice@lammc.lt.

Liudmila Tripolskaja. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo biomedicinos mokslų habilituota daktarė. Adresas: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 2645 439, el. paštas: liudmila.tripolskaja@lammc.lt.

Eugenija Bakšienė. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuania Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor of biomedicine sciences. Address: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 2645 439, e-mail: eugenija.baksiene@lammc.lt.

Asta Kazlauskaitė-Jadzevičė. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuania Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor of biomedicine sciences. Address: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 2645 439, e-mail: asta.kazlauskaite-jadzevice@lammc.lt.

Liudmila Tripolskaja. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuania Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor habilitatus of biomedicine sciences. Address: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. (8 5) 2645 439, e-mail: liudmila.tripolskaja@lammc.lt.

Sapropelio skystų biologinių preparatų, įterpiamų į dirvą, įtaka ekologiškai auginamiems žemės ūkio augalams ir dirvožemio savybėms

Juozas Pekarskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Skysto biologinio sapropelio preparato, įterpiamo į dirvą, įtakos ekologiškai auginamiems vasariniams miežiams vegetaciniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Ekosistemų laboratorijoje 2021–2022 m. Tarp visų tirtų SaproExtract normų nustatyti esmingi žaliosios ir sausosios biomasės derliaus skirtumai. Sausųjų medžiagų kiekis, priklausomai nuo SaproExtract normos, sumažėjo esminiai nuo 3,37 iki 2,24 proc.vnt. Į dirvą įterptas skystas biologinis sapropelio preparatas turėjo esminę įtaką azoto, fosforo, kalio ir geležies, bet mažai įtakojė kalcio ir magnio kiekį vasarinių miežių biomasėje. Nupurškus ir į dirvožemį įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ SaproExtract normas, dirvožemio pH rodiklio reikšmė esmingai padidėjo, dirvožemis šarmėjo. SaproExtract mažai įtakojė dirvožemio humuso, judriųjų fosforo ir kalio rodiklių reikšmes. Nupurškus ir į dirvą įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ SaproExtract normas, bendro azoto kiekis dirvožemyje padidėjo esmingai, palyginti su nepukštais vasariniais miežiais ir purkštais 10 l ha⁻¹ SaproExtract norma. Į dirvožemį įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ SaproExtract, esminiai sumažėjo dirvožemio drėgnis, palyginti su neturėtais vasariniais miežiais. Sapro Extract esmingai mažino dirvožemio elektrinio laidžio reikšmes, bet, neturėjo esminės įtakos dirvožemio temperatūros rodiklio reikšmei.

Sapropelis, biologiniai preparatai, dirvožemis, vasariniai miežiai

Įvadas

Dėl natūralios ežerų eutrofikacijos ir žmonių veiklos daugelis ežerų visame pasaulyje yra dumblių. Ežerų uždumblėjimo problema sprendžiama mechaniniu būdu juos valant. Išgautą sapropelį galima panaudoti kaip trąšą (Ciūnys 1997, Katkevičius ir kt., 1998; Hidenori et al., 2003).

Uždumblėjusiuose Lietuvos ežeruose susikaupę apie 1,5 mlrd. m³ sapropelio. Sapropelis, vertinga biogeninė organinė ar kalkinė medžiaga, gali būti plačiai naudojamas dirvoms tręšti ir gerinti (Žvironaitė ir kt., 2002; Bakšienė et al., 2006; Bakšienė, Ciūnys, 2012).

Sapropelis yra organinių ir neorganinių medžiagų mišinys nuplautas į ežerus iš baseino ir susidaro ežerų viduje. Jo veiksmingumas priklauso nuo cheminės sudėties. Sapropelyje yra visi makroelementai ir eilė augalams reikalingų mikroelementų, taip pat ir biologiškai veikliųjų medžiagų, tokių kaip vitaminai, fermentai ir antibiotikai (Kershaw, 1997; Bakšienė, Janušienė, 2005; Daux et al., 2006; Thomson et al., 2006).

Tyrimais nustatyta, kad kalkingo sapropelio įtakoje sumažėjo smėlingo priemolio rūgštingumas, padidėjo sorbuotų bazių, humuso, bendrojo azoto ir judrijo fosforo kiekis. Po antrosios ir trečiosios sėjomainos rotacijos sapropelis turėjo teigiamą įtaką priesmėlio dirvožemio agrocheminėms ir fizikinėms savybėms (Bakšienė, Ciūnys, 2012).

Sapropelį kaip trąšą ir dirvos gerinimo medžiagą galima panaudoti ir ekologinėje gamyboje (Pekarskas, 2008).

Tyrimų tikslas – ištirti sapropelio skystų biologinių preparatų, įterptų į dirvą, įtaką ekologiškai auginamiems vasariniams miežiams ir dirvožemio savybėms.

Tyrimų metodika

Skysto biologinio sapropelio preparato SaproExtract, įterpiamo į dirvą, įtakos ekologiškai auginamiems vasariniams miežiams vegetaciniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Ekosistemų laboratorijoje 2021 m. gruodžio – 2022 m. sausio mėnesiais.

Vegetacinių bandymų atlikimui buvo panaudoti *Mitčerlich* tipo vegetaciniai indai – plastmasiniai vazonai su skylutėmis dugne ir lėkšte po jais. Vegetacinių indų skersmuo 18,0 cm, aukštis – 16 cm. Tyrimai atlikti penkiais pakartojimais. Tyrimai vykdyti su vasarinių miežių '*KWS Atrika*' veislės augalais.

Sapropelis, kuris buvo naudojamas skystų biologinių preparatų gamyboje gautas iš UAB „Alių durpynas“. Skystas biologinis preparatas pagamintas UAB „Biodinamika“, tam panaudojant turimą inovatyvę įrangą ir technologiją. SaproExtract galima naudoti ekologinėje žemdirbystės sistemoje.

Vegetacinių tyrimų atlikimui buvo panaudotas dirvožemis, kuris buvo paimtas iš Kauno rajono Ringaudų seniūnijos Kalniškių kaime esančio VŠĮ „ASU mokomojo ūkio“ ekologinės gamybos ūkio apsauginės juostos juodojo pūdymo lauko. Vidutinio sunkumo priemolio dirvožemis buvo šarmiškas (pH – 7,25), vidutinio humusingumo (2,34 %) ir kalingumo (146,0 mg kg⁻¹), didelio fosforingo (214 mg kg⁻¹), bendro azoto rasta 0,120 %.

Tyrimai atlikti su skystu biologiniu sapropelio preparatu SaproExtract. Jo cheminė sudėtis ištirta akredituotoje Latvijos sertifikavimo centro Latsert laboratorijoje ten naudojamais tyrimo metodais 2020 m. (1 lentelė). Bandymų schema: 1) nenaudotas biologinis preparatas SaproExtract; 2) į dirvą įterpta 10 l ha⁻¹ SaproExtract norma; 3) į dirvą įterpta 20 l ha⁻¹ SaproExtract norma; 4) į dirvą įterpta 30 l ha⁻¹ SaproExtract norma.

Vienam vegetaciniam indeliui užpildyti buvo panaudota 2,00 kg (1,50 l) vidutinio priemolio dirvožemio, kuris buvo persijotas per 4 mm sietą. Prieš vasarinių miežių sėklų pasėjimą dirvožemio ėminiai iš vegetacinių indelių buvo išpilami į atskirą indą. Tiriama SaproExtract norma praskiedžiama 50 ml vandens. Inde dirvožemio ėminiai sumaišomi su tiriama SaproExtract norma. Į vegetacinį indą vėl buvo įpilama 1,25 l priemolio dirvožemio, dirvožemis sudrėkinamas 250 ml vandens, pasėjamos vasarinių miežių sėklos (po 35 vnt.), ant pasėtų sėklų užpilamas 250 ml (0,30 kg) dirvožemio sluoksnis, kuris sudrėkinamas vandeniu jį išpurškiant. Vasarinių miežių sėklos yra įterpiamos 2–3 cm gylyje.

Vegetaciniai indeliai sudėti ant stalo (stelažo). Laboratorija buvo apšviečiama natūralios dienos šviesa ir dienos šviesos lempomis bei šildoma. Patalpos temperatūra 18–20 °C. Tyrimų metu augantys vasarinių miežių augalai buvo laistomi pagal poreikį vandentiekio vandeniu.

1 lentelė. Skysto biologinio preparato SaproExtract cheminė sudėtis
Table 1. Chemical composition of SaproExtract liquid biological preparation

Rodiklis / Parameter	Reikšmė Result
Natūrali medžiaga / Natural material	
pH	11,60
Tūrinė masė, g l ⁻¹ / Bulk density	993
Sausųjų medžiagų kiekis, % / Dry matter	3,80
Organinių medžiagų kiekis, % Organic matter content	2,70
Bendras huminių rūgščių kiekis, % Total humic acids	1,30
Bendras organinės anglies kiekis, % Total organic carbon	1,40
Bendras azoto (N) kiekis, % / Total nitrogen (N)	0,10
Bendras fosforo (P ₂ O ₅) kiekis, % Total phosphorus (P ₂ O ₅)	<0,02
Bendras kalio (K ₂ O) kiekis, % Total potassium (K ₂ O)	0,60
Mg, mg kg ⁻¹	65,00
Fe, mg kg ⁻¹	179,00
B, mg kg ⁻¹	6,00
Mo, mg kg ⁻¹	<2,00
Co, mg kg ⁻¹	<2,00
Mn, mg kg ⁻¹	<2,00
Zn, mg kg ⁻¹	5,00
Cu, mg kg ⁻¹	<2,00
Ni, mg kg ⁻¹	<2,00
Pb, mg kg ⁻¹	<2,00
Cr (VI), mg kg ⁻¹	<0,50
Sausoji medžiaga / Dry matter	
Organinių medžiagų kiekis, % Organic matter content	69,70
Bendras organinės anglies kiekis, % Total organic carbon	34,90
Bendras huminių rūgščių kiekis, % Total humic acids	34,20

Išaugę vasarinių miežių augalai su žirkklėmis iš vegetacinių indelių buvo nupjauti ir pasverti. Žaliosios masės ėminiai Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje termostate (+40°C) išdžiovinti. Išdžiovinti augalai pasverti. Išdžiovintų augalų biomasės cheminė sudėtis ištirta LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje ten naudojamais metodais.

Po vasarinių miežių augalų žaliosios biomasės derliaus nuėmimo, praėjus 24 valandoms, visuose vegetaciniuose indeliuose su dirvožemio ėminiais buvo išmatuotos dirvožemio fizikinių savybių rodiklių vertės (dirvožemio drėgnis, dirvožemio temperatūra ir dirvožemio elektrinis laidis). Vienaime indelyje buvo atlikti ne mažiau nei keturi šių savybių matavimai. Laikė šie tyrimai kartoti ne mažiau nei tris kartus. Matavimai atlikti su matuokliu Delta-T HH2. Po to buvo paimti dirvožemio ėminiai dirvožemio agrocheminių savybių tyrimui. Iš vieno tyrimo varianto paimti du dirvožemio ėminiai. Dirvožemio agrocheminių savybių rodiklių reikšmės nustatytos LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje ten naudojamais tyrimo metodais.

Tyrimų duomenys matematiškai apdoroti dispersinės analizės metodu programa ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

Rezultatai ir aptarimas

Vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derlius, priklausomai nuo SaproExtract normos, padidėjo esmingai 1,010–1,146 g arba 44,93–50,98 proc. ir 0,140–0,208 g arba 25,18–37,41 proc. Didinant SaproExtract normą žaliosios ir sausosios biomasės derlius didėjo ir didžiausias gautas į dirvą įterpus 30 l ha⁻¹ SaproExtract normą. Palyginus Sapro Extract normas tarpusavyje, nustatyta, kad tarp visų tirtų Sapro Extrac normų nustatyti esmingi žaliosios ir sausosios biomasės derliaus skirtumai (2 lentelė).

Sausųjų medžiagų kiekis, priklausomai nuo SaproExtract normos, mažėjo esminiai nuo 3,37 iki 2,24 proc. vnt. Didinant SaproExtract normą sausųjų medžiagų kiekis vasarinių miežių biomasėje nuosekliai mažėjo ir mažiausias nustatytas į dirvą įterpus 30 l ha⁻¹ SaproExtract normą. Tarp visų tirtų Sapro-Extract normų nustatyti esmingi sausųjų medžiagų kiekio skirtumai (2 lentelė).

Esminiai azoto kiekį, palyginti su netręštais vasariniais miežiais, vasarinių miežių biomasėje padidino tik į dirvą įterpta 20 l ha⁻¹ SaproExtract norma. Įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ normas esmingai padidėjo azoto kiekis vasarinių miežių biomasėje, palyginti su tręšimu 10 l ha⁻¹ norma. Skystas biologinis preparatas SaproExtract, įterptas į dirvą, esmingai didino fosforo kiekį vasarinių miežių biomasėje. Lyginant SaproExtract normas tarpusavyje, esmingų fosforo kiekio vasarinių miežių biomasėje skirtumų nebuvo nustatyta. Lyginant SaproExtract normas tarpusavyje, tarp visų įterptų normų nustatyti esmingi kalio kiekio skirtumai. Nupurškus dirvą 30 l ha⁻¹ norma, palyginti su 20 l ha⁻¹, kalio kiekis vasarinių miežių biomasėje sumažėjo esmingai (3 lentelė).

Skystas biologinis preparatas Sapro Extract turėjo mažą įtaką kalcio ir magnio kiekiui vasarinių miežių biomasėje. SaproExtract 10 ir 20 l ha⁻¹ normos, kurios buvo įterptos į dirvą, esmingai sumažino geležies kiekį vasarinių miežių biomasėje, palyginus su netręštais vasariniais miežiais. Didinant SaproExtrac normą didėjo ir geležies kiekis vasarinių miežių biomasėje. Tarp visų tirtų SaproExtract normų nustatyti esmingi geležies kiekio skirtumai (3 lentelė).

SaproExtract normų, kurios buvo įterptos į dirvą, įtakoje didėjo dirvožemio pH rodiklio reikšmė, dirvožemis šarmėjo. Dirvožemio pH rodiklio reikšmę didino visos tirtos SaproExtract normos. Nupurškus ir į dirvožemį įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ SaproExtract, dirvožemio pH rodiklio reikšmė esmingai padidėjo, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais. Lyginant SaproExtract normas tarpusavyje, esmingų dirvožemio pH rodiklio reikšmių skirtumų nenustatyta. Skystas sapropelio biologinis preparatas SaproEkstract mažai įtakojo dirvožemio humuso, judriųjų fosforo ir kalio rodiklių reikšmes. Visos tirtos SaproExtract normos padidino bendro azoto kiekį dirvožemyje, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais. Nupurškus ir į dirvą įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ SaproExtract normas, bendro azoto kiekis dirvožemyje padidėjo esmingai, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais ir puršktais 10 l ha⁻¹ SaproExtract norma (4 lentelė).

2 lentelė. Skystų sapropelio biologinių preparatų SaproExtract, įterptų į dirvą, įtaka ekologiškai auginamiems vasariniams miežiams

Table 2. Influence of liquid sapropel biological preparations SaproExtract applied on organic spring barley

Variantai / Treatments	Žaliosios biomasės derlius, g iš vegetacinio indelio <i>Green biomass yield, g of vegetative dish</i>	Sausiosios biomasės derlius, g iš vegetacinio indelio <i>Dry biomass yield, g of vegetative dish</i>	Sausiosios medžiagos, % <i>Dry matter, %</i>
Netręšta / Not running	2,248	0,556	24,73
Į dirvą įterpta 10 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>10 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	3,258	0,696	21,36
Į dirvą įterpta 20 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>20 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	3,320	0,724	21,81
Į dirvą įterpta 30 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>30 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	3,394	0,764	22,51
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,0470	0,0230	0,4620

3 lentelė. Skystų sapropelio biologinių preparatų SaproExtract, įterptų į dirvą, įtaka ekologiškai auginamų vasarių miežių biomasės cheminei sudėčiai

Table 3. Influence of liquid sapropel biological preparations SaproExtract on the chemical composition of biomass of organically grown spring barley

Variantai / Treatments	N, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %	Fe, mg kg ⁻¹
Netręšta / Not running	5,86	1,06	6,40	2,19	0,40	439,60
Į dirvą įterpta 10 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>10 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	5,74	1,58	8,00	2,14	0,39	318,70
Į dirvą įterpta 20 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>20 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	5,98	1,59	8,15	2,18	0,38	357,90
Į dirvą įterpta 30 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>30 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	5,90	1,57	7,60	2,19	0,40	424,00
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,120	0,060	0,120	0,120	0,050	18,410

4 lentelė. Skystų sapropelio biologinių preparatų SaproExtract, įterptų į dirvą, įtaka dirvožemio agrocheminėms savybėms

Table 4. Influence of liquid sapropel biological preparations SaproExtract on soil agrochemical properties

Variantai / Treatments	pH	Humusas, % <i>Humus, %</i>	P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	K ₂ O, mg kg ⁻¹	Bendras azotas (N), % <i>Total nitrogen (N), %</i>
Netręšta / Not running	7,25	2,34	214,0	146,0	0,141
Į dirvą įterpta 10 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>10 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	7,35	2,35	213,5	147,0	0,150
Į dirvą įterpta 20 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>20 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	7,40	2,35	213,5	147,5	0,164
Į dirvą įterpta 30 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>30 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	7,45	2,34	213,5	146,5	0,172
R ₀₅ /LSD ₀₅	0,113	0,083	3,84	6,62	0,014

5 lentelė. Skystų sapropelio biologinių preparatų SaproExtract, įterptų į dirvą, įtaka dirvožemio fizikinėms savybėms

Table 5. Influence of liquid sapropel biological preparations SaproExtract on soil physical properties

Variantai / Treatments	Dirvožemio temperatūra, °C <i>Soil temperature, °C</i>	Dirvožemio drėgnis, % <i>Soil moisture, %</i>	Dirvožemio elektrinis laidis, mS m ⁻¹ <i>Electrical conductivity of soil, mS m⁻¹</i>
Netręšta / Not running	17,80	36,74	213,13
Į dirvą įterpta 10 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>10 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	17,83	35,32	187,00
Į dirvą įterpta 20 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>20 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	17,74	34,25	193,00
Į dirvą įterpta 30 l ha ⁻¹ SaproExtract <i>30 l ha⁻¹ SaproExtract has been added to the soil</i>	17,81	33,31	196,25
R ₀₅ /LSD ₀₅	0,094	1,724	14,136

SaproExtract neturėjo esminės įtakos dirvožemio temperatūros rodiklio reikšmei. Į dirvožemį įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ SaproExtract, esmingai sumažėjo dirvožemio drėgnis, palyginti su netręštais vasariniais miežiais. Lyginant

SaproExtract normas tarpusavyje, nustatyta, kad didėjant SaproExtract normai mažėjo dirvožemio drėgnio reikšmės. Į dirvožemį įterpus 30 l ha⁻¹ SaproExtract normą esminiai sumažėjo dirvožemio drėgnio reikšmė, palyginti su 10 l ha⁻¹

SaproExtract norma, bet esmingų skirtumų nenustatyta, palyginti su 20 l ha⁻¹ norma. SaproExtract esmingai mažino dirvožemio elektrinio laidžio reikšmes, palyginti su netręštais vasariniais miežiais. Didėjant SaproExtract normai mažėjo dirvožemio elektrinio laidžio reikšmės, bet esmingų elektrinio laidžio skirtumų tarp atskirų Sapro Extract normų nenustatyta (5 lentelė).

Išvados

1. Didinant skysto biologinio sapropelio preparato normai ekologiškų vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derlius didėjo ir didžiausias gautas į dirvą įterpus 30 l ha⁻¹ SaproExtract normą. Tarp visų tirtų SaproExtract normų nustatyti esmingi žaliosios ir sausosios biomasės derliaus skirtumai. Sausųjų medžiagų kiekis, priklausomai nuo SaproExtract normos, sumažėjo esminiai nuo 3,37 iki 2,24 proc. vnt.

2. Į dirvą įterptas skystas biologinis sapropelio preparatas turėjo esminę įtaką azoto, fosforo, kalio ir geležies, bet mažai įtakojė kalcio ir magnio kiekį vasarinių miežių biomasėje.

3. Nupurškus ir į dirvožemį įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ SaproExtract normas, dirvožemio pH rodiklio reikšmė esmingai padidėjo, palyginti su nepukštais vasariniais miežiais. SaproExtract mažai įtakojė dirvožemio humuso, judriųjų fosforo ir kalio rodiklių reikšmes. Nupurškus ir į dirvą įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ SaproExtract normas, bendro azoto kiekis dirvožemyje padidėjo esmingai, palyginti su nepukštais vasariniais miežiais ir purkštais 10 l ha⁻¹ SaproExtract norma.

4. Į dirvožemį įterpus 20 ir 30 l ha⁻¹ SaproExtract, esminiai sumažėjo dirvožemio drėgnis, palyginti su netręštais vasariniais miežiais. Sapro Extract esmingai

mažino dirvožemio elektrinio laidžio reikšmes, palyginti su netręštais vasariniais miežiais. SaproExtract neturėjo esminės įtakos dirvožemio temperatūros rodiklio reikšmei.

Literatūra

1. Bakšienė, E., Ciūnys, A. (2012). Dredging of lake and application of sapropel for improvement of light soil properties. Journal of environmental engineering and landscape management, 20(2), 97–103.
2. Bakšienė, E., Fullen, M.A., Booth, C.A. (2006). Agricultural soil properties and crop production on Lithuanian sandy and loamy Cambisols after the application of calcareous sapropel fertilizer. Archives in Agronomy and Soil Science, 52, 201–206.
3. Bakšienė, E., Janušienė, V. (2005). Ilgalaikiai karbonatinio sapropelio tyrimai paprastojo išplautžemio dirvožemyje. Žemdirbystė–Agriculture, 89, 3–17.
4. Ciūnys, A. (1997). Ežerų valymas ir sapropelio paruošimo technologijos. Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba, 1(4), 18–25.
5. Daux, V., Foucault, A., Melieres, F., Turpin, M. (2006). Sapropel-like pliocene sediments of Sicily deposited under oxygenated bottom water. Bulletin de la Societe geologique de France, 177(2), 79–88.
6. Hidenori, A., Sunao, K., Takao, N., Kazuo, I., Noriaki, K. (2003). Cleaning of Lakes and Marshes by Pulsed Power Produced Streamer Discharges in Water. Journal of Plasma and Fusion Research, 79(1), 26–30.
7. Katkevičius, L., Ciūnys, A., Bakšienė, E. (1998). Ežerų sapropelis žemės ūkiui. LZI.
8. Kershaw, A.P. (1997). A modification of the Troels-Smith system on sediment description and portrayal. Quaternary Australasia, 15, 63–68.
9. Pekarskas, J. (2008). Tręšimas ekologinės gamybos ūkiuose. Kaunas.
10. Tarakanovas, P., Raudonius, S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPULIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas.
11. Thomson, J., Croudace, I. W., Rothwell, R. G. (2006). A geochemical application of the ITRAX scanner to a sediment core containing eastern Mediterranean sapropel units. Geological Society, London, Special Publication, 267, 65–77.
12. Žvironaitė, J., Ciūnys, A., Gerdžiūnas, P. (2002). Ežerų valymo produkto – sapropelio panaudojimo galimybių tyrimai. Aplinkos inžinerija, 10(4), 168–175.

Juozas Pekarskas

Influence of Sapropel Liquid Biological Preparations Applied to Soil on Organically Grown Agricultural Plants and Soil Properties

Summary

Vegetation studies of the effect of the liquid biological sapropel preparation applied to the soil on organically grown spring barley were performed at the Ecosystem Laboratory of the Department of Environment and Ecology of the Faculty of Forests and Ecology of the Vytautas Magnus University, Faculty of Forests and Ecology in 2021–2022. Significant differences in green and dry biomass yields were found between all SaproExtract rates tested. The dry matter content, depending on the SaproExtract rate, decreased significantly from 3.37 to 2.24 percent. The liquid biological preparation of sapropel added to the soil had a significant effect on nitrogen, phosphorus, potassium and iron, but had little effect on the calcium and magnesium content of spring barley biomass. After spraying and adding 20 and 30 l ha⁻¹ SaproExtract rates to the soil, the value of the soil pH value increased significantly and the soil became alkaline. SaproExtract had little effect on the values of soil humus, mobile phosphorus and potassium. After application and application of 20 and 30 l ha⁻¹ SaproExtract rates to the soil, the total nitrogen content in the soil increased significantly compared to the 10 l ha⁻¹ SaproExtract rate of undiluted spring barley and sprayed. The application of 20 and 30 l ha⁻¹ SaproExtract to the soil significantly reduced the soil moisture compared to the unfertilized spring barley. SaproExtract significantly reduced the electrical conductivity of the soil, but, had no significant effect on the value of the soil temperature index.

Sapropel, biological preparations, soil, spring barley

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Juozas PEKARSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Agroekologijos centro vadovas, biomedicinos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 671) 03749, el. paštas: juozas.pekarskas@vdu.lt.

Juozas PEKARSKAS. Head of the Agroecology Center, Department of Environment and Ecology, Faculty of Forests and Ecology, Academy of Agriculture, Vytautas Magnus University, Doctor of Biomedical Sciences, Associate Professor. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Academy, Kaunas district. Ph. (8 671) 03749, e-mail: juozas.pekarskas@vdu.lt.

Environment Impact on Intensity of Photosynthesis of Different Crops of Organic Farming

Ligita Baležientienė

Vytautas Magnus University

Photosynthesis is a complex process, which responds to many environmental parameters (light intensity, temperature, moisture, etc.). Photosynthesis intensity highly responds to environmental conditions of habitat or agroecosystems. Crop growth, development and biomass accumulation remain significantly impacted by the process of photosynthesis and environments. Therefore, the aim of this research was to evaluate crops' photosynthetic capacity in agroenvironmental conditions of organic farming.

Correlation between meteorological and soil conditions confirmed their impact on C assimilation, and thus abiotic environment might improve crop limits for further increase in the productivity of crops. Air and soil temperature have revealed the main driving force for the growth of photosynthesis intensity as firmed by correlation. Accordingly, an increase in ambient temperature resulted in enhance of photosynthesis intensity. Consequently, the rise of C assimilation of organic agroecosystems should expected under global climate warming.

C assimilation, abiotic conditions, organic farming

Introduction

Plants absorb solar radiation mainly as energy for the CO₂ assimilation that sets up an essential integrated functional system (Woelfenden et al., 2018). Photosynthesis is the most dominant process, which converts absorbed sunlight into the chemical free energy that feeds the Earth's biosphere. Some author referred that only near 55% of solar radiation wavelengths can employed by photo assimilation of CO₂, which reduce the light efficiency to about 18% (Kleidon, 2021). Comparing to the marine, the terrestrial biosphere takes up more than twice as much (123×10^{15} g of carbon per year, yet over much less surface area (Ciais et al., 2013). Green plants converted solar energy to sugars with a median efficiency of 0.77% that transmitted from green leaves to perform the greatly susceptible processes of growth, development, and ripening. Therefore, the plant growth and development are significantly depended on the photosynthesis effectivity. Moreover, photosynthesis provides the energy required for the formation of biomass in crops yield. The evaluations of photosynthesis is essential for understanding vegetation and crop role in climate change, and carbon cycling (Smith et al., 2013).

After the ecological perspective, two antagonistic processes, i.e. photosynthesis and respiration, compose carbon cycling between atmosphere and plants. Therefore, photosynthesis consideration has mainly focussed on the income of biochemical energy convinced by light energy and indicating the photosynthetic efficiency related to

consumed water, and O₂ content. Photosynthesis is a complex process, which responds to many environmental factors (light intensity, temperature, moisture, etc.). For that reason, photosynthesis intensity highly responded to environmental conditions of habitat or agroecosystems. Crop growth, development and biomass accumulation remained significantly affected by the process of photosynthesis and environments. Therefore, the aim of this research was to evaluate crops' photosynthetic capacity in agroenvironmental conditions of organic farming.

Materials and Methods

Study site and experimental design. The measurements conducted at the Training Farm of Agriculture Academy, Vytautas Magnus University, during vegetation period (Fig. 1). Crops' soil – *Hapli-Epihypogleyic Luvisol, LVg-p-w-ha* (FAO, 2015). The site is located in 5-6 hardness zone (Peel et al., 2007) of temperate climate (C) with moderate warm summer and moderate cold winter. Mean annual temperature ranges between 5.5-7.5°C with annual precipitation of 670 mm. Total solar radiation inflow amounts 3600 MJ m⁻² in Lithuania. Meteorological data (air temperature and precipitation) obtained from Kaunas meteorology Station, which situated nearby study site.

Measurement object. The ley mixture of 50% red clover (*Trifolium pratense* L.) 'Start' and 50% timothy (*Phleum pratense*) 'Jumis' was undersown in the barley. Oat 'KWS

Table 1. Trial design
1 lentelė. Bandyto schema

Management type	Rotational crop	Fertilizing	Soil classification	Location
Organic farming (certificated by Public organisation EkoAgros)	Ley 1yr. Oat+peas mixture Winter wheat Barley (+ ley undercrop)	Organic cattle manure 40 t ha ⁻¹	<i>Hapli-Epihypogleyic Luvisol (LVg-p-w-ha)</i>	54°52'28"N 23°51'52"E

Contender' (170 kg ha⁻¹) and pea (*Pisum sativum*) 'Kiblukai' (50 kg ha⁻¹) mixture. A 2-cut system was applied in ley agroecosystem. Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. *Širvinta 1* has grown in rotation fields of organic farming (OF). or the evaluation of the crop' photosynthetic intensity

(C, μmol m⁻² s⁻¹) determined in sites of linear transects oriented in the N-S direction in the fields, at a distance of 20 to 25 m from the edge to avoid the margin effect. The measurement plots in six replications installed for each rotational crop.

Statistical analysis. For C exchange evaluation in 2016–2017, the standard deviation of mean values of bioparameters (LAI, SLA, FM, DM), were determined with standard error (mean $\pm$ SE) for crops of organic farming, namely ley, winter wheat, oat+vetch and barley. One-way ANOVA analysis applied for evaluation of the quantitative data of conventional agroecosystems. The correlation between biometric parameters and environmental conditions, was determined by correlation coefficient r . Data were evaluated at probability level $p < 0.05$ by programme package STATISTICA.

Results and Discussion

Quantifying photosynthesis intensity of organic agroecosystems required understanding the coupled and non-linear biophysical processes that spanned in space and time due to changing environmental conditions (Fig.1). The minimal photosynthesis of $7.06\text{--}7.991 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ occurred in organic crops during spring season. Intensity of crops'

photosynthesis was maximal and ranged between 13.281 and $15.947 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in summer period and decreased to $3.803 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in autumn. Consistent to Stocker et al. (2018), declined environmental conditions and defoliation determined the reduction of photosynthesis activity in the end of vegetation period at plant maturity stages.

Comparing capacity of photosynthesis, significantly the highest C assimilation of $11.639 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p=0.04$) was of ley between organic crops. Early vegetation and 2-cut system applied for ley maintained constantly green and physiological active leaves of perennial grasses in ley agroecosystem. Not only environmental conditions, but also crop species and their growth intensity have determined by C assimilation throughout vegetation period. Therefore, mean photosynthesis activity of ley overcame wheat, barley and oat-vetch photosynthesis by 20%, 27%, 32%, respectively. Therefore, ley along with natural communities of perennial grasses covering near 40% of terrestrial land compose a significant role in C cycling at a global scale (Sellers et al., 2018).

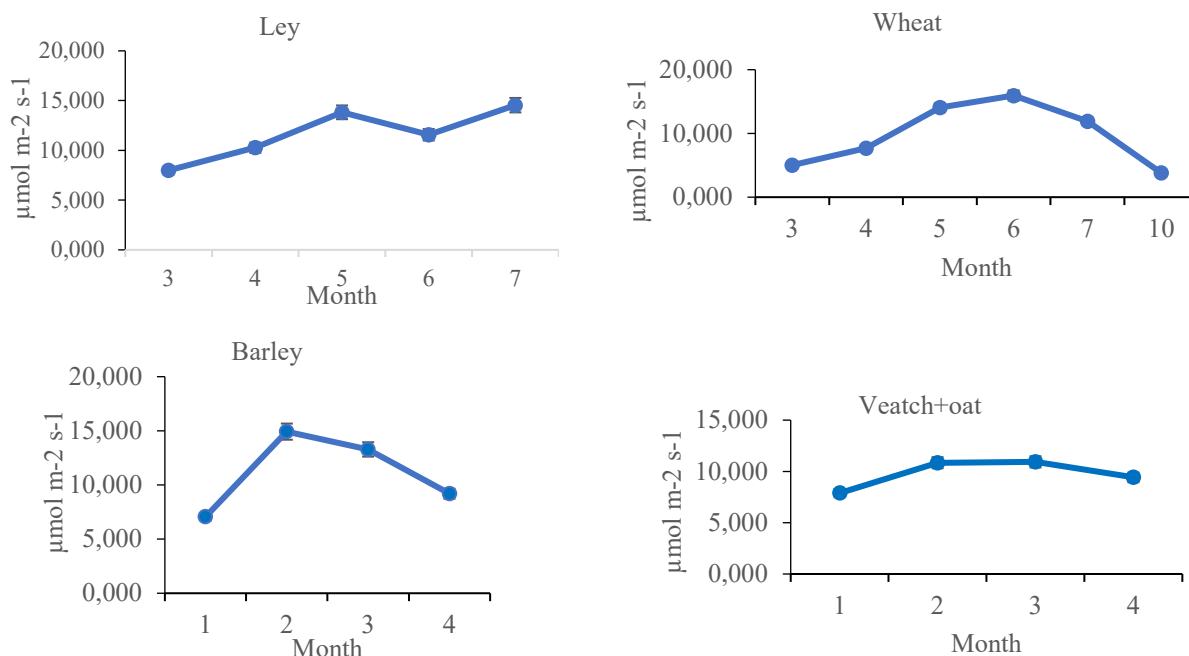


Fig. 1. Mean activity of photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) of organic crops during growth period
1 pav. Vidutinis fotosintezės aktyvumas ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ekologiniuose pasėliuose augimo metu

Many researches pointed out the influence of abiotic conditions on photosynthesis (Woelfenden et al., 2018; Ciais et al., 2013). Air and soil temperature reveal the highest impact on C assimilation. Increasing ambient temperature maintained the initiation of physiological processes in the beginning of vegetation period and exhibited positive correlation with photosynthesis during growth period. While negative correlation between precipitation and photosynthesis has revealed due to cloudy conditions during rainy period. The conclusions of light and precipitation effect are widely documented by previous publications, which generalized that adequate soil moisture maintained the efficient light utilization and high photosynthetic rates in crops agroecosystems (Guoyu et al., 2016). Moreover, higher temperatures lead to change of

other environment parameters, i.e. the decline of soil moisture due to increased evaporation.

Abiotic soil parameters showed different impact on C assimilation intensity due to their various effect. Significant positive correlation between photosynthesis and soil temperature has determined ($r=0.3\text{--}0.7$; $p=0.01\text{--}0.04$). Therefore, soil temperature could result in improved C assimilation intensity.

Among other points of significance, soil moisture has negative impact on C assimilation parameter possibly due to anaerobic conditions formation, particularly in autumn ($r=-0.1\text{--}0.6$, $p=0.02\text{--}0.04$). Soil electrical conductivity as a driving force for the C assimilation intensity indicated soluble ion content sufficient for plant nutrient supply and showed negative impact ($r=-(0.2\text{--}0.4)$, $p=0.02\text{--}0.07$) species

photosynthetic capacity in all tested crop agroecosystems. Nonetheless, temperature exhibited positive impact on electrical conductivity increase.

Conclusion

Correlation between meteorological and soil conditions confirmed their impact on C assimilation, and thus might improve crop limits for further increase in the productivity of crops is expected to be. Air and soil temperature have revealed the main driving force for the growth of photosynthesis intensity as firmed by determined correlation. Accordingly to this result, an increase in ambient temperature resulted in enhance of photosynthesis intensity. Consequently, the rise of C assimilation of organic agroecosystems should expected under global climate warming.

References

1. Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Le Quéré, C., Myneni, R. B., Piao, S., Thornton, P.. (2013). Carbon and other biogeochemical cycles, in: T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
2. FAO. (2015). *World reference base for soil resources 2014, Update 2015*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2015.
3. Guoyu, X., Qiang, Z., Fengju, Z., Fei, M., Jing, W. et al. (2016). Warming influences the yield and water use efficiency of winter wheat in the semiarid regions of Northwest China. *Field Crops Research* 199:129–135.
4. Kleidon, A. (2021). What limits photosynthesis? Identifying the thermodynamic constraints of the terrestrial biosphere within the Earth system. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA), Bioenergetics*. 1862(1): 148303.
5. Sellers, P. J., Schimel, D. S., Moore, B., Liu, J., Eldering, A. (2018). Observing carbon cycle–climate feedbacks from space. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 115, 7860–7868.
6. Smith, W. K., Berry, Z. C. (2013). Sunflecks? *Tree Physiol.* 33, 233–237.
7. Stocker, B. D., Zscheischler, J., Keenan, T. F., Prentice, I. C., Peñuelas, J., Seneviratne, S. I., 2018. Quantifying soil moisture impacts on light use efficiency across biomes. *New Phytol.* 218, 1430–1449.
8. Woolfenden H. C., Baillie A. L., Gray J. E., Hobbs J. K., Fleming A. J. (2018). Models and Mechanisms of Stomatal Mechanics. *Trends in Plant Science*, 23(9):822-832.

Ligita Baležentienė

Aplinkos poveikis fotosintezės intensyvumui skirtinguose ekologinės žemdirbystės pasėliuose

Santrauka

Fotosintezė, kaip kompleksinis procesas, priklauso nuo daugelio aplinkos parametrų (šviesos intensyvumo, temperatūros, drėgmės ir kt.). Fotosintezės intensyvumas reaguoja į buveinės ar agroekosistemos aplinkos sąlygas. Augalų augimas, vystymasis ir biomasės kaupimas ženkliai priklauso nuo fotosintezės ir aplinkos. Todėl šio tyrimo tikslas buvo įvertinti augalų fotosintezės pajėgumą ekologinės agroaplinkos sąlygomis.

Koreliacija tarp meteorologinių ir dirvožemio sąlygų patvirtino jų poveikį C asimiliavimui, ir todėl abiotinė aplinka gali pagerinti augalų C asimiliavimo ribas tolesniam jų produktyvumo didėjimui. Oro ir dirvožemio temperatūra buvo nustatyta svarbiausias fotosintezės didėjimo veiksnys kaip patvirtino nustatyta koreliacija. Atitinkamai aplinkos temperatūra lėmė fotosintezės intensyvumo padidėjimą. Todėl tikėtina, kad galimas C asimiliavimo augimas ekologinės žemdirbystės agroekosistemose globaliai šiltėjant klimatui.

C asimiliavimas, abiotinės sąlygos, ekologinė žemdirbystė

Received in March, 2022, submitted to printing in April, 2022

Ligita BALEŽENTIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Environment and Ecology, doctor of biology sciences, prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Lithuania. Tel (+370 37) 78 81 28, e-mail: ligita.balezentiene@vdu.lt

Ligita BALEŽENTIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros biologijos mokslų daktaras, vyr. m. d. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361, Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 78 81 28, el. paštas: ligita.balezentiene@vdu.lt

Skystų biologinių sapropelio preparatų, purškiamų per lapus, įtaka ekologiškai auginamiems žemės ūkio augalams

Juozas Pekarskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Skysto biologinio sapropelio preparato, purškiamo per lapus, įtakos ekologiškai auginamiems vasariniams miežiams vegetaciniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Ekosistemų laboratorijoje 2021–2022 m. Skystas biologinis preparatas, pagamintas iš Lietuvoje išgaunamo sapropelio, esminiai padidino ekologiškų vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derlių, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais, o saujų medžiagų kiekiui esminės įtakos neturėjo. Nupurškus 3 l ha^{-1} norma azoto kiekis, palyginti su 1 l ha^{-1} , vasarinių miežių biomasėje padidėjo esmingai, o kalio, kalcio ir magnio padidėjimas buvo nežymus. Nupurškus 3 l ha^{-1} SaproExtract norma fosforo kiekis biomasėje sumažėjo esmingai, tiek lyginant su nepuršktais, tiek puršktais 1 l ha^{-1} vasariniais miežiais. SaproExtract esmingai mažino geležies kiekį. Biologinis sapropelio preparatas SaproExtract neturėjo esminės įtakos dirvožemio agrocheminių ir fizikinių savybių rodiklių reikšmėms.

Ekologinis ūkininkavimas, sapropelis, biologinis preparatas, vasariniai miežiai, purškimas per lapus

Įvadas

Lietuvoje yra 2850 ežerų, didesnių nei $0,50 \text{ ha}$, ir 3358 mažesnių nei $0,50 \text{ ha}$. Bendras jų plotas siekia 91368 ha . Sapropelis yra biologinių procesų medžiaga, susiformavusi ežerų dugne per tūkstantmečius nuo paskutinio apledėjimo, jis turi koloidinę drebučio pavidalo struktūrą, labai sunkiai sausėja (Valiukevičius, 1997; Tripolskaja, 2005).

Sapropelio nuosėdos vandens telkiniuose atsirado po ledyno atsitraukimo. Pabaltijyje šalyse tai įvyko prieš 12–15 tūkstančių metų. Intensyvus sapropelio formavimasis šiame regione vyko holocene, ir todėl tai ne tik vertingas gamtos išteklius, bet ir materialus įrodymas praeities klimato kaitos tyrimams (Ozola et al., 2010; Grimm et al., 2011; Stankevica et al., 2015).

Tręšimas sapropeliu praturtina dirvą organinėmis medžiagomis, gerina dirvožemio struktūrą, fizikines savybes ir sumažina eroziją. Sapropelio veiksmingumas ypač padidėja kompostuojant jį su mėšlu, dėl ko padaugėja mikroorganizmų populiacijų ir maistinių medžiagų (Salina et al., 2001). Ilgalais sapropelio naudojimas padidino pasėlių produktyvumą, beveik tokiu pat efektyvumu kaip ir mėšlas (Booth et al., 2007).

Kita sapropelio panaudojimo sritis yra skystų sapropelio trąšų ir sapropelio ekstraktų, kurių sudėtyje yra biologiškai aktyvių medžiagų gamyba. Sapropelio ekstraktus ir jų mišinius, kuriuose gausu huminių medžiagų, galima pagaminti įvairiomis technologijomis. Atkilti tyrimai parodė jų efektyvumą įvairiems žemės ūkio augalams (Diskovska et al., 2011; Ferdman et al., 2011; Brunere et al., 2014; Stankevica et al., 2016).

Tyrimų tikslas – ištirti skystų sapropelio biologinių preparatų, purškiamų per lapus, įtaką ekologiškai auginamiems vasariniams miežiams.

Tyrimų metodika

Skysto biologinio preparato SaproExtract, purškiamo per lapus, įtakos vasariniams miežiams vegetaciniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Ekosistemų laboratorijoje 2021 m. gruodžio – 2022 m. sausio mėnesiais.

Vegetacinių bandymų atlikimui buvo panaudoti Mitčerlich tipo vegetaciniai indai – plastmasiniai vazonai su skylutėmis dugne ir lėkštele po jais. Vegetacinių indų skersmuo $18,0 \text{ cm}$, aukštis – 16 cm . Tyrimai atlikti penkiais pakartojimais. Tyrimai vykdyti su vasarinių miežių 'KWS Atrika' veislės augalais.

Sapropelis, kuris buvo naudojamas skystų biologinių preparatų gamyboje gautas iš UAB „Alių durpynas“. Skystas biologinis preparatas pagamintas UAB „Biodinamika“, tam panaudojant turimą inovatyvę įrangą ir technologiją. SaproExtract galima naudoti ekologinėje žemdirbystės sistemoje.

Vegetacinių tyrimų atlikimui buvo panaudotas dirvožemis, kuris buvo paimtas iš Kauno rajono Ringaudų seniūnijos Kalniškių kaime esančio VŠĮ „ASU mokomojo ūkio“ ekologinės gamybos ūkio apsauginės juostos juodojo pūdymo lauko. Vidutinio sunkumo priemolio dirvožemis buvo šarmiškas ($\text{pH} = 7,25$), vidutinio humusingumo ($2,34 \%$) ir kalingumo ($146,0 \text{ mg kg}^{-1}$), didelio fosforingo (214 mg kg^{-1}), bendro azoto rasta $0,120 \%$.

Tyrimai atlikti su skystu biologiniu preparatu SaproExtract. Jo cheminė sudėtis ištirta akredituotoje Latvijos sertifikavimo centro Latser laboratorijoje ten naudojamais tyrimo metodais 2020 m. (1 lentelė). Bandymų schema: 1) nepurškta biologiniu preparatu SaproExtract; 2) purškta biologiniu preparatu SaproExtract $1+1 \text{ l ha}^{-1}$ norma; 3) purškta biologiniu preparatu SaproExtract $3+3 \text{ l ha}^{-1}$ norma.

Vienam vegetaciniam indeliui užpildyti buvo panaudota $2,00 \text{ kg}$ ($1,50 \text{ l}$) vidutinio sunkumo priemolio dirvožemio, kuris buvo persijotas per 4 mm sieta. Į vegetacinį indelį buvo įpilama $1,25 \text{ l}$ priemolio dirvožemio, dirvožemis sudrėkinamas 250 ml vandens, pasėjamos vasarinių miežių sėklos (po 35 vnt.), ant pasėtų sėklų užpilamas 250 ml ($0,30 \text{ kg}$) dirvožemio sluoksnis, kuris sudrėkinamas vandeniu jį išpurškiant. Vasarinių miežių sėklos buvo įterpiamos $2\text{--}3 \text{ cm}$ gylyje.

Vegetaciniai indeliai sudėti ant stalo (stelažo). Laboratorija buvo apšviečiama natūralios dienos šviesa ir dienos šviesos lempomis bei šildoma. Patalpos temperatūra $18\text{--}20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Tyrimų metu augantys vasarinių miežių augalai buvo laistomi pagal poreikį vandentiekio vandeniu.

1 lentelė. Skysto biologinio preparato SaproExtract cheminė sudėtis**Table 1.** Chemical composition of SaproExtract liquid biological preparation

Rodiklis / Parameter	Reikšmė Result
Natūrali medžiaga / Natural material	
pH	11,60
Tūrinė masė, g l ⁻¹ / Bulk density	993
Sausųjų medžiagų kiekis, % / Dry matter	3,80
Organinių medžiagų kiekis, % Organic matter content	2,70
Bendras huminių rūgščių kiekis, % Total humic acids	1,30
Bendras organinės anglies kiekis, % Total organic carbon	1,40
Bendras azoto (N) kiekis, % / Total nitrogen (N)	0,10
Bendras fosforo (P ₂ O ₅) kiekis, % Total phosphorus (P ₂ O ₅)	<0,02
Bendras kalio (K ₂ O) kiekis, % Total potassium (K ₂ O)	0,60
Mg, mg kg ⁻¹	65,00
Fe, mg kg ⁻¹	179,00
B, mg kg ⁻¹	6,00
Mo, mg kg ⁻¹	<2,00
Co, mg kg ⁻¹	<2,00
Mn, mg kg ⁻¹	<2,00
Zn, mg kg ⁻¹	5,00
Cu, mg kg ⁻¹	<2,00
Ni, mg kg ⁻¹	<2,00
Pb, mg kg ⁻¹	<2,00
Cr (VI), mg kg ⁻¹	<0,50
Sausoji medžiaga / Dry matter	
Organinių medžiagų kiekis, % Organic matter content	69,70
Bendras organinės anglies kiekis, % Total organic carbon	34,90
Bendras huminių rūgščių kiekis, % Total humic acids	34,20

Išaugę vasarinių miežių augalai su žirklėmis iš vegetacinių indelių buvo nupjauti ir pasverti. Žaliosios masės ėminiai Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje termostate (+40°C) išdžiovinti. Išdžiovinti augalai pasverti. Išdžiovintų augalų biomasės cheminė sudėtis ištirta LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje ten naudojamais metodais.

Po vasarinių miežių augalų žaliosios biomasės derliaus nuėmimo, praėjus 24 valandoms, visuose vegetaciniuose induose su dirvožemio ėminiais buvo išmatuotos dirvožemio fizikinių savybių rodiklių vertės (dirvožemio drėgnis, dirvožemio temperatūra ir dirvožemio elektrinis laidis). Viename indelyje buvo atlikti ne mažiau nei keturi šių savybių matavimai. Laike šie tyrimai kartoti ne mažiau nei tris kartus. Matavimai atlikti su matuokliu *Delta-T HH2*. Po to buvo paimti dirvožemio ėminiai dirvožemio agrocheminių savybių tyrimui. Iš vieno tyrimo varianto paimti du dirvožemio ėminiai. Dirvožemio agrocheminių savybių rodiklių reikšmės nustatytos LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje ten naudojamais tyrimo metodais.

Tyrimų duomenys matematiškai apdoroti dispersinės analizės metodu programa ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

Rezultatai ir aptarimas

Skystas biologinis preparatas, pagamintas iš Lietuvoje išgaunamo sapropelio, esminiai 0,286–0,400 g arba 13,04–18,23 proc. padidino vasarinių miežių žaliosios biomasės derlių bei 0,060–0,090 g arba 11,28–16,92 proc. esminiai padidėjo ir sausosios biomasės derlių, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais. Nupurškus SaproExtract 3 l ha⁻¹ norma, palyginti su 1 l ha⁻¹ norma, žaliosios ir sausosios biomasės derlingumas padidėjo esmingai 0,114 ir 0,030 g. Biologinis sapropelio preparatas mažino sausųjų medžiagų kiekį vasarinių miežių biomasėje, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais, bet šis sumažėjimas nebuvo esminis. Nustatyta tiks sausųjų medžiagų sumažėjimo tendencija (2 lentelė).

Purškiant skystu biologiniu sapropelio preparatu vasarinių miežių biomasėje padidėjo azoto ir kalio, bet sumažėjo fosforo. Nupurškus 3 l ha⁻¹ norma azoto kiekis, palyginti su 1 l ha⁻¹ norma, vasarinių miežių biomasėje padidėjo esmingai 0,08 proc.vnt. Kalio padidėjimas vasarinių miežių biomasėje buvo neesminis, nustatyta tik kalio kiekio vasarinių miežių biomasėje padidėjimo tendencija. Nupurškus 3 l ha⁻¹ SaproExtract norma fosforo kiekis biomasėje sumažėjo esmingai, tiek lyginant su nepuršktais, tiek puršktais 1 l ha⁻¹ vasariniais miežiais (3 lentelė).

Skystas biologinis sapropelio preparatas SaproExtract didino kalcio ir magnio kiekį vasarinių miežių biomasėje, bet mažino geležies kiekį. Kalcio ir magnio kiekio padidėjimas buvo neesminis, nustatyta tik kalcio ir magnio kiekio vasarinių miežių biomasėje didėjimo tendencija. SaproExtract esmingai mažino geležies kiekį vasarinių miežių biomasėje. Palyginus purškimą 1 ir 3 l ha⁻¹ normomis tarpusavyje, nustatyta, kad nupurškus didesne 3 l ha⁻¹ norma geležies kiekis vasarinių miežių biomasėje sumažėjo, bet šis sumažėjimas nebuvo esminis, nustatyta tik geležies kiekio sumažėjimo tendencija (3 lentelė).

Tiriant skysto biologinio sapropelio preparato Sapro-Extract normų įtaką tiriamo dirvožemio agrocheminėms savybėms, nustatyta, kad vasarinių miežių purškimas turėjo menką įtaką dirvožemio agrocheminių rodiklių reikšmėms. SaproExtract neturėjo esmingos įtakos dirvožemio pH, humuso, judriųjų fosforo ir kalio bei bendro azoto kiekiui dirvožemyje (4 lentelė).

Biologinis preparatas SaproExtract neturėjo esminės įtakos dirvožemio fizikinių savybių rodiklių reikšmėms. Jų įtakoje nežymiai sumažėjo dirvožemio temperatūra, bet nežymiai padidėjo tiriamajame dirvožemyje dirvožemio elektrinio laidžio rodiklių reikšmės (5 lentelė).

1 lentelė. Skystų sapropelio biologinių preparatų SaproExtract, purškiamų per lapus, įtaka ekologiškai auginamiems vasariniams miežiams

Table 1. Effect of liquid sapropel biological preparations SaproExtract sprayed on leaves on organically grown spring barley

Variantai / Treatments	Žaliosios biomasės derlius, g iš vegetacinio indelio Green biomass yield, g of vegetative dish	Sausosios biomasės derlius, g iš vegetacinio indelio Dry biomass yield, g of vegetative dish	Sausosios medžiagos, % Dry matter, %
Nepurkšta SaproExtract Do not spray SaproExtract	2,194	0,532	24,25
Purkšta SaproExtract 1+1 l ha ⁻¹ Spray SaproExtract 1+1 l ha ⁻¹	2,480	0,592	23,87
Purkšta SaproExtract 3+3 l ha ⁻¹ Spray SaproExtract 3+3 l ha ⁻¹	2,594	0,622	23,98
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,0450	0,0300	1,135

2 lentelė. Skystų sapropelio biologinių preparatų SaproExtract, purškiamų per lapus, įtaka ekologiškai auginamų vasarių miežių biomasės cheminei sudėčiai

Table 2. Influence of liquid sapropel biological preparations SaproExtract sprayed on leaves on the chemical composition of biomass of organically grown spring barley

Variantai / Treatments	N, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %	Fe, mg kg ⁻¹
Nepurkšta SaproExtract Do not spray SaproExtract	5,86	1,06	6,40	2,19	0,40	439,60
Purkšta SaproExtract 1+1 l ha ⁻¹ Spray SaproExtract 1+1 l ha ⁻¹	6,08	1,02	6,50	2,27	0,43	369,00
Purkšta SaproExtract 3+3 l ha ⁻¹ Spray SaproExtract 3+3 l ha ⁻¹	6,16	0,85	6,52	2,29	0,44	339,30
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,070	0,080	0,140	0,110	0,060	31,210

3 lentelė. Skystų sapropelio biologinių preparatų SaproExtract, purškiamų per lapus, įtaka dirvožemio agrocheminėms savybėms

Table 3. Influence of liquid sapropel biological preparations SaproExtract sprayed on leaves on soil agrochemical properties

Variantai / Treatments	pH	Humusas, % Humus, %	P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	K ₂ O, mg kg ⁻¹	Bendras azotas (N), % Total nitrogen (N), %
Nepurkšta SaproExtract Do not spray SaproExtract	7,25	2,34	214,0	146,0	0,141
Purkšta SaproExtract 1+1 l ha ⁻¹ Spray SaproExtract 1+1 l ha ⁻¹	7,26	2,35	213,5	147,0	0,142
Purkšta SaproExtract 3+3 l ha ⁻¹ Spray SaproExtract 3+3 l ha ⁻¹	7,26	2,34	213,5	146,5	0,143
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,121	0,091	4,12	5,34	0,0180

4 lentelė. Skystų sapropelio biologinių preparatų SaproExtract, purškiamų per lapus, įtaka dirvožemio fizikinėms savybėms

Table 4. Influence of liquid sapropel biological preparations SaproExtract sprayed on leaves on soil physical properties

Variantai / Treatments	Dirvožemio temperatūra, °C Soil temperature, °C	Dirvožemio drėgnis, % Soil moisture, %	Dirvožemio elektrinis laidis, mS m ⁻¹ Electrical conductivity of soil, mS m ⁻¹
Nepurkšta SaproExtract Do not spray SaproExtract	17,80	36,74	213,13
Purkšta SaproExtract 1+1 l ha ⁻¹ Spray SaproExtract 1+1 l ha ⁻¹	17,64	35,81	219,50
Purkšta SaproExtract 3+3 l ha ⁻¹ Spray SaproExtract 3+3 l ha ⁻¹	17,61	36,64	215,38
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,231	1,926	11,007

Išvados

1. Skystas biologinis preparatas, pagamintas iš Lietuvoje išgaunamo sapropelio, esmingai padidino vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derlių, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais, o saujų medžiagų kiekiui vasarinių miežių biomasėje esmingos įtakos neturėjo.

Nupurškus SaproEkstrakt 3 l ha⁻¹ norma, palyginti su 1 l ha⁻¹ norma, žaliosios ir sausosios biomasės derlingumas padidėjo esmingai.

2. Purškiant skystu biologiniu sapropelio preparatu vasarinių miežių biomasėje padidėjo azoto, kalio, kalcio ir magnio, bet sumažėjo fosforo ir geležies. Nupurškus 3 l ha⁻¹ norma azoto kiekis, palyginti su 1 l ha⁻¹ norma, vasarinių

miežių biomasėje padidėjo esmingai, o kalio, kalcio ir magnio padidėjimas vasarinių miežių biomasėje buvo neesminis. Nupurškus 3 l ha^{-1} SaproExtract norma fosforo kiekis biomasėje sumažėjo esmingai, tiek lyginant su nepuršktais, tiek puršktais 1 l ha^{-1} vasariniais miežiais. SaproExtract esmingai mažino geležies kiekį vasarinių miežių biomasėje.

3. Biologinis sapropelio preparatas SaproExtract neturėjo esminės įtakos dirvožemio agrocheminių ir fizikinių savybių rodikliams.

Literatūra

- Booth, C. A., Baksienė, E., Fullen, M. A., Ciunys A. (2007). Long-term agrochemical dynamics: engineering, application and challenges of calcareous sapropel as a soil fertilizer. *International Journal of Ecodynamics*, 2(2), 108–116.
- Bunere, S., Stankeviča, K., Klavins, M. (2014). Effects of sapropel on the growth of radish (*Raphanus sativus* L.). The 56th International Scientific Conference of Daugavpils University, Saule, Daugzvpils, 16–24.
- Diskovska, T. P., Merlenko, I. M., Havryliuk, V. A., Melnychuk, E. V. (2011). Process for the production of pastelike fertilizer from sapropel by the dispergation method. UA patent 58139.
- Ferdman, V. M., Gabbasova, I. M., Garipov, T. T., Sagitov, I. O., Tomilova, A. A. (2011). Method of producing water-soluble humic acids. RU patent 2463282.
- Grimm, E. C., Donovan, J. J., Brown, K. J. (2011). A high-resolution record of climate variability and landscape response from Kettle Lake, northern Great Plains, North America. *Quaternary Science Reviews*, 30(20), 2626–2650.
- Ozola, I., Ceriņa, A., Kalniņa, L. (2010). Reconstruction of palaeovegetation and sedimentation conditions in the area of ancient Lake Burtnieks, northern Latvia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 59(2), 164–179.
- Salina, O., Repeckienė, J., Lugauskas, A., Baksienė, E. (2001). Variation of micro-organisms in Hapli-albic Arenosols fertilized with sapropel of various chemical composition. *Agriculture – Scientific Article*, (76), 87–102.
- Stankeviča, K., Kalnina, L., Klavins, M., Cerina, A., Ustupe, L., Kaup, E. (2015). Reconstruction of the Holocene palaeoenvironmental conditions accordingly to the 947 multiproxy sedimentary records from Lake Pilvelis, Latvia. *Quaternary International*, 386, 102–115.
- Stankeviča K., Z. Vincevica-Gaile, Z., Klavins, M. (2016). Freshwater sapropel (gyttja): its description, properties and opportunities of use in contemporary agriculture. *Agronomy Research*, 14(3), 929–947.
- Tarakanovas, P., Raudonius, S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPULIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademijs: Lietuvos žemės ūkio universitetas.
- Tripolskaja, L. (2005). Organinės trąšos ir jų poveikis aplinkai. Monografija. Lietuvos žemdirbystės institutas.
- Valiukevičius, G. (1997). Mažųjų ežerų ištekliai ir problemos. Vandens telkinių būklė ir gerinimo būdai: straipsnių rinkinys. Kaunas-Akademijs, 16–19.

Juozas Pekarskas

Influence of Liquid Sapropel Preparations Sprayed Through Leaves on Organically Grown Agricultural Plants

Summary

Vegetation studies of the effect of a liquid biological sapropel preparation sprayed through leaves on organically grown spring barley were performed at the Ecosystem Laboratory of the Department of Environment and Ecology, Faculty of Forests and Ecology, Vytautas Magnus University, Faculty of Forestry and Ecology in 2021–2022. The liquid biological preparation made from sapropel extracted in Lithuania significantly increased the yield of organic spring barley green and dry biomass compared to non-sprayed spring barley, and did not significantly affect the amount of bitter substances. After spraying at the rate of 3 l ha^{-1} , the nitrogen content in spring barley biomass increased significantly compared to 1 l ha^{-1} , while the increase in potassium, calcium and magnesium was insignificant. Spraying 3 l ha^{-1} SaproExtract significantly reduced the phosphorus content in the biomass compared to unsprayed and sprayed 1 l ha^{-1} spring barley. SaproExtract significantly reduced iron levels. The biological sapropel preparation SaproExtract did not significantly affect the values of soil agrochemical and physical properties.

Organic farming, sapropel, biological preparation, spring barley, foliar spraying

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Juozas PEKARSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Agroekologijos centro vadovas, biomedicinos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademijs, Kauno r. Tel. (8 671) 03749, el. paštas: juozas.pekarskas@vdu.lt.

Juozas PEKARSKAS. Head of the Agroecology Center, Department of Environment and Ecology, Faculty of Forests and Ecology, Academy of Agriculture, Vytautas Magnus University, Doctor of Biomedical Sciences, Associate Professor. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Academy, Kaunas district. Ph. (8 671) 03749, e-mail: juozas.pekarskas@vdu.lt.

Impact of Organic Crops' LAI and SLA on Carbon Assimilation and Biomass Formation During Growth Period

Ligita Baležientienė

Vytautas Magnus University

Crops parameters that determine atmospheric carbon absorption are important for yield formation. In order to explain carbon sink in biomass, the photosynthesis and yield parameters (leaf area index, crop density, and biomass) have been investigated at different plant growth stages during the growth period. The potential leaf surface area available for CO₂ sink and assimilation into biomass determines yield capacity. Plant parameters have been assessed and compared across gradients of environmental factors. The aim of this assessment was to evaluate the potential yield bioparameters of crops that are important for atmospheric carbon assimilation and accumulation in biomass during the growth period in organic farming agroecosystems.

Considering the relationship between these biometric parameters and C exchange, the maximal values of C assimilation were determined in the wheat and ley agroecosystem in May-June. However, positive correlations confirmed that increased leaf area reinforced the intensive CO₂ assimilation and biomass accumulation in crops. Optimal environmental and agrotechnical conditions might force and ensure the enhancement of these physiological processes.

CO₂ fluxes, Bio-parameters, Environment, Crops

Introduction

Agroecosystems are shaped by agro technologies, but although also environmental pressures have affected them. Atmospheric carbon has absorbed, assimilated, and stored in biomass by agroecosystem plants. Therefore, the biological properties of plants that determine the formation of biometric parameters and yield formation are important for a comprehensive assessment and understanding of carbon metabolism. These processes implemented through the crops 'exploiting their potential physiological abilities and, thus, forming or improving their productivity. The ratio between leaf surface and unit of ground surface area called leaf area index (LAI). This index describes the potential leaf surface area available for CO₂ sink and assimilation into biomass determining yield capacity. Consequently, it is a quintessential characteristic indicating a number of ecophysiological processes of the vegetation, particularly the participation of light and water (rainfall, fog), attenuation of light through the canopy, transpiration, photosynthesis, autotrophic respiration, carbon and nutrient (N, P) cycles (Raven et al., 2005). LAI usually estimated across different spatial levels, ranging from individual plants to entire regions or continents and used in interactive models of ecosystem processes. Photosynthetic LAI component measures green leaf area and presents physiologically active functional component (Viña et al., 2011). Consequently, evaluation of LAI is essential for assessment of plant growth and development processes that are involved in formation of their productivity. The influence of temperature varies during these processes of plant growth stages. However, it remains crucial throughout the whole plant life cycle (Kosová et al., 2011).

In addition to LAI, quantification of the relationship between plant specific leaf area (SLA) and agroenvironment factors reflects the trade-off between plant growth and environmental conditions (Wright et al., 2017). SLA is widely used in ecological studies for the explanation of plant productivity (Madani et al., 2017). The power of agro-technologies in predicting SLA has assessed in multivariate analyses and compared to the distribution of growth forms across gradients of soil and climate factors.

The main objective of this study was to assess the potential yield bioparameters such as LAI, SLA of crops that are important for atmospheric carbon assimilation and accumulation in biomass during the growth period in organic farming agroecosystems of ley, winter wheat, oat+vetch, and barley. In order to explain carbon sink in biomass, the photosynthesis parameters (crop density, leaf area index, productivity) have investigated at different plant growth stages during growth period.

Methods

Study site and experimental design. The assessment was performed during the plant vegetation seasons from 2015 to 2017 in the rotational fields of organic farming (certificated by Public organisation EkoAgros) of Training Farm (54°52'N, 23°49'E), Vytautas Magnus University (former Aleksandras Stulginskis University) (Table 1). The site is located in 5-6 hardiness zone (Peel et al., 2007) of temperate climate (C) with moderate warm summer and moderate cold winter. Mean annual temperature ranges between 5.5-7.5°C with annual precipitation of 670 mm. Total solar radiation inflow amounts 3600 MJ m⁻² in Lithuania. Meteorological data (air temperature and precipitation) obtained from Kaunas meteorology Station, which situated close to study site.

Measurement object. The ley mixture of 50% red clover (*Trifolium pratense* L.) 'Start' and 50% timothy (*Phleum pratense*) 'Jumis' was undersown in the barley. Oat 'KWS Contender' (170 kg ha⁻¹) and pea (*Pisum sativum*) 'Kiblukai' (50 kg ha⁻¹) mixture. A 2-cut system was applied in ley agroecosystem. Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. *Širvinta 1* has grown in rotation fields of organic farming.

For the evaluation of the crop photosynthetic surface, the crop density (plant m⁻²) and leaf surface area (cm² m⁻²) were determined using WinDias 3. The leaf area index (LAI, m² m⁻²) and specific leaf area (SLA, m² kg⁻¹) calculated in 0.25 m² plots (0.5 m × 0.5 m) in six replications. Row biomass (RM, g m⁻²) and dry matter content (DM, g m⁻²) estimated by the weighing method. Dry matter content was determined by drying plant samples at 80 °C in the thermostat (Tritec, Hannover, Germany). Green leaf area has used

for calculation of leaf area index (LAI, $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) (Breda, 2003).

Measurement sites were set up every 50–100 m in linear transects oriented in the N-S direction in the fields, at a

distance of 20 to 25 m from the edge to avoid the margin effect. The measurement plots in six replications were installed at each site.

Table 1. Trial design
1 lentelė. Bandymo schema

Management type Tvarkymo tipas	Rotational crop Sėjomainos augalai	Fertilizing Tręšimas	Soil classification Dirvožemio klasifikavimas	Location vieta
Organic farming (certificated by Public organisation EkoAgros)	Ley 1yr. Oat+peas mixture Winter wheat Barley (+ ley undercrop)	Organic cattle manure 40 t ha^{-1}	<i>Hapli-Epihypogleyic Luvisol (LVg-p-w-ha)</i>	54°52'28"N 23°51'52"E

Statistical analysis. For C exchange evaluation in 2016–2017, the standard deviation of mean values of bioparameters (LAI, SLA, FM, DM), were determined with standard error (mean $\pm$ SE) for crops of organical farming, namely ley, winter wheat, oat+vetch and barley. One-way ANOVA analysis applied for evaluation of the quantitative data of conventional agroecosystems. The correlation between biometric parameters and environmental conditions, was determined by correlation coefficient r . Data were evaluated at probability level $p < 0.05$ by programme package STATISTICA.

Results and Discussion

Crop density determines microclimate, circulation of light and temperature, affects the range of bioparameters, viz. LAI, SLA, and plant growth, development, and yield of agroecosystems. Therefore, the mean crop density is an important parameter for the formation of a crop productivity and a photosynthetic surface. It is also an important factor in reducing CO_2 concentration in the atmosphere. (Thornton et al., 2009). The efficiency of CO_2 assimilation usually reduced in dense crops as plants compete for light and nutrients. As a result, a smaller leaf area and yield have formed. The formation of plant density is determined by

sowing time, soil quality and agrotechnical parameters as well as meteorological conditions. The crop density remained within the optimal range and has amounted to 106, 105, 109 and 81 plant m^{-2} in ley, wheat, barley, and oat+vetch mixture, respectively.

An increase of plant leaf area index LAI and biomass is directly dependent on agrotechnical and meteorological conditions (Breda, 2003). Temperature ($r = 0.8$; $p = 0.04$) and soil moisture ($r = 0.6$; $p = 0.03$) were confirmed by a strong positive correlation as the most important environmental parameters that altered the LAI range.

Depending on the seasonal meteorological and soil physical conditions and growth stages, the assimilation surface of crop' leaf (LAI) increased from the beginning of vegetative growth until to the flowering stage. LAI started to decrease when plants graduate maturity stages due to the relocation of assimilates to growing generative structures (Fig. 1). The leaf area index (LAI) increased the most intensively in April-May due to increasing temperature and intensive crops vegetation during the bush-budding stages. The highest average LAI of 0.661 and 0.625 $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ was determined for wheat and ley crops. Positive correlations between C assimilation, biomass accumulation and LAI for different crops ($r = 0.4$ -0.8; $p = 0.01$ -0.04) confirmed these functional relationships.

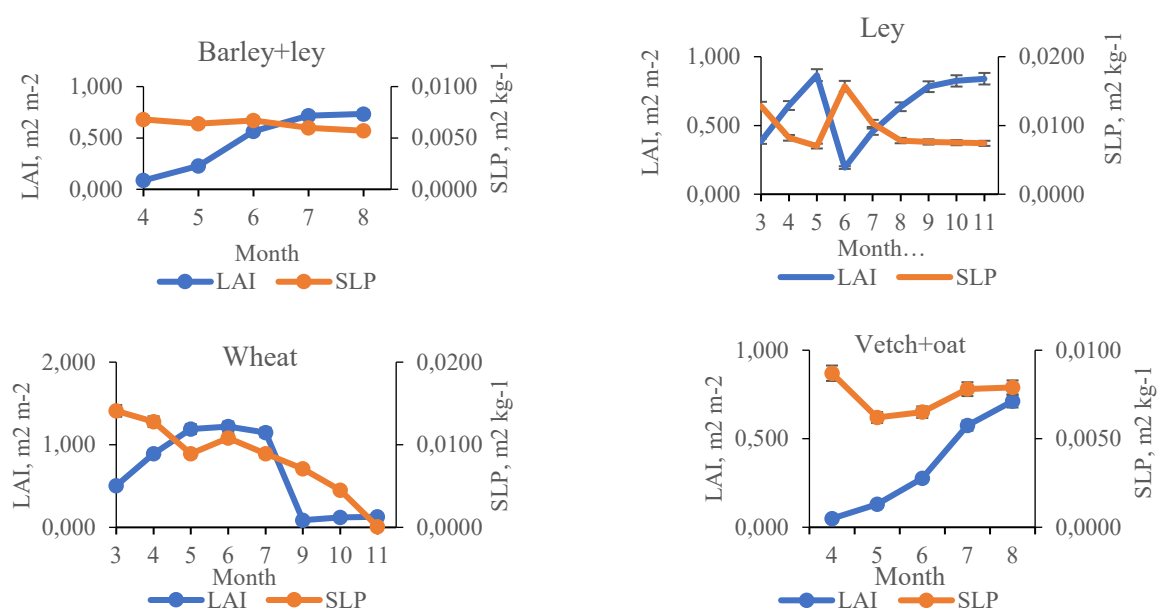


Fig. 1. Leaf area index (LAI, $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) and specific leaf area (SLA, $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$) during growth period in organic agroecosystems
1 pav. Lapų ploto indeksas (LAI, $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) ir specifinis lapų plotas (SLA, $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$) augimo metu ekologinėse agroekosistemose

Among agroecosystems, the highest LAI of $1.227 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ formed in the wheat agroecosystem in July, when the plants achieved the most intensive growth at stem growth-budding stage. When LAI=1, the leaves completely cover the soil surface; however, the light absorption increases by 90% when LAI=4.0 (Nátr et al., 2005). Therefore, it is important to ensure optimal agrotechnical conditions for formation of LAI, seeking to encourage crops' photosynthetic capacity, atmospheric CO_2 uptake and assimilation at this growth stage. The green surface of grain crop leaves started to decrease when plants shifted to the end of flowering stage when assimilates relocation occurred from desiccating leaves towards maturing generative organs, i.e. to ripening fruits and seeds (Fig. 1). Nonetheless, applied cut in ley agroecosystem interrupted LAI growth that renewed well ahead and lasted until frosts.

Undersown perennial grasses in barley prolonged LAI growth during autumn months.

The specific leaf area (SLP) is an essential characteristic of plant strategy and depends on leaf:stem ration, metabolic and structural biomass accumulation in leaves (Ratjen, Kage, 2013). This parameter often used in gas exchange models between plant and atmosphere for more comprehensive explanation of the spatial and transient variation of photosynthetic parameters (Thornton et al., 2009). We find out, that the change of SLA depended on the growth stage and environmental conditions during vegetation season (Fig. 1). The maximal mean SLA of 0.009

and $0.008 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ was determined for wheat and ley among assessed agroecosystems. In all agroecosystems, SLP increased up to the flowering stage with intensive photosynthesis and biomass accumulation. In later stages, SLP decreased due to drying of leaves, when assimilates transferred to the generative organs.

The plants' supply of light, water and nutrients determines the intensity of growth, CO_2 assimilation and biomass accumulation. Consistently to our data, intensity of C assimilation amplified along with growing leaf area, biomass accumulation, and finely resulted the advance of higher crop yield (Fig. 2). The maximal C assimilation of all crops has achieved during most intensive growth period, i.e. at tillering-stem stages in the first half of vegetation period.

Some researchers pointed out that leaf development and aging determined agroecosystem' yield and capacity of C assimilation (Wright et al., 2017). Moreover, intensification of C assimilation and biomass accumulation can be achieved by optimizing the biometric parameters of the agroecosystem in the early growth stages and by applying appropriate agrotechnological measures in the later growth stages. Consistent to these outcomes, our positive correlations between C assimilation intensity and LAI ($r = 0.4-0.8$; $p = 0.01-0.06$), SLP ($r = 0.2-0.8$; $p = 0.01-0.07$), RM ($r = 0.4-0.6$; $p = 0.02$) or DM ($r = 0.4-0.6$; $p = 0.06-0.04$) confirmed these efficient structural relations for assessed crops. The variation in these correlations also was consistent to variable of abiotic conditions.

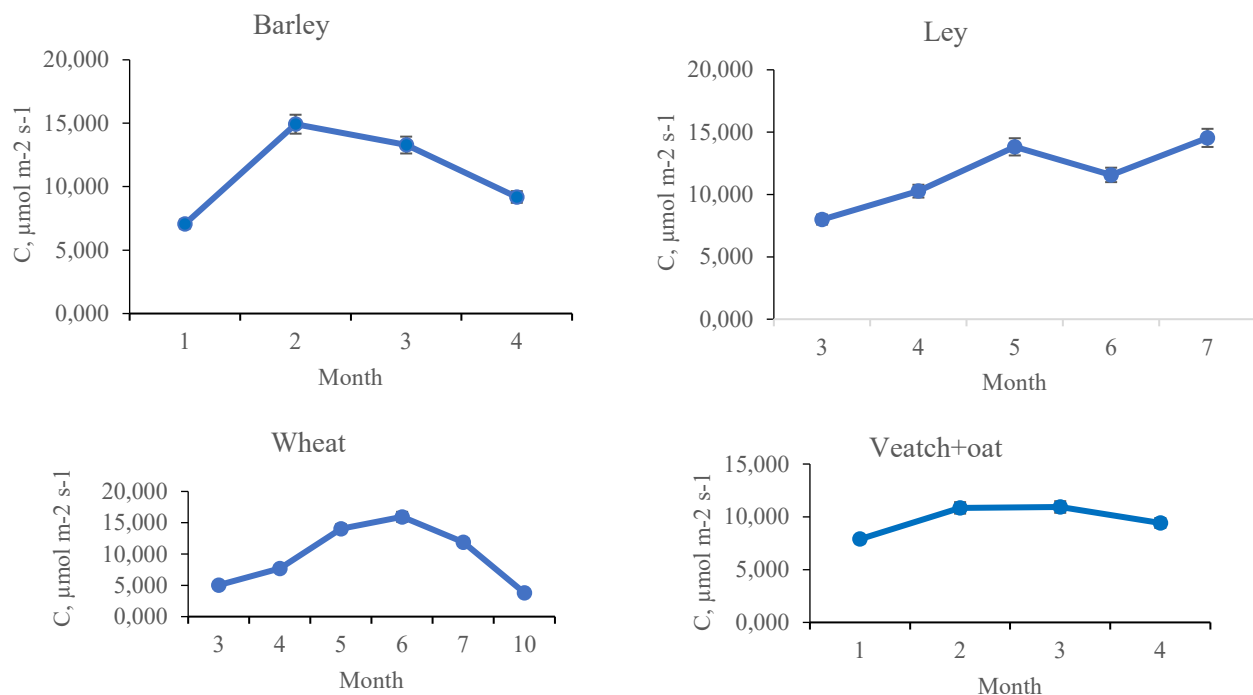


Fig. 2. C assimilation ($C, \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) of organic agroecosystems during growth period
2 pav. C asimiliavimas ($C, \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ekologinėse agroekosistemose augimo metu

However, organic farming distinguished with restricted organic fertilization (36 t ha^{-1} of manure) diminished the formation of plant biometric parameters in organic agroecosystems compared to intensive ones, and thus capacity of C assimilation (Wright et al., 2017).

Conclusion

Considering the relationship between these biometric parameters and C exchange, the maximal values of C assimilation determined in the wheat and ley agroecosystem in May-June. However, positive correlations confirmed that

increased leaf area have reinforced the intensive CO₂ assimilation and biomass accumulation in crops. Optimal environmental and agrotechnical conditions might force and ensure enhance of these physiological processes.

References

1. Breda, N. J. J. 2003. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 54, No. 392, pp. 2403–2417.
2. Madani, N., Kimball, J. S., Running, S. W. (2017). Improving global gross primary productivity estimates by computing optimum light use efficiencies using flux tower data. *J. Geophys. Res.: Biogeosciences*, 122, 2939–2951.
3. Nátr, L., Lawlor, D. W. (2005). Photosynthetic plant productivity. In: Pessarakli, M. (Ed.), *Hand Book of Photosynthesis*. 2nd ed. CRC Press, New York, 501–524.
4. Peel, M. C., Finlayson, B. L., McMahon, T. A. (2007). Update-worldmap of the Köppen–Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11. 1633–1644.
5. Ratjen, A. M., Kage, H. (2013). Is mutual shading a decisive factor for differences in overall canopy specific leaf area of winter wheat crops? *Field Crops Res.*, 149, 338–346.
6. Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. (2005). *Photosynthesis, Light, and Life. Biology of Plants* (7th Ed.). W.H. Freeman, 119–127.
7. Thornton, P. E., Doney, S. C., Lindsay, K., Moore, J. K., Mahowald, N., Randerson, J. T., Fung, I., Lamarque, J.-F., Feddes, J. J., Lee, Y. H. 2009. Carbon-nitrogen interactions regulate climate-carbon cycle feedbacks: results from an atmosphere-ocean general circulation model, *Biogeosciences*, 6, 2099–2120.
8. Viña, A., Gitelson, A. A., Nguy-Robertson, A. L., Peng, Y. Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf area index of crops. *Remote Sensing of Environment*. 2011, 115, 3468–3478.
9. Wright, I. J., Dong, N., Maire, V., Prentice, I. C., Westoby, M., Diaz, S., et al. (2017). Global climatic drivers of leaf size. *Science*, 357 (6354), 917–921

Ligita Baležentienė

Ekologinių pasėlių LAI ir SLP poveikis anglies asimiliavimui ir biomasės formavimui vegetacijos periodo metu

Santrauka

Augalų parametrai, kurie lemia atmosferos anglies sugėrimą, yra svarbūs derliaus formavime. Siekiant paaiškinti anglies kaupimą biomasėje, fotosintezės ir derliaus parametrai (lapų ploto indeksas, pasėlio tankumas ir biomasė) buvo tirti skirtinguose augimo tarpsniuose vegetacijos metu. potencialus lapų paviršiaus plotas yra prieinamas atmosferos CO₂ kaupimui ir asimiliavimui į biomasę, lemiant derliaus produktyvumą. Augalų parametrai buvo tirti ir lyginti aplinkos veiksmų gradientu. Šio tyrimo tikslas buvo įvertinti augalų potencialius derliaus bioparametrus, kurie svarbūs atmosferos anglies asimiliavimui ir kaupimui biomasėje augimo metu ekologinės žemdirbystės agroekosistemose.

Atsižvelgiant į ryšį tarp šių bioparametrų ir C apykaitos, didžiausi asimiliuoti C kiekiai nustatyti kviečių ir žolių agroekosistemose gegužės–birželio mėnesiais. Tačiau, teigiamos koreliacijos patvirtino, kad padidėjęs lapų plotas paskatino intensyvią CO₂ asimiliavimą ir biomasės kaupimą pasėliuose. Optimalios aplinkos ir agrotechninės sąlygos galėtų skatinti ir užtikrinti šių fiziologinių procesų padidėjimą.

CO₂, bioparametrai, aplinka, pasėliai

Received in March, 2022, submitted to printing in April, 2022

Ligita BALEŽENTIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Environment and Ecology, doctor of biology sciences, prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Lithuania. Tel (+370 37) 78 81 28, e-mail ligita.balezentiene@vdu.lt
Ligita BALEŽENTIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros biologijos mokslų daktaras, vyr. m. d. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361, Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 78 81 28, el. paštas: ligita.balezentiene@vdu.lt

Įsėlinių tarpinių pasėlių įtaka dirvožemio savybėms ekologiškai augintų vasarinių rapsų agroceozėje

Aušra Marcinkevičienė, Arūnas Čmukas

Vytauto Didžiojo universitetas

Lauko eksperimentas vykdytas 2020 ir 2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje karbonatingame stagniškame išplautžemyje (*Endocalcaric Amphistagnic Luvisol*). Tyrimų tikslas – nustatyti vasarinių rapsų ir įsėlinių tarpinių augalų šaknų biomasę, CO₂ emisiją iš dirvožemio ekologiškai augintų rapsų agroceozėje. Didžiausia rapsų šaknų biomasė 2020 m. nustatyta laukeliuose, kuriuose buvo įsėtas purpurinių dobilų tarpinis pasėlis ir nenaudoti biopesticidai, o 2021 m. – biopesticidais purkštuose laukeliuose be tarpinio pasėlio. Didžiausia įsėlinių tarpinių augalų ir bendra augalų šaknų biomasė susiformavo laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėtas daugiamečių svidrių tarpinis pasėlis ir nenaudoti biopesticidai. Augalų vegetacijos pabaigoje 2020 m. didžiausia CO₂ emisija iš dirvožemio nustatyta žieminių vikijų tarpiniame pasėlyje be biopesticidų, o 2021 m. – purpurinių dobilų tarpiniame pasėlyje su biopesticidais.

Ekologinė žemdirbystė, vasariniai rapsai, įsėliniai tarpiniai pasėliai, biopesticidai, šaknų biomasė, CO₂ emisija.

Įvadas

Pasaulyje ekologinis ūkininkavimas tampa vis populiaresnis, tam įtakos turi įvairūs veiksniai, tokie kaip susirūpinimas gamta, žmonių sveikata, socialinės ekonominės problemos (Gomiero et al., 2011). Ekologinis ūkininkavimas, nuo pat jo atsiradimo pradžios yra laikomas alternatyvia žemės ūkio sistema, kuri gali padėti išspręsti labai daug aplinkosaugos ir maisto kokybės problemų (Tuomisto et al., 2012).

Ekologiškai auginamų rapsų plotai pasaulyje 2019 m. duomenimis užėmė apie 1,68 mln. ha (The World of Organic Farming, 2021). Lietuvoje 2021 m. ekologinės gamybos ūkiuose buvo auginama 13638,22 ha ha rapsų, iš jų 2378,32 ha vasarinių ir 11259,90 ha žieminių.

Ekologinės žemdirbystės sąlygomis labai svarbu išsaugoti ir didinti dirvožemio derlingumą, kaupti organinę anglį dirvožemyje, mažinti maisto medžiagų išplovimą į gilesnius dirvožemio sluoksnius, ypač rudens ir žiemos laikotarpiu. Todėl yra labai svarbu auginti tarpinius pasėlius (Thapa et al., 2018). G. Ding et al. (2006) duomenimis, tarpiniai pasėliai daro didelę įtaką dirvožemio organinei medžiagai. Tarpinių pasėlių šaknys yra labai svarbios dirvožemio ekosistemos stabilumui, anglies ir maistinių medžiagų ciklui, dirvožemio sveikatos gerinimui (Ruis et al., 2020). Tų pačių autorių duomenimis, kuo ilgesnį laiką auga tarpiniai pasėliai, tuo jie suformuoja didesnę šaknų biomasę.

Šiuo metu pasaulyje labai svarbu mažinti anglies dioksido (CO₂) koncentraciją atmosferoje. Per pastaruosius 100 metų CO₂ koncentracija atmosferoje pasikeitė daugiau nei per 25 mln. metų (Zhu et al., 2007). Šiuo metu jo koncentracija atmosferoje siekia apie 370 μmol mol⁻¹. Ateityje CO₂ koncentracija gali didėti iki 550 ir viršyti 700 μmol mol⁻¹ (Brouder, Volenec, 2008). Siekiant sumažinti CO₂ emisiją iš dirvožemio, taikomos aplinką tausojančios augalų auginimo technologijos, tarp jų ir ekologinė žemdirbystė (Aguilera et al., 2015).

Vis populiarėjant ekologiškai žemdirbystei, didėja ir biologinių preparatų pasirinkimas. Biologiniai preparatai yra naudojami dirvožemio savybėms gerinti, mikrobiologiniams procesams skatinti, taip pat ir didinti augalų produktyvumą (Jakienė, 2011; Jakienė, Spruogis, 2015).

Tyrimų tikslas – nustatyti vasarinių rapsų ir įsėlinių tarpinių augalų šaknų biomasę, CO₂ emisiją iš dirvožemio ekologiškai augintų rapsų agroceozėje.

Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas vykdytas 2020 ir 2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio Akademijos Bandymų stotyje. Dirvožemis – karbonatingas stagniškas išplautžemis (*Endocalcaric Amphistagnic Luvisol*) (WRB 2014, update 2015). Dirvožemio agrocheminės savybės: pH_{KCl} – 6,51–6,92, humuso kiekis – 2,14–2,67 %, judriųjų maisto medžiagų dirvožemyje: P₂O₅ – 226–305 mg kg⁻¹, K₂O – 109–118 mg kg⁻¹.

Dviejų veiksnių lauko eksperimentas įrengtas laukelių skaidymo metodu. Eksperimento variantai: A veiksnys: biopesticidai: 1) nenaudoti; 2) naudoti. B veiksnys: įsėliniai tarpiniai pasėliai: 1) be tarpinio pasėlio; 2) purpuriniai (inkarnatiniai) dobilai (*Trifolium incarnatum* Broth.) ‘Kardinal’ (10 kg ha⁻¹);

3) ruginiai (žieminiai) vikiai (*Vicia villosa* Roth.) ‘Rea’ (50 kg ha⁻¹); 4) daugiametės svidrės (*Lolium perenne* L.) ‘Merkem’ (10 kg ha⁻¹); 5) žieminiai rugiai (*Secale cereale* L.) ‘Elias’ (50 kg ha⁻¹).

Pavasarij eksperimento lauką du kartus dirbtas germinatoriumi KLG–4.0 (UAB „Laumetris“, Lietuva), pasėti vasariniai rapsai (*Brassica napus* L. spp. *oleifera biennis* Metzg.) ‘Fenja’ (7 kg ha⁻¹) 48 cm tarpueiliais (sėta kas ketvirta eilutė, tarpuose uždarančios po 3 sėklavamzdžius). Rapsų 2–3 lapelių tarpsniu (BBCH 12–13) tarpueiliai purenti purentuvu KOR-4.2-01 (Ukraina) su strėliniais noragėliais ir į rapsų tarpueilius įsėti įsėliniai tarpiniai pasėliai po dvi eilutes. Biopesticidu Recharge rapsai buvo purškiami 2 kartus: sėjos metu ir praėjus mėnesiui po sėjos (1,5 kg ha⁻¹). Biopesticidu Fizimite rapsai buvo purškiami butonizacijos tarpsniu (1,0 l ha⁻¹). Vasariniai rapsai mineralinėmis trąšomis netrešti, cheminės augalų apsaugos priemonės nenaudotos. Rapsų sėklų derlius nuimtas kombainu Wintersteiger Delta. Pradinio laukelio plotas – 72 m², apskaitinio – 20 m². Tyrimai atlikti 4 pakartojimais.

Dirvožemio CO₂ emisija nustatyta IRGA metodu augalų vegetacijos pabaigoje (Butnor et al., 2005). Naudota portatyvinė dirvožemio respiracijos sistema LI-8100A su kamera 8100-103 (pagaminta JAV). Matavimai atlikti

kiekviename apskaitiniame laukelyje, įrengtose 2 matavimo vietose, kuriose buvo atlikti trys matavimai.

Vasarinių rapsų ir išėlinių tarpinių augalų šaknų biomasė buvo nustatyta mažųjų monolitų (0,001 m³) metodu, paimant ėminius kiekviename laukelyje dviejose vietose iš 0–10 ir 10–20 cm dirvožemio sluoksnių, augalų vegetacijos pabaigoje (McCormack et al., 2017).

Tyrimų duomenys statistiškai įvertinti kiekybinių požymių dviejų veiksnių dispersinės analizės metodu (Raudonius, 2017). Skirtumų tarp variantų esmingumas įvertintas naudojant F kriterijų ir LSD testą. Tyrimų

duomenų statistinė analizė atlikta naudojantis kompiuterine programa SPLIT PLOT iš programų paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

Rezultatai ir aptarimas

Didžiausia vasarinių rapsų šaknų biomasė 2020 m. nustatyta laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėtas purpurinių dobilų tarpinis pasėlis ir nenaudoti biopesticidai (1 lentelė). Tačiau, palyginti su kitomis tirtomis priemonėmis, esminių skirtumų nenustatyta.

1 lentelė. Augalų šaknų biomasė vasarinių rapsų agroceozėje, 2020, 2021 m.

Table 1. Plant root biomass in the spring oilseed rape agroceosis, 2020, 2021

Išėliniai tarpiniai pasėliai (veiksny B) <i>Under-sown cover crops (Factor B)</i>	Biopesticidai (veiksny A) <i>Biopesticides (Factor A)</i>	Vasarinių rapsų šaknų biomasė, t ha ⁻¹ <i>Root biomass of spring oilseed rape, t ha⁻¹</i>		Išėlinių tarpinių augalų šaknų biomasė, t ha ⁻¹ <i>Root biomass of under- sown cover crops, t ha⁻¹</i>		Bendra augalų šaknų biomasė, t ha ⁻¹ <i>Total plant root biomass, t ha⁻¹</i>	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021
1. Be tarpinio pasėlio <i>Without cover crop</i>	-	1,14a	0,36abc	-	-	1,14de	0,36e
	+	0,85a	0,47a	-	-	0,85e	0,47de
2. Purpuriniai dobilai <i>Crimson clover</i>	-	1,27a	0,30abc	1,33b	1,18b	2,59abc	1,48abc
	+	1,00a	0,42ab	1,37b	1,31ab	2,36bc	1,73ab
3. Ruginiai (žieminiai) vikiai <i>Hairy (winter) wetch</i>	-	0,96a	0,27abc	1,35b	0,94b	2,31bc	1,21bc
	+	0,90a	0,34abc	1,57ab	1,00ab	2,48bc	1,34abc
4. Daugiametės svidrės <i>Perennial ryegrass</i>	-	1,16a	0,24bc	2,23a	1,69a	3,38a	1,94a
	+	1,07a	0,36abc	1,72ab	1,48a	2,80ab	1,84ab
5. Žieminiai rugiai <i>Winter rye</i>	-	0,87a	0,21c	1,03b	0,74b	1,91cd	0,95cd
	+	0,95a	0,35abc	0,96b	1,05ab	1,91cd	1,44abc

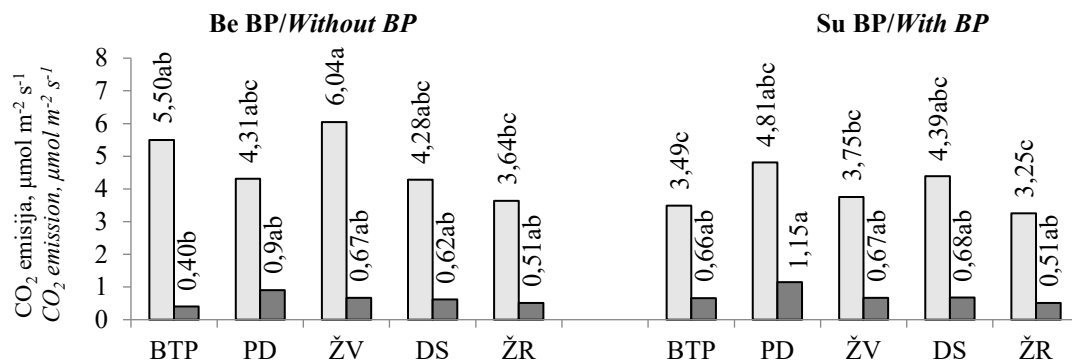
Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b, c, d, e), yra esminiai ($P < 0,05$). -- biopesticidai nenaudoti, +- biopesticidai naudoti.

Note. The means of the variants, not marked with the same letters (a, b, c, d, e), are significant ($P < 0,05$). -- biopesticides not used, +- biopesticides used.

Iš išėlinių tarpinių augalų didžiausią šaknų biomasę suformavo daugiametės svidrės, augintos laukeliuose, kuriuose nebuvo naudoti biopesticidai. M. Redin et al. (2018) duomenimis, tarpiniuose pasėliuose augančios miglinių (*Poaceae*) šeimos augalų rūšys šaknų biomasę suformuoja didesnę negu pupinių (*Fabaceae*) šeimos augalų rūšys. Esmingai mažesnę šaknų biomasę, palyginti su daugiametėmis svidrėmis, suformavo purpuriniai dobilai ir žieminiai rugiai laukeliuose, kuriuose buvo tiek nenaudoti, tiek ir naudoti biopesticidai bei žieminiai vikiai laukeliuose, kuriuose buvo nenaudoti biopesticidai, atitinkamai nuo 1,6 iki 2,3 karto. Didžiausia bendra augalų šaknų biomasė nustatyta laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėtas daugiametės svidrių tarpinis pasėlis ir nenaudoti biopesticidai. Laukeliuose be tarpinio pasėlio, laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėti žieminiai vikiai bei žieminiai rugiai ir buvo tiek nenaudoti, tiek ir naudoti biopesticidai bei laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėti purpuriniai dobilai ir naudoti biopesticidai, bendra augalų šaknų biomasė nustatyta esmingai mažesnę, palyginti su ankščiau minėtais laukeliais, atitinkamai nuo 1,4 iki 4,0 kartų. Laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėti purpurinių dobilų ir žiemių vikių tarpiniai pasėliai, bendra augalų šaknų biomasė nustatyta esmingai didesnę, palyginti su laukeliais be tarpinio pasėlio, atitinkamai nuo 2,0 iki 2,3 karto nenaudojant biopesticidų bei nuo 2,8 iki 2,9 karto juos naudojant.

2021 m. didžiausia vasarinių rapsų šaknų biomasė nustatyta biopesticidais purštuose laukeliuose be tarpinio pasėlio. Laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėtos daugiametės svidrės ir žieminiai rugiai bei nenaudoti biopesticidai, rapsų šaknų biomasė suiformavo esmingai 2,0 ir 2,2 karto mažesnę, palyginti su ankščiau minėtais laukeliais. Kaip ir 2020 m. didžiausią šaknų biomasę suformavo daugiametės svidrės laukeliuose be biopesticidų. Esmingai nuo 1,4 iki 2,3 karto mažesnę šaknų biomasę, palyginti su daugiametėmis svidrėmis, suformavo purpuriniai dobilai, žieminiai vikiai ir žieminiai rugiai laukeliuose, kuriuose nenaudoti biopesticidai. Biopesticidais purštuose laukeliuose išėlinių augalų šaknų biomasė esmingai nesiskyrė. Biopesticidais nepurštuose laukeliuose, kuriuose augo daugiametės svidrių tarpinis pasėlis bendra augalų šaknų biomasė susiformavo esmingai nuo 1,6 iki 5,4 karto didesnę negu laukeliuose be tarpinio pasėlio bei laukeliuose, kuriuose augo žiemių vikių ir žiemių rugių tarpiniai pasėliai. Laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėtas daugiametės svidrių tarpinis pasėlis ir purkšta biopesticidais, bendra augalų šaknų biomasė nustatyta esmingai 3,9 karto didesnę, palyginti su laukeliais be tarpinio pasėlio.

Augalų vegetacijos pabaigoje 2020 m. didžiausia CO₂ emisija iš dirvožemio nustatyta po vasarinių rapsų derliaus nuėmimo augančiame žiemių vikių tarpiniame pasėlyje be biopesticidų (1 pav.).

1 pav. CO₂ emisija iš dirvožemio augalų vegetacijos pabaigoje, 2020, 2021 m.Fig. 1. CO₂ emission from soil at the end of plant vegetation, 2020, 2021

Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b, c), yra esminiai ($P < 0,05$). Įsėliniai tarpiniai augalai: BTP – be tarpinio pasėlio, PD – purpuriniai dobilai, ŽV – žieminiai vikiai, DS – daugiametės svidrės; ŽR – žieminiai rugiai; BP – biopesticidai.

Note. The means of the variants, not marked with the same letters (a, b, c), are significant ($P < 0.05$). Under-sown cover crops: BTP – without cover crop, PD – crimson clover, ŽV – hairy (winter) vetch, DS – perennial ryegrass, ŽR – winter rye; BP – biopesticides

Esmingai 1,7 karto mažesnė CO₂ emisija iš dirvožemio nustatyta žieminių rugių tarpiniame pasėlyje, palyginti su ankščiau paminėtu pasėliu. Laukeliuose be tarpinio pasėlio ir laukeliuose, kuriuose augo žieminių vikių tarpinis pasėlis, purškimas biopesticidais esmingai 1,6 karto mažino CO₂ emisiją iš dirvožemio, palyginti su nepurkštais laukeliais.

2021 m. atlikti tyrimai parodė, kad įsėliniai tarpiniai pasėliai ir biopesticidai darė mažą įtaką CO₂ emisijai iš dirvožemio. Mažiausia CO₂ emisija iš dirvožemio nustatyta laukeliuose be tarpinio pasėlio ir biopesticidų, palyginti su laukeliais, kuriuose auginti įvairių šeimų tarpiniai pasėliai, paliekantys dirvožemyje maisto medžiagas mikroorganizmams ir sliekams. Purpurinių dobilų tarpinio pasėlio laukeliuose, kuriuose buvo panaudoti biopesticidai, nustatyta esmingai 2,9 karto didesnė CO₂ emisija iš dirvožemio, palyginti su laukeliais, kuriuose neauginti įsėliniai tarpiniai pasėliai ir nenaudoti biopesticidai. Didelė organinė masė, palikta dirvožemyje, skatina CO₂ emisiją (Dhadli et al., 2015). Po priešėlių, paliekančių didelį augalinių liekanų kiekį dirvožemyje, CO₂ emisijos intensyvumas iš dirvožemio nustatytas didžiausias (Skinulienė ir kt., 2019).

Išvados

1. Didžiausia vasarinių rapsų šaknų biomasė 2020 m. nustatyta laukeliuose, kuriuose buvo įsėtas purpurinių dobilų tarpinis pasėlis ir nenaudoti biopesticidai, o 2021 m. – biopesticidais purkštuose laukeliuose be tarpinio pasėlio.

2. Didžiausia įsėlinių tarpinių augalų ir bendra augalų šaknų biomasė susiformavo laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėtas daugiamečių svidrių tarpinis pasėlis ir nenaudoti biopesticidai.

3. Augalų vegetacijos pabaigoje 2020 m. didžiausia CO₂ emisija iš dirvožemio nustatyta žieminių vikių tarpiniame pasėlyje be biopesticidų, o 2021 m. – purpurinių dobilų tarpiniame pasėlyje su biopesticidais.

Literatūra

- Aguilera, E., Guzman, G., Alonso, A. (2015). Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. I. Herbaceous crops. *Agronomy for Sustainable Development*, Vol. 35, Nr. 2, p. 713–724.
- Brouder, M., Volenc, J. J. (2008) Impact of climate change on crop nutrient and water use efficiencies. *Physiologia Plantarum*, Vol. 133, Nr. 4, p. 705–724.
- Butnor, J. R., Johnsen, K. H., Maier, C. A. (2005). Soil properties differently influence estimates of soil CO₂ efflux from three chamber-based measurement. *Biochemistry*, Vol. 73, p. 283–301.
- Dhadli, H. S., Brar, B. S., Black, T. A. (2015). Influence of crop growth and weather variables on soil CO₂ emissions in a maize-wheat cropping system. *Agricultural Research Journal*, Vol. 52, Nr. 3, p. 28–34.
- Ding, G., Liu, X., Herbert, S., Novak, J., Amarasingwardena, D., Xijg, B. (2006). Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma*, Vol. 130, Nr. 3–4, p. 229–239.
- Gomiero, T., Pimentel, D., Paoletti, M. G. (2011). Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Vol. 30, p. 95–124.
- Jakienė, E. (2011). Biologinių preparatų naudojimo cukrinių runkelių pasėlyje efektyvumas. *Žemės ūkio mokslai*, T. 18, Nr. 2, p. 64–71.
- Jakienė, E., Spruogis, V. (2015). Biologinių preparatų ir bioorganinių trąšų naudojimas cukrinių runkelių pasėliuose. *Žemės ūkio mokslai*, T. 3, Nr. 22, p. 107–120.
- Mccormack M. L., Guo, D., Iversen, C. M., Chen, W., Eissenstat, D. M., Fernandez, C. W., Li, L., Ma, C., Ma, Z., Poorter, H., Reich, B., Zadworny, M., Zanne, A. (2017). Building a better foundation: Improving root-trait measurements to understand and model plant and ecosystem processes. *New Phytologist*, Vol. 215, p. 27–37.
- Ruis, S. J., Blanco-Canqui, H., Koehler-Cole, K., Jasa, P. J., Slater, G., Elmore, R. W., Ferguson, R. B. (2020). Winter cover crop root biomass yield in corn and soybean systems. *Agrosystems, Geosciences and Environment*, Vol. 3, p. 1–11.
- Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Zemdirbyste-Agriculture*, Vol. 104, Nr. 4, p. 377–382.
- Redin, M., Recous, S., Aita, C., Chaves, B., Pfeifer I. C., Bastos, L. M., Pilecco, G. E., Giacomini, S. J. (2018). Root and Shoot Contribution to Carbon and Nitrogen Inputs in the Topsoil Layer in No-Tillage Crop Systems under Subtropical Conditions. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol. 42, p. 1–16.
- Skinulienė, L., Bogužas, V., Steponavičienė, V., Sinkevičienė, A., Marcinkevičienė, A., Sinkevičius, A. (2019). Ilgalaikės augalų kaitos derinių įtaka dirvožemio CO₂ ir sliekų kiekiui. *Žemės ūkio mokslai*, T. 26, Nr. 2, p. 83–93.

14. Tarakanovas, P., Raudonius, S. (2003). *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT, iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija, Kėdainių r., 58 p.
15. Thapa, R., Minsky, S. B., Tully, K. L. (2018). Cover crops reduce nitrate leaching in agroecosystems: a global meta-analysis. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 47, p. 1400–1411.
16. *The World of Organic Farming: Statistics and Emerging Trends*. FiBL, Hachenburg, Germany, 2021, 340 p.
17. Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P., Macdonald, D. W. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts?—A Meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, Vol. 112, p. 309–320.
18. WRB. 2014. *World reference base for soil resources 2014. World soil resources reports Nr. 106*. FAO, Rome.
19. Zhu, X. G., De Sturler, E., Long, S. P. (2007). Optimizing the distribution of resources between enzymes of carbon metabolism can dramatically increase photosynthetic rate: a numerical simulation using an evolutionary algorithm. *Plant Physiology*, Vol. 145, p. 513–526.

Aušra Marcinkevičienė, Arūnas Čmukas

The Influence of Under-Sown Cover Crops on Soil Properties in the Organically Grown Spring Oilseed Rape Agroecosystem

Summary

The field experiment was carried out in 2020 and 2021 at the Experimental Station of Vytautas Magnus University Agriculture Academy. Soil – *Endocalcaric Amphistagnic Luvisol*. The aim of this study was to determine the root biomass of spring oilseed rape and under-sown cover crops, CO₂ emission from soil in the organically grown spring oilseed rape agroecosystem. In 2020, the highest root biomass of spring oilseed rape was found in the plots with under-sown crimson clover cover crop and without biopesticides, and in 2021, in plots, sprayed with biopesticides and without cover crop. The highest root biomass of under-sown cover crops and the total plant root biomass was formed in the plots, where perennial ryegrass cover crop was sown in the spring oilseed rape and biopesticides were not used. At the end of plant vegetation in 2020, the highest CO₂ emission from soil was obtained in the winter vetch cover crop without biopesticides, and in 2021, in the crimson clover cover crop with biopesticides.

Organic farming, spring oilseed rape, under-sown cover crops, biopesticides, root biomass, CO₂ emission.

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Aušra MARCINKEVIČIENĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos mokslų daktarė, profesorė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 78 81 65, el. paštas: ausra.marcinkeviciene@vdu.lt

Arūnas ČMUKAS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros, žemės ūkio mokslų srities doktorantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 78 81 65, el. paštas: arunas.cmukas@vdu.lt

Aušra MARCINKEVIČIENĖ Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, doctor of biomedical sciences, professor. Address: Studentu 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr. Tel (8 37) 78 81 65, e-mail: ausra.marcinkeviciene@vdu.lt

Arūnas ČMUKAS Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, PhD student of agriculture sciences. Address: Studentu 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr. Tel (8 37) 78 81 65, e-mail: arunas.cmukas@vdu.lt

Dilgėlių vandeninės ištraukos įtaka chlorofilų kiekiui žieminių kviečių koleoptilėse

Simona Petrauskė, Regina Malinauskaitė

Vytauto Didžiojo universitetas

Buvo įvertinta didžiosios dilgėlės (*Urtica dioica* L.) lapų žalios masės vandeninės ištraukos įtaka bendram chlorofilų kiekiui (chlorofilų *a+b* koncentracijai) 'Skagen' veislės žieminių kviečių koleoptilėse. Eksperimentas atliktas 2021 m. vasarą. Ant filtrinio popieriaus, prisotinto dilgėlės lapų vandenine ištrauka ir ja skiestais tirpalais buvo padiegti grūdai. Skiedimo variantai: skiesta santykiu ištrauka: distiliuotas vanduo 1:1; 1:2; 1:5; 1:10 ir 1:20. Kontrolinis variantas – distiliuotas vanduo. Daiginta šviesoje. Kiekvienas eksperimento variantas kartotas keturis kartus. Dilgėlių vandeninėje ištraukoje dėl esmingai mažesnio grūdų daigumo (76,0 %) koleoptilių vidutinis aukštis siekė 4-5 mm. Dėl šios priežasties chlorofilų kiekis ištraukoje nebuvo nustatytas. Mažiausias bendras chlorofilų kiekis (3,2 mg l⁻¹) koleoptilėse buvo 1:1 santykiu skiestoje ištraukoje, o didžiausias – 1:5 santykiu skiestoje dilgėlių ištraukoje – 11,75 mg l⁻¹, arba 2,0 mg l⁻¹ didesnis, nei kontroliniame variante. 1:10 ir 1:20 santykiu skiestuose tirpaluose bendras chlorofilų kiekis buvo esmingai, atitinkamai 0,6 ir 1,73 mg l⁻¹, didesnis nei kontroliniame variante. Skiesti dilgėlių vandeninės ištraukos tirpalai esminio poveikio grūdų daigumui neturėjo.

Chlorofilų kiekis, dilgėlė, kviečiai, alelopatija.

Įvadas

Augaluose yra daugybė antrinių metabolitų, kurie nėra svarbūs pirminiuose kataboliniuose ar biosintezės procesuose, bet reikšmingi įvairiose ekologinėse sąveikose. Viena iš jų – alelopatija. Alelopatija yra dažnai gamtoje pasitaikantis reiškiny. Augaluose esančių junginių – alelochemikalų – panaudojimas kuriant naujas agrochemines medžiagas turi privalumų prieš sintetinius produktus bei užtikrina aplinkos tvarumą (Kocira et al., 2020).

Alelopatinių preparatų panaudojimas yra svarbus sėklų dygimui, ypač ekologinio ūkininkavimo sąlygose (Findura et al., 2020). Apdorojimas tokiais ekstraktais, kuriuose gausu augimo reguliatorių, mineralinių medžiagų ir kitų junginių, gali paskatinti augalų augimą dygimo stadijoje. Taip pat svarbu ir ekstraktų paruošimo būdas ar koncentracija, nes jie gali sustiprinti ar slopinti fermentų, sulaukančių laisvuosius radikalus, aktyvumą sėklose.

Didžioji dilgėlė (*Urtica dioica* L., *Urticaceae* šeima) yra dažnai sutinkama dirbamų laukų pakraščiuose. Augalai yra indiferentiški apšvietui, aplinkos temperatūrai, mėgsta mažo rūgštumo ir mažo šarmingumo dirvožemius bei azotą ir fosforą turtingas dirvas, yra nitrofilai (Ellenberg et al., 1991, Kenneth, 2009).

Kadangi dilgėlės plinta šakniastiebiais, su žemės ūkio augalais jos gali konkuruoti ne tik dėl maisto medžiagų, bet ir į aplinką išskirti veikliąsias medžiagas. Tai labai konkurencinga ruderalinė rūšis (Kenneth, 2009). Tačiau dilgėlėse daug azoto junginių, magnio, sieros, kalio, kalcio ir geležies, kuriuos gali panaudoti žemės ūkio augalai kaip mineralinės mitybos elementus (Jacubczyk et al., 2015).

Dilgėlėse gausu flavonoidų, taninų, taip pat sterolių (ypač β-sitosterolio), reikalingų membranų sintezei (Nencu et al., 2015). Jose esantys dideli nepakeičiamų amino rūgščių kiekiai yra puikus šių junginių šaltinis kitiems augalams (Rutto et al., 2013).

Kaip teigiama Europos Sąjungos Augalų, gyvūnų ir pašarų komiteto ataskaitoje (*Commision...*, 2017), dilgėlės pasižymi puikiomis insekticidinėmis ir fungicidinėmis savybėmis. Be svarbių mineralinės mitybos elementų lapuose jose gausu antioksidacinėmis savybėmis pasižyminčių ksantofilų ir kitų karotenoidų.

Tyrimų tikslas ir objektas – ištirti skirtingų koncentracijų didžiosios dilgėlės (*Urtica dioica* L.) žalių lapų

vandeninės ištraukos galimą poveikį bendram chlorofilų kiekiui 'Skagen' veislės žieminių kviečių koleoptilėse.

Tyrimų metodika

Eksperimentas atliktas 2021 metais VDU ŽŪA Biologijos ir maisto mokslų katedros laboratorijose. Surinkti didžiosios dilgėlės (*Urtica dioica* L.) viršutinio ardo lapai buvo susmulkinti, supilti į kolbą ir užpilti distiliuotu vandeniu – santykis 10 g žalios medžiagos ir 120 ml distiliuoto vandens. Kolba su turiniu 48 h laikyta žemoje temperatūroje (+5-6 °C). Po to 2 h laikyta patalpoje, vėliau 1 h kaitinta vandens vonelėje palaikant +40 °C ir nuolat maišant turinį kolboje. Atvėsintas iki +20 °C temperatūros turinys nufiltruotas ir nuspaustas. Iš gautos vandeninės ištraukos buvo paruošti tirpalai, skiedžiant distiliuotu vandeniu santykiu 1:1 (ištrauka : distiliuotas vanduo); 1:2; 1:5; 1:10 ir 1:20. Eksperimente buvo naudota ir neskiesta dilgėlių vandeninė ištrauka. Kontrolinis variantas – distiliuotas vanduo.

'Skagen' veislės žieminių kviečių grūdai (po 25 vienetus pakartojime, kiekvienas variantas kartotas keturis kartus) buvo padiegti Petri lėkštelėse tarp filtrinio popieriaus, kurių apatinis buvo prisotintas paruoštais tirpalais, o viršutinis – sudrėkintas distiliuotu vandeniu. Daiginta šviesoje, fotoperiodas 16/8.

Po 168 h buvo nustatyti grūdų daigumas ir bendras chlorofilų kiekis (chlorofilų *a+b* koncentracija) koleoptilėse. Bendram chlorofilų kiekio nustatymui pasvertas 1 g koleoptilių, jos sutrintos, ir naudojant etanolį, paruošta 25 ml filtrato. Fotoelektrokolorimetru nustatyta šviesos ekstincija (*E*) ir apskaičiuota chlorofilų koncentracija pagal formulę:

$$Cx = (E \times 900) / (d \times 56000), \quad (1)$$

čia *Cx* – chlorofilų koncentracija (g litre ekstrakto);

E – šviesos ekstincija;

d – kiuvetės storis (0,508 cm);

900 – chlorofilų (*a+b*) molekulinė masė;

56000 – chlorofilų absorbcijos koeficientas.

Nustatytas kiekvieno eksperimento santykinis grūdų daigumas (SGD):

$$SGD = GD_{\text{eksp.}} (\%) / GD_k (\%) \times 100, \quad (2)$$

čia *GD eksp.* – kiekvieno eksperimento grūdų daigumo vidurkis;

GD k – kontrolės grūdų daigumo vidurkis.

Taikant šio tipo formulę, buvo nustatyta ir kiekvieno eksperimento santykinė chlorofilų koncentracija (SchK).

Tyrimo duomenys statistiškai įvertinti, naudojantis programų paketo SELEKCIJA programomis ANOVA (vidurkio standartinė paklaidą ($\pm SD$)) ir STAT_eng (statistinis duomenų vertinimas pagal *t* kriterijų) (Raudonius, 2017).

Rezultatai ir aptarimas

Žiemojančių žemės ūkio augalų tolygus ir aukštas daigumas yra viena iš sąlygų, užtikrinančių gerą jų pasiruošimą įvairiems nepalankiems veiksniams šiuo laikotarpiu. Tai ypač aktualu tvaraus ūkininkavimo sąlygomis, kai nenaudojamos intensyvaus ūkininkavimo priemonės ir būdai. Mūsų eksperimente dilgėlės vandeninės ištraukos skiesti tirpalai neturėjo esminės įtakos 'Skagen' veislės žieminių kviečių grūdų daigumui, išskyrus koncentruotą pačios ištraukos slopinantį poveikį (1 lentelė).

1 lentelė. 'Skagen' veislės žieminių kviečių grūdų daigumas didžiosios dilgėlės vandeninės ištraukos tirpaluose

Table 1. Germination of 'Skagen' winter wheat grains in the stinging nettle aqueous extract

Variantai <i>Treatments</i>	Daigumas % <i>Germination %</i>	Santykinis grūdų daigumas (SGD) <i>Relative seeds germination RSG</i>	Nuokrypis nuo kontrolės <i>Deviation from control (±)</i>
Kontrolė <i>Control</i>	94,0 $\pm$ 2,0 a	100 a	-
Ištrauka <i>Extract</i>	76,0 $\pm$ 2,0 b	80,9 b	-19,1
1:1	96,0 $\pm$ 0,5 a	102,1 a	+2,1
1:2	94,0 $\pm$ 0,0 a	100 a	0
1:5	94,0 $\pm$ 1,5 a	100 a	0
1:10	94,0 $\pm$ 1,5 a	100 a	0
1:20	96,0 $\pm$ 0,0 a	102,1 a	+2,1

Pastaba: kontrolinis variantas – distiliuotas vanduo; 1:1 (1:2 ir t.t.) – didžiosios dilgėlės lapų žalios masės vandeninės ištraukos skiedimo distiliuotu vandeniu santykis; tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b), skirtumai yra esminiai ($P < 0,05$).

Note: control – distilled water; 1:1 (1:2, etc.) is the ratio of the dilution of the nettle leaves green mass extract with distilled water; means not sharing a common letter (a, b) are significantly different ($P < 0.05$).

Lyginant su kontroliniu ir kitais eksperimento variantais nuokrypis sudarė 19,1–21,2 santykinio vieneto.

Kaip teigiama literatūros šaltiniuose (Jacubczyk et al., 2015, Rutto et al., 2013) didžiosios dilgėlės augaluose esantys elementai ir aktyvūs junginiai gali tapti puikia biotrasa, tuo pačiu suaktyvinti kviečių grūdų dygimo procesą ir ypač reikalingus hormonus – giberelinus. Literatūros šaltiniuose yra duomenų apie aleopatinį dilgėlės vandeninės ištraukos poveikį kviečių, miežių ir avižų daigumui, daigų aukščiui bei svoriui, kur teigiama, kad poveikis priklausė ne tik nuo koncentracijos, bet ir nuo augalo rūšies (Bojovic et al., 2015). Pvz., miežių daigumas

buvo labiau slopinamas nei kviečių. Tačiau visais atvejais labiausiai slopino didžiausios ištraukos koncentracijos. Tikėtina šio reiškinio priežastis – vandens prietaką į grūdus slopino ištrauka dėl osmosinių potencialų skirtumo.

Amini su bendraautoriais (Amini et al., 2014) nurodo, kad *Lactuca sativa* L. didžiausią teigiamą poveikį turėjo dilgėlės lapai. Mes savo eksperimente ištraukos gamybai taip pat panaudojome jaunus dilgėlės lapus, kuriuose paprastai vyksta patys intensyviausi fiziologiniai procesai ir yra sukaupta didžiausias kiekis aktyvių junginių.

Įvertinus chlorofilų kiekį kviečių koleoptilėse, matyti, kad didžiausių koncentracijų ištraukos tirpalai slopino chlorofilų sintezę (2 lentelė). Kaip buvo minėta, koncentruota ištrauka, slopindama daigumą, negatyviai veiksma koleoptilių aukštį, slopino ir chlorofilų sintezę (1 pav.).

2 lentelė. Chlorofilų kiekis 'Skagen' veislės žieminių kviečių koleoptilėse didžiosios dilgėlės vandeninės ištraukos tirpaluose

Table 2. Chlorophyll content in coleoptile of 'Skagen' winter wheat in the stinging nettle aqueous extract

Variantai <i>Treatments</i>	Chlorofilų kiekis mg l ⁻¹ <i>Chlorophyll content mg l⁻¹</i>	Santykinis chlorofilų kiekis (SchK) <i>Relative chlorophyll content RCIC</i>	Nuokrypis nuo kontrolės <i>Deviation from control (±)</i>
Kontrolė <i>Control</i>	9,75 $\pm$ 0,01 a	100 a	-
Ištrauka <i>Extract</i>	0	0	0
1:1	3,20 $\pm$ 0,01 f	32,82 f	-67,18
1:2	7,40 $\pm$ 0,01 c	75,89c	-24,11
1:5	11,75 $\pm$ 0,01b	120,51b	+20,51
1:10	10,35 $\pm$ 0,01c	106,15c	+6,15
1:20	11,48 $\pm$ 0,02d	117,70 d	+17,74

Pastaba: kontrolinis variantas – distiliuotas vanduo; 1:1 (1:2 ir t.t.) – didžiosios dilgėlės lapų žalios masės vandeninės ištraukos skiedimo distiliuotu vandeniu santykis; tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b), skirtumai yra esminiai ($P < 0,05$).

Note: control – distilled water; 1:1 (1:2, etc.) is the ratio of the dilution of the nettle leaves green mass extract with distilled water; means not sharing a common letter (a, b) are significantly different ($P < 0.05$).

Esmingai mažiausia chlorofilų koncentracija nustatyta tirpale, skiestame santykiu 1:1. Chlorofilų kiekis joje buvo 67,18 santykinio vieneto mažesnis, nei kontroliniame variante, o lyginant su kitais tirpalais – 4,20–8,55 mg l⁻¹ mažesnis.

Skiedžiant ištrauką, chlorofilų kiekis koleoptilėse didėjo. Tačiau didžiausia jų koncentracija (11,75 mg l⁻¹, arba 2,0 mg l⁻¹ esmingai didesnė nei kontroliniame variante) buvo tirpale, skiestame santykiu 1:5. Ji buvo 0,27 ir 1,40 mg l⁻¹ esmingai didesnė, nei tirpaluose, skiestuose santykiu 1:10 ir 1:20.

Šio reiškinio priežastimi galėjo būti optimali mineralinės mitybos elementų, ypač Mg, N ir Fe, tiesiogiai dalyvaujančių chlorofilų sintezėje, koncentracija. Pastarųjų elementų kiekis didžiosios dilgėlės lapuose, kaip teigiama literatūros šaltiniuose (Jacubczyk et al., 2015), yra labai didelis.



1 pav. Didžiosios dilgėlės vandeninės ištraukos įtaka žieminių kviečių koleoptilių išsivystymui: k – kontrolinis variantas; eks., 1:1, 1:10 – ištrauka ir ja skiesti tirpalai.

Fig. 1. Influence of the nettle aqueous extract on the development of winter wheat coleoptile: k – control, eks., 1:1, 1:10 – extract and diluted solutions.

Literatūros šaltiniuose (Smalstienė ir kt., 2017) nurodoma, kad žieminių kviečių chlorofilų indeksą ir asimiliacinį lapų plotą esmingai didino amonio ir nitratinę bei amidinę formas turinčios azoto trąšos. Todėl jau pradinėje – dygimo – stadijoje pakankamas ir prieinamas formos azoto kiekis teigiamai veiks chlorofilų sintezę koleoptilėse.

Išvados

1. Koncentruota didžiosios dilgėlės (*Urtica dioica* L.) lapų žalios masės vandeninė ištrauka slopino žieminių kviečių 'Skagen' veislės grūdų daigumą (76,0 %, arba 19,1 santykinio vieneto mažesnis nei kontroliniame variante). Skiesti ištraukos tirpalai esminės įtakos daigumui neturėjo.

2. Koncentruotoje dilgėlės vandeninėje ištraukoje dėl mažo žieminių kviečių koleoptilių išsivystymo chlorofilų (a+b) kiekis jose nebuvo nustatytas. Skiesti (1:1 ir 1:2) vandeninės ištraukos tirpalai slopino chlorofilų sintezę žieminių kviečių koleoptilėse.

4. Labiau praskiesti ištraukos tirpalai skatino intensyvesnę chlorofilų sintezę. Esmingai didžiausias chlorofilų kiekis buvo 1:5 santykiu skiestame tirpale ir siekė 11,75 mg l⁻¹, arba 20,51 santykinio vieneto didesnis nei kontroliniame variante.

Literatūra

- Amini, S., Azizi, M., Joharchi, M., Shafei N., Moradinezhad, F., Fujii, Y. (2014). Determination of allelopathic potenciali in some medicinal and wild plant species of Iran by dish pach method. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 26(3-4), 189-199. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s40626-014-0017-z>.
- Bojovic, R., Dragana, J., Z., Stankovic, M. (2015). Allelopathic effect of aqueous extracts of *Urtica dioica* L. on germination of some cereals. *The 2nd International Conference on Plant Biology-21st Symposium of the Serbian Plant Physiology Society, Petnica, Serbi*.
- Commission Staff Working document: *Basic Substrate Urtica ssp. Sante/11809/2016-rev.0.1*. 24 January 2017. Prieiga per internetą: <https://mst.dk/media/171098/urtica-spp-rr-jan-2017.pdf>.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Dull, R., Wirth, V., Werner, W., Paulisen, D. (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe. *Scripta Geobotanica*, V. 18. Verlag Erich Goltze KG, Göttingen.
- Findura, P., Hara, P., Szpraga, A., Kocera, S., Czewinska, E., Bartoš, P., Treder, K. (2020). Evaluation of the effects of allelopathic aqueous plant extracts, as potential preparations for seed dressing, on the modulation of Cauliflower seed germination. *Agriculture*, 10(4), 122; Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/agriculture10040122>.
- Jacubczyk, K., Janda, K., Szkyran, S., Gutowska, I., Wolska, J. (2015). Stinging nettle (*Urtica dioica* L.) – botanical characteristics, biochemical composition and health benefits. *Pomeranian Journal Life Science*, 61(2), 191-199. Prieiga per internetą: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27141606/>.
- Kenneth, T. (2009). Biological Flora of the british Isles: *Urtica dioica* L. *Journal of Ecology*, 97(6), 1436-1458. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01575.x>.
- Kocira, S.; Hara, P.; Szparaga, A.; Czerwińska, E.; Beloev, H.; Findura, P.; Bajus, P. (2020). Evaluation of the effectiveness of the use of biopreparations as seed dressings. *Agriculture*, 10 (4), 90. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/agriculture10040090>.
- Nencu, I., Vlase, L., Istudor, V., Mircea, T. (2015). Preliminary research reading *Urea urens* L. and *Urea dioica* L.. *Farmacologia*, 63(5), 710-715.
- Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Žemdirbystė-Agriculture*, 107(4), 377–382.
- Rutto, L., K., Xu, Y., Ramirez, E., Brandt, M. (2013). Mineral Properties and dietary value of raw and processed stinging nettle (*Urtica dioica* L.). *International Journal of Food Science*. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1155/2013/857120>.
- Smalstienė, V., Pranckietienė, I., Dromantienė, R., Šidlauskas, G. (2017). Skirtingų azoto formų ir tręšimo laiko poveikis žieminiams kviečiams. *Žemės ūkio mokslai*, 24(3), 81-90.

Simona Petrauskė, Regina Malinauskaitė

Nettle Water Extract Effect of Chlorophyll Quantity in Winter Wheat Coleoptiles

Summary

Influence of the green mass leaves *Urtica dioica* L aqueous extract on the total chlorophyll content (chlorophyll a + b concentration) was evaluated in coleoptiles of winter wheat of Skagen variety. The experiment was performed in 2021 in the summer. The grains are applied to a paper filter saturated with an aqueous extract of nettle leaves and solutions diluted. Dilution options: extract: distilled water 1:1; 1:2; 1:5; 1:10 and 1:20. Control option – distilled water. Sprouted in the light. Each variant of the experiment was repeated four times. In the nettle water extract, the average height of coleoptiles was 4-5 mm due to the significantly lower grain germination (76.0%). For this reason, the content of chlorophylls in the extract was not determined. The lowest

total chlorophyll content (3.2 mg l^{-1}) in coleoptiles was in the 1:1 diluted extract and the highest in the 1:5 diluted, nettle extract was 11.75 mg l^{-1} , or 2.0 mg l^{-1} higher compared to control option. In the 1:10 and 1:20 dilutions, the total chlorophyll content was 0.6 and 1.73 mg l^{-1} , higher compared to the control option. Diluted nettle aqueous extract solutions had no significant effect on grain germination.

Chlorophyll content, nettle, wheat, allelopathy.

Gauta 2022 m. vasario mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Simona Petrauskė. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agronomijos studijų programos studentė. Adresas: Studentų d. 11, LT-53361, Akademija, Kauno r. Tel. 8 639 42 803, el. paštas: simona.petrauske@vdu.lt

Regina Malinauskaitė. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Biologijos ir maisto mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361, Akademija, Kauno r. Tel. 8 681 96 385, el. paštas: regina.malinauskaite@vdu.lt

Simona Petrauskė. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Studento f Agronomy. prof. Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. 8 639 42 803, e-mail: simona.petrauske@vdu.lt

Regina Malinauskaitė. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Departments of Biology and Food Sciences, assoc. prof. Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel. 8 681 96 385, e-mail: regina.malinauskaite@vdu.lt

Biologinių produktų ir tręšimo azotu įtaka žieminių kviečių agrocenozei

Rita Čepulienė, Darija Jodaugienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Intensyvių žemės ūkio augalų auginimo technologijų taikymas naudojant didelius trąšų ir pesticidų kiekius, neigiamai veikia natūralius dirvožemio biocheminius, fizikinius ir biologinius procesus. Taip skatinama dirvožemio degradacija lemianti vis blogėjančią dirvožemio būklę. Pastaruoju metu apie 60–70 % Europos Sąjungos dirvožemio būklė nėra gera. Siekiant išvengti dirvožemio degradacijos keliamo pavojaus turime dirvožemiui skirti didžiausią dėmesį. Dirvožemio būklės gerinimui vis plačiau augalų auginimo technologijose taikomi inovatyvūs biologinės kilmės produktai.

Lauko eksperimentas vykdytas 2019–2020 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje limnoglacialinio priemolio ant moreninio priemolio karbonatingame giliau glėžiškame išplautžemyje (*Calcari-Endohypogleyic Luvisol*). Atliktas dviejų biologinių produktų iš huminių ir fulvo rūgščių su mikroorganizmais (Nr.1) ir gamybinių biologinių atliekų (melasa) su mikroorganizmais (Nr.2) poveikio žieminių kviečių agrocenozei, naudojant skirtingą – N_{105} ir N_{165} azoto kiekį, tyrimas. Tyrimo metu buvo įvertinta šių inovatyvių biologinių produktų įtaka dirvožemio fizikinėms ir agrocheminėms savybėms, augalų fotosintetiniams ir augimo rodikliams bei žieminių kviečių produktyvumo didinimui. Nustatyta, kad abu produktai, kviečius tręšiant azoto N_{105} kiekiu, esmingai ($P < 0,05$) didino suminio azoto kiekį (16,5 %) dirvožemyje, lyginant su azoto kiekiu dirvožemyje kur biologiniai produktai nebuvo naudoti ir esmingai didino humuso kiekį (atitinkamai 27 ir 34 %), lyginant su humuso kiekiu dirvožemyje kur augalai buvo tręšti azoto N_{165} kiekiu. Tirti produktai didino žieminių kviečių asimiliacinį lapų plotą bei chlorofilo indeksą. Produktas Nr. 1 ir tręšimas azoto N_{105} ir N_{165} kiekiu, sąlygojo esmingai didesnę patvarių dirvožemio agregatų kiekį, atitinkamai 63 ir 51 %, lyginant su dirvožemio patvarumu kviečius tręšiant azoto N_{165} kiekiu ir nenaudojant tiriamųjų produktų. Kviečių derlingumą esmingai didino biologinis produktas Nr.1. Šis produktas, kviečius tręšiant azoto tiek N_{105} , tiek ir N_{165} kiekiu, žieminių kviečių derlingumą didino atitinkamai 41 ir 30 %, lyginant su derlingumu kviečių, kurių auginimui biologiniai produktai nebuvo naudoti.

Biologiniai produktai, tręšimas, azotas, žieminiai kviečiai

Įvadas

Intensyvėjant žemės ūkio produktų gamybai buvo naudojami vis didesni trąšų ir cheminių augalų apsaugos produktų kiekiai. Didelis jų naudojimas ne tik didina augalų derlingumą, mažina kenksmingų organizmų poveikį, bet ir sunaikina dirvožemio mikroorganizmus, dėl kurių trūkumo prasideda dirvožemio derlingumo mažėjimas, pablogėja bendra dirvožemio būklė, nes dirvožemyje gyvenančios mikroorganizmų bendruomenės yra įvardijamos kaip varikliai, skatinantys maistinių medžiagų transformaciją ir išskyrimą (Ishaq, 2017). Mikroorganizmai gerindami dirvožemio fizikines ir chemines savybes netiesiogiai užtikrina reikiamas augalų augimo sąlygas, stiprindami augalo imunitetą ir biologines savybes, turi tiesioginės įtakos augalų augimo parametrus (Dunst, 2017). Mikroorganizmų svarba dirvožemyje susijusi ne tik su pačiame dirvožemyje vykstančiais procesais, bet ir su nuosekliu visų ekosistemos funkcijų veikimu (Thiele-Bruch et al, 2020).

Nuolatos mažėjantis dirvožemio derlingumas verčia susimąstyti ir ieškoti būdų, kaip būtų galima šį procesą sustabdyti ar net atstatyti dirvožemio derlingumą. Biologiniai produktai – mikroorganizmų ir kitų biologinių medžiagų kompleksai, padeda pagerinti dirvožemio savybes, stiprina augalų imuninę sistemą (Girdvainytė ir kt., 2015). Tačiau biologinių preparatų teigiamam poveikiui turi įtakos ir dirvožemio aplinka, kuri yra labai sudėtinga ir nevienoda, todėl daugeliu atvejų augalai turi ribotus tiek energetinius, tiek mitybinius išteklius. Biologiniai produktai gerindami dirvožemio fizikines ir chemines savybes netiesiogiai užtikrina reikiamas augalų augimo sąlygas, o tai turi tiesioginės įtakos augalų augimo parametrus ir produktyvumui (Sootahar, et al., 2019). Moksliniais tyrimais nustatyta, kad augalus apipurškus biologinių preparatų tirpalais intensyviau vyksta fotosintezės procesai. Vykstant spartesnei fotosintezei asimiliatai yra sparčiau pernešami iš lapų į šaknis, o nuo to didėja augalų produktyvumas (Jakienė, 2011).

Biologinių produktų rūšių yra daug, tačiau teigiama, kad huminių rūgščių pagrindu pagaminti biologiniai

preparatai didina augalų produktyvumą, jų augimą, šaknų formavimąsi bei atsparumą ligoms (Mockevičienė ir kt., 2015). Šios huminės ir fulvo rūgštys reikšmingai prisideda gerinant dirvožemio fizikines ir chemines savybes (Prancietienė ir kt., 2013). Tyrimais nustatyta, kad huminės ir fulvo rūgštys gerina dirvožemio aeraciją ir vandens cirkuliaciją, o tai sudaro geresnes sąlygas žemės ūkio augalams šaknytis, ypač turintiems silpną šaknų sistemą (Sootahar et al., 2019).

Tyrimų tikslas – įvertinti biologinių produktų (Nr. 1 ir Nr. 2) įtaką dirvožemio savybėms, kviečių krūmijimuisi, lapų plotui, chlorofilo indeksui, sausųjų medžiagų kiekiui augaluose bei kviečių produktyvumui, naudojant skirtingą azoto kiekį.

Tyrimų metodika

Tikslieji lauko bandymai atlikti 2019–2020 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje limnoglacialinio priemolio ant moreninio priemolio karbonatingame giliau glėžiškame išplautžemyje (*Calcari-Endohypogleyic Luvisol*). Žemės naudmenų našumas 46 balai (Lietuvos dirvožemiai, 2001; Staugaitis, Vaišvila, 2015). Eksperimentas atliktas neutralokame (pH_{KCl} 6,8), didelio fosforingumo ($227 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$), vidutinio kalkingumo ($105 \text{ mg kg}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$) ir vidutinio humusingumo (2,33 proc.) dirvožemyje.

Eksperimento veiksnys A – biologiniai produktai: 1) produktai nenaudoti (kontrolė), 2) produktas Nr. 1 (kompleksas huminių ir fulvo rūgščių su mikroorganizmais), 3) produktas Nr. 2 (kompleksas gamybinių biologinių atliekų (melasa) su mikroorganizmais). Veiksnys B – tręšimas azotu: 1) azoto trąšų norma N_{105} , 2) azoto trąšų norma N_{165} .

Prieš ražienų skutimą eksperimento laukeliai buvo purkšti biologiniais produktais Nr. 1 ir Nr. 2 norma 2 l ha^{-1} . Po skutimo buvo pasėti žieminiai kviečiai (veislė 'Skagen'), sėklos norma 170 kg ha^{-1} .

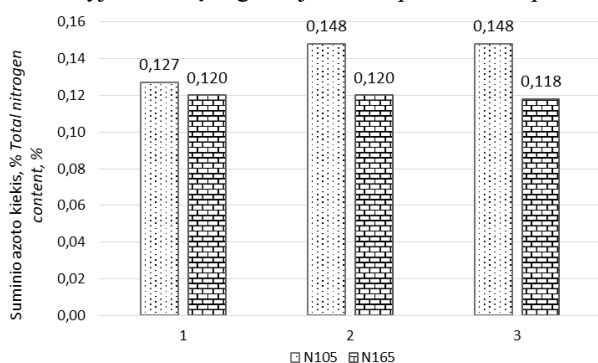
Dirvožemio ėminiai fizikinių ir agrocheminių savybių nustatymui imti prieš bandymo įrengimą ir po žieminių

kviečių derliaus nuėmimo, iš 0–20 cm sluoksnio kiekvieno laukelio 15 vietų, sudarant jungtinį laukelio ėminį.

Tyrimų duomenys įvertinti dviejų veiksnių dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterinę programą SPLIT-PLOT iš programų paketo SELEKCIJA (Raudonius, 2009).

Rezultatai ir aptarimas

Biologiniai produktai, sudaryti iš huminių ir fulvo rūgščių su mikroorganizmais kompleksu ir gamybinių biologinių atliekų (melasa) su mikroorganizmais kompleksu, patikimai padidino suminio azoto kiekį dirvožemyje po derliaus nuėmimo kai žieminiai kviečiai buvo tręšti azoto N_{105} kiekiu (1 pav.). Azoto kiekis dirvožemyje kviečių vegetacijos metu padidino 17 proc.

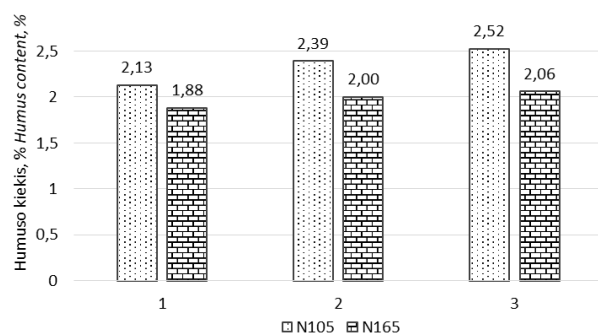


1 pav. Biologinių produktų ir tręšimo azotu įtaką dirvožemio azotingumui po derliaus nuėmimo: 1 – biologiniai produktai nenaudoti (kontrolė); 2 – biologinis produktas Nr.1; 3 – biologinis produktas Nr. 2. $R_{0,05AB}=0,018$

Fig. 1. Influence of biological products and nitrogen fertilization on soil nitrogen after harvest: 1 – Biological products not used (control); 2 – Biological product No. 1; 3 – Biological product No. 2. $LSD_{0,05AB}=0,018$

Žieminis kviečius tręšiant azoto N_{165} norma, biologiniai produktai neturėjo įtakos suminio azoto kiekiui.

Abu tirti biologiniai produktai, nepriklausomai nuo azoto normos, patikimai didino humuso kiekį dirvožemyje (2 pav.). Kviečius tręšiant azoto N_{105} kiekiu, produktas Nr. 1 humusingumą padidino 12 proc., o tręšiant azoto N_{165} kiekiu – 6,4 proc., lyginant su humusingumu dirvožemio kur tiriami produktai nebuvo naudoti.

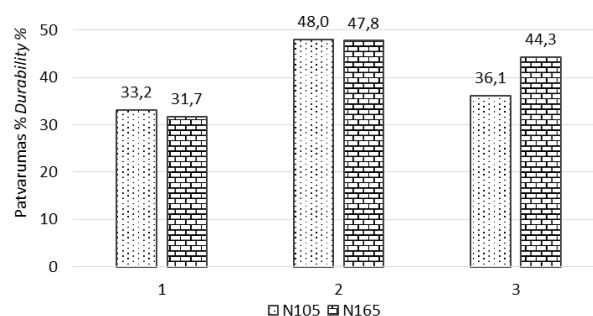


2 pav. Biologinių produktų ir tręšimo azotu įtaką dirvožemio humusingumui po derliaus nuėmimo: 1 – biologiniai produktai nenaudoti (kontrolė); 2 – biologinis produktas Nr.1; 3 – biologinis produktas Nr. 2. $R_{0,05AB}=0,111$

Fig. 2. Influence of biological products and nitrogen fertilization on soil humus content after harvest: 1 – Biological products not used (control); 2 – Biological product No. 1; 3 – Biological product No. 2. $LSD_{0,05AB}=0,111$

Produktas Nr.2 humifikacijos procesą skatino labiau nei produktas Nr.1. Taikant tręšimą azoto N_{105} kiekiu ir naudojant šį produktą humuso dirvožemyje buvo 18 proc., o tręšiant azoto N_{165} kiekiu – 10 proc. daugiau nei dirvožemyje kur biologiniai produktai nebuvo naudoti. K. Polischuk (2015) nustatė, kad biologinių produktų ir mineralinių trąšų naudojimas javų auginimo technologijoje padidina dirvožemio derlingumą, nes padidina lengvai hidrolizuojamo, labilaus azoto kiekį.

Dirvožemiai, turintys 40–60 proc. vandenyje patvarių agregatų (>0,25 mm), yra tinkamiausi žemės dirbimui (Dexter, 1988). Abu tirti biologiniai produktai turėjo teigiamos įtakos dirvožemio struktūros patvarumui (3 pav.). Didžiausias šis rodiklis buvo nustatytas dirvožemyje, kur buvo naudotas produktas Nr. 1 ir žieminiai kviečiai tręšti azoto N_{105} kiekiu, o naudojant azoto N_{165} normą dirvožemio patvarumas buvo 0,4 proc. mažesnis. Lyginant su biologiniais produktais nepurkšto dirvožemio patvarumu, produktas Nr. 1 dirvožemio struktūros patvarumą padidino vidutiniškai 48 proc.



3 pav. Biologinių produktų ir azoto kiekio įtaką dirvožemio struktūros patvarumui po derliaus nuėmimo: 1 – biologiniai produktai nenaudoti (kontrolė); 2 – biologinis produktas Nr.1; 3 – biologinis produktas Nr. 2. $R_{0,05AB}=8,161$

Fig. 3. Influence of biological products and nitrogen contents on the durability of soil structure after harvest: 1 – Biological products not used (control); 2 – Biological product No. 1; 3 – Biological product No. 2. $LSD_{0,05AB}=8,161$

Didesnė azoto N_{165} norma ir biologinis produktas Nr. 2 užtikrino esmingai didesnę (23 proc.) dirvožemio struktūros patvarumą nei šis produktas, taikant mažesnę N_{105} azoto normą, nors ir čia struktūra buvo 9 proc. patvaresnė už biologiniais produktais nepurkšto dirvožemio struktūrą.

Žiemių kviečių fotosintetiniai rodikliai – lapų chlorofilo indeksas ir asimiliacinis lapų plotas, nustatyti žydėjimo tarpsniu, parodė, kad abu tirti biologiniai produktai turėjo teigiamos įtakos kviečių augimui (1 lentelė). Kviečius tręšiant azoto N_{165} kiekiu, chlorofilo indeksą esmingai didino abu produktai – produktas Nr. 1 šį rodiklį didino 5 proc., o produktas Nr. 2 – 6 proc., lyginant su chlorofilo indeksu kviečių, augintų nenaudojant biologinių produktų. Tręšiant azoto N_{105} kiekiu ir naudojant produktą Nr. 1, asimiliacinis lapų plotas buvo esmingai – 9 proc., o naudojant produktą Nr. 2 – 30 proc. didesnis už lapų plotą kviečių, augintų be biologinių produktų. Mokslininkai teigia, kad biologiniuose produktuose esančios humusinės medžiagos teigiamai veikia augalų kvėpavimą ir fotosintezę, krūmijimąsi, didina maistinių medžiagų naudojimo efektyvumą ir abiotinio streso toleranciją (Canellas et al., 2015).

1 lentelė. Biologinių produktų ir tręšimo azotu įtaka žieminių kviečių augimui
Table 1. Influence of biological products and nitrogen fertilization on winter wheat development

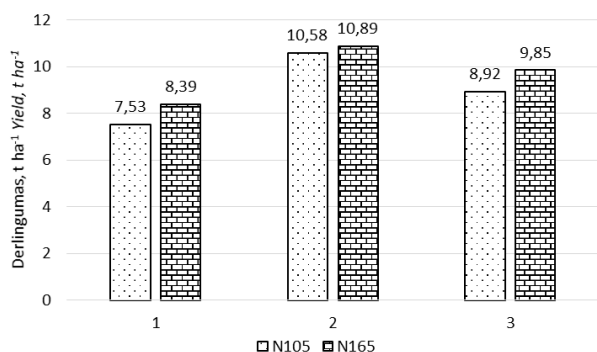
Variantai Treatments	Chlorofilo indeksas Chlorophyll index	Lapų plotas, cm ² Leaf area, cm ²	Sausųjų medžiagų kiekis, % Dry matter content, %	Krūmijimosi koeficientas Coefficient of bushing
N ₁₀₅				
Biologiniai produktai nenaudoti (kontrolė) Biological products not used (control)	33,2	40,8	33,1	1,46
Biologinis produktas Nr.1 Biological product No.1	33,6	44,4	33,1	1,68
Biologinis produktas Nr.2 Biological product No.2	33,9	53,1	34,7	1,53
N ₁₆₅				
Biologiniai produktai nenaudoti (kontrolė) Biological products not used (control)	32,3	39,8	34,3	1,40
Biologinis produktas Nr.1 Biological product No.1	34,0	48,6	32,8	1,66
Biologinis produktas Nr.2 Biological product No.2	34,2	46,5	33,4	1,66
<i>R_{0,05} AB LSD_{0,05AB}</i>	<i>1,263</i>	<i>3,586</i>	<i>2,011</i>	<i>0,289</i>

Biologiniai produktai esmingai didino asimiliacinį lapų plotą ir taikant azoto N₁₆₅ normą. Lapų plotas padidėjo vidutiniškai 19,5 proc., lyginant su lapų plotu kviečių, augintų be biologinių produktų.

Kviečių žydėjimo tarpsniu sausųjų medžiagų augalų antžeminėje dalyje buvo susikaupęs panašus kiekis. Tik kviečius tręšiant azoto N₁₀₅ norma ir naudojant biologinį produktą Nr.2 buvo nustatyta sausųjų medžiagų kaupimo tendencija.

Žieminių kviečių auginimo technologijoje taikant tręšimą azoto tiek N₁₀₅, tiek ir N₁₆₅ kiekiu, abu tirti biologiniai produktai turėjo tendenciją didinti kviečių krūmijimosi koeficientą. Geriausiai krūmijosi kviečiai tręšti azoto N₁₀₅ norma naudojant biologinį produktą Nr.1.

Žieminių kviečių derlingumą esmingai didino biologinis produktas Nr.1 (4 pav.).



4 pav. Biologinių produktų ir tręšimo azotu įtaką žieminių kviečių derlingumui: 1 – biologiniai produktai nenaudoti (kontrolė); 2 – biologinis produktas Nr.1; 3 – biologinis produktas Nr. 2. *R_{0,05AB} = 2,419*

Fig. 4. Influence of biological products and nitrogen fertilization on winter wheat yield: 1 – Biological products not used (control); 2 – Biological product No. 1; 3 – Biological product No. 2. *LSD_{0,05AB} = 2,419*

Naudojant šį produktą ir taikant mažesnę azoto N₁₀₅ normą, kviečių derlingumas padidėjo 41 proc., o kviečius patręšus azoto N₁₆₅ kiekiu, jų derlingumas padidėjo 30 proc., lyginant su derlingumu kviečių, kurių auginimui biologiniai produktai nebuvo naudoti. Biologinis produktas Nr.2 turėjo tendenciją didinti žieminių kviečių derlingumą tiek taikant tręšimą azoto N₁₀₅, tiek ir N₁₆₅ kiekiu. Kviečių derlingumas padidėjo atitinkamai 18 ir 17 proc., tačiau neesmingai.

Išvados

1. Biologiniai produktai, kviečius tręšiant azoto N₁₀₅ kiekiu, esmingai (*P*<0,05) padidino suminio azoto kiekį (16,5 proc.) lyginant su azoto kiekiu dirvožemyje kur biologiniai produktai nebuvo naudoti.

2. Esmingai daugiau humuso dirvožemyje susidarė naudojant biologinius produktus ir kviečius tręšiant azoto N₁₀₅ norma (atitinkamai 27 ir 34 proc.), lyginant su humuso kiekiu dirvožemyje kur augalai buvo tręšti azoto N₁₆₅ kiekiu.

3. Abu tirti biologiniai produktai turėjo (*P*<0,05) teigiamos įtakos dirvožemio struktūros patvarumui. Šis rodiklis buvo didžiausias dirvožemyje, kur buvo naudotas produktas Nr.1 ir žieminiai kviečiai tręšti azoto N₁₀₅ kiekiu.

4. Kviečius tręšiant azoto N₁₆₅ kiekiu, chlorofilo indeksą esmingai didino abu tirti produktai. Tręšiant azoto N₁₀₅ kiekiu ir naudojant produktą Nr.1, asimiliacinis lapų plotas buvo esmingai – 9 proc., o naudojant produktą Nr. 2 – 30 proc. didesnis už lapų plotą kviečių, augintų be biologinių produktų.

5. Taikant didesnę azoto N₁₆₅ normą, biologiniai produktai turėjo tendenciją slopinti sausųjų medžiagų kaupimąsi augalų antžeminėje dalyje kviečių žydėjimo tarpsniu.

6. Tirti biologiniai produktai turėjo tendenciją didinti kviečių krūmijimosi koeficientą taikant tręšimą tiek azoto N_{105} , tiek ir N_{165} kiekiu.

7. Biologinis produktas Nr.1 taikant abi azoto normas esmingai didino žieminių kviečių derlingumą atitinkamai 41 ir 30 proc., lyginant su derlingumu kviečių, kurių auginimui biologiniai produktai nebuvo naudoti.

Literatūra

- Canellas, L., Olivares, F., Aguiar, N., Jones, D., Nebioso, A., Mazzei, P. ir Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 196, 15–27.
- Dexter, A. R. (1988). Advances in characterization of soil structure. *Soil and Tillage Research*, 11, 199–238.
- Dunst, G. (2017). *Kompostavimas ir dirvožemio mišinių gamyba*. Vilnius, p. 6–23.
- Girdvainytė, A., Barčytė, T., Slaninaitė, E. ir Zaleckas, E. (2015). Biologinio preparato įtaka šiaudų skaidymui. *Žmogaus ir gamtos sauga: tarptautinės mokslinės-praktinės konferencijos medžiaga*. Akademija, Kauno r., p. 25–28.
- Ishaq, S. L. (2017). Plant-microbial interactions in agriculture and the use of farming systems to improve diversity and productivity. *AIMS Microbiology*, 3 (2), p. 335–353. Prieiga per internetą: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6605018/>
- Jakienė, E. (2011). Formation of the Productivity of Spring Oilseed Rape Using a Biological Product Azofit. *Rural development*. Akademija: Aleksandras Stulginskis University, vol. 5, p. 183–188.
- Kumar Sootahar, M., Zeng, X., Su, S., Wang, Y., Bai, L., Zhang, Y. ir Zhang, X. (2019). The effect of fulvic acids derived from different materials on changing properties of albic black soil in the Northeast Plain of China. *Molecules*, 24(8), 1535. Prieiga per internetą: <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/8/1535>
- Lietuvos dirvožemiai (2001). Monografija (sudaryt. M. Eidukevičienė, V. Vasiliauskiene). Vilnius: Lietuvos mokslas, 32. p. 1244 p.
- Mockevičienė, R., Velička, R., Marcinkevičienė, A., Pupalienė, R., Kriaučiūnienė, Z. ir Butkevičienė, L. M. (2015). Soil biological activity in spring oilseed rape crop in organic farming system. *Soil degradation: theory, evidence and protection activities: book of abstracts*. Vėžaičiai, p. 32 Prieiga per internetą: <https://www.vdu.lt/cris/handle/20.500.12259/88710>
- Polischuk, K. (2015). Efficiency of biological preparations in the biological agriculture on reclaimed lands of Volyn Polissya. *Agricultural and Resource Economics*, 1(1), 38–47. Prieiga per internetą: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173155239>
- Pranckietienė, I., Dromantienė, R., Pranckietis, V. ir Mažulytė-Miškinė, E. (2013). Humuso rūgščių panaudojimas miežių biologinio potencialo didinimui. Prieiga per internetą: http://sauga.asu.lt/wpcontent/uploads/sites/8/2016/01/115-117_Pranckietiene_24.pdf
- Raudonius, S. (2009). *Mokslinių tyrimų metodika*. Akademija, 119 p.
- Sootahar, M. K., Zeng, X., Su, S., Wang, Y., Bai, L., Zhang, Y., ... & Zhang, X. (2019). The effect of fulvic acids derived from different materials on changing properties of albic black soil in the Northeast Plain of China. *Molecules*, 24(8), 1535.
- Staugaitis, G. ir Vaišvila, Z. (2015). *Inovatyvūs dirvotyros ir agrochemijos mokslo sprendimai*. Kaunas, 70–72 p.
- Thiele-Bruhn, S., Scholter, M., Wilke, B.-M., Beaudette, L.A., Martin-Laurent, F., Cheviron, N., Mougin, C. ir Rombke, J. (2020). Identification of new microbial functional standards for soil quality assessment. *Soil*, 6, 17–34. Prieiga per internetą: <https://soil.copernicus.org/articles/6/17/2020/>

Rita Čepulienė, Darija Jodaugienė

Influence of Biological Products and Nitrogen Fertilization on Agroecosis of Winter Wheat

Summary

Intensive tillage, the use of fertilizers and pesticides in agricultural crop production technologies have a negative impact on the natural biochemical, physical and biological processes in the soil. This has led to soil degradation leading to deteriorating soil state. Recently, about 60–70 % the state of the soil in the European Union is not good. In order to avoid the dangers of permanent soil degradation and the impact on the economy and human well-being, we must focus on soil fertility. Innovative biological products are increasingly used in crop production technologies to improve soil health.

The field experiment was performed in 2019–2020 at the Experimental Station of the Agricultural Academy of Vytautas Magnus University on *Calcari-Endohypogleyic Luvisol*. The effect of two biological products from humic and fulvic acids with microorganisms (No.1) and industrial biological waste (molasses) with microorganisms (No.2) on the agroecosis of winter wheat using different amounts of nitrogen – N_{105} and N_{165} , was investigated. The study evaluated the influence of these innovative biological products on the physical and agrochemical properties of the soil, photosynthetic and growth rates of plants and on increasing the productivity of winter wheat. It was found that both products, when fertilizing wheat with N_{105} nitrogen, significantly ($P<0.05$) increased the total nitrogen content in the soil compared to the nitrogen content in the soil where biological products were not used and significantly increased the humus content (respectively 27 and 34%) compared to the amount of humus in the soil where the plants were fertilized with nitrogen N_{165} . The studied products increased the assimilation leaf area and the chlorophyll index of winter wheat leaves. Product No. 1 and nitrogen fertilization with N_{105} and N_{165} resulted in significantly higher levels of persistent soil aggregates, respectively 63% and 51%, compared to soil durability with N_{165} nitrogen fertilization and no test products. The yield of winter wheat was significantly increased by the biological product No.1. The use of this product and the lower rate of nitrogen N_{105} increased the yield of wheat by 41%, and the fertilization of wheat with nitrogen N_{165} increased their yield by 30% compared to the yield of wheat without biological products.

Biological products, fertilization, nitrogen, winter wheat

Gauta 2022 m. vasario mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Rita ČEPUlienė. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros lektorė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 33, el. paštas: rita.cepulienė@vdu.lt.

Rita ČEPUlienė. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, lecture. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. Tel (+370 37) 75 23 33, e-mail : rita.cepulienė@vdu.lt.

Darija JODAUGIENė. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 33, el. paštas: darija.jodaugiene@vdu.lt.

Darija JODAUGIENė. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. Tel (+370 37) 75 23 33, e-mail : darija.jodaugiene@vdu.lt.

Mikroaugalų dauginimas bulvių (*Solanum tuberosum* L.) sėklininkystei

Rita Asakavičiūtė, Almantas Ražukas

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialas

Mikrodauginimas yra vegetatyvinio dauginimo kultūroje *in vitro* būdas, skirtas greitai ir dideliais kiekiais augalams daugini. Dauginant šiuo būdu, iš nedidelio eksplanto regeneruojama daug augalų nedidelėje erdvėje. Šiame darbe buvo naudotas mikrovegetatyvinis dauginimas. Optimali terpės sudėtis ir auginimo sąlygos kiekvienai rūšiai gali iš esmės skirtis, todėl jos nustatomos eksperimentiškai. Tyrime buvo naudoti skirtingo subrendimo laiko įvairių veislių valgomųjų bulvių (*Solanum tuberosum* L.) mikroaugalai: labai ankstyva 'VB Venta', ankstyva 'Goda', vidutinio ankstyvumo 'VB Meda' ir vėlyva 'VB Aista', taip pat auginimo reguliatorius IAR (indolil-3-acto rūgštis).

Solanum tuberosum L., indolil-3-acto rūgštis (IAR), mikroaugalai, *in vitro*

Įvadas

Meristeminiis bulvių sėklininkystės metodas šiuo metu yra perspektyviausias ir greičiausias sėklinėms bulvėms daugini. Meristeminė kultūra galėjo būti pirmasis biotechnologinis metodas, naudojamas virusams pašalinti iš sistemškai užkrėstų bulvių klonų. Per daugelį metų ši technika buvo sėkmingai derinama su mikroprodukcijos metodu, kad būtų išvestos bulvių sėklos be ligų. Greitas šių, be ligų, klonų dauginimas naudojant mikroprodukciją kartu su įprastais dauginimo metodais dabar tapo neatsiejama sėklų auginimo dalis daugelyje šalių (Barrell et al., 2013). Augalų audinių kultūros technika pastaraisiais metais tapo alternatyva ir tapo populiari kaip alternatyvus vegetatyvinio augalų dauginimo metodas (Stanienė, 2006). Sveikos, termoterapiniais būdais išvalytos nuo virusų, be bakterinių ir grybinių pradų bulvės išauginamos iš daigo augimo kūgelio meristeminių ląstelių. Tokiu būdu pasiekama ne tik gera kokybė, bet sudaromos sąlygos žymiai greičiau daugini naujų veislių bulves (Roosher, 1988).

Mikrodauginimas yra vegetatyvinio dauginimo kultūroje *in vitro* būdas, skirtas greitai ir dideliais kiekiais augalams daugini. Dauginant šiuo būdu, iš nedidelio eksplanto regeneruojama daug augalų nedidelėje erdvėje. Šiame bakalauro darbe buvo naudotas mikrovegetatyvinis dauginimas. Šiuo būdu siekiama klonuoti augalus, išlaikant jų genetines ir fiziologines savybes. Optimali terpės sudėtis ir auginimo sąlygos kiekvienai rūšiai gali iš esmės skirtis, todėl jos nustatomos eksperimentiškai.

Fitohormonai reikalingi kontroliuoti *in vitro* augalines ląsteles, audinius, organus ar ištisas augalų kultūras pagal norimus gauti rezultatus: palaikyti gyvybingumą, auginti, inicijuoti organogenezę (organų susidarymą, pavyzdžiui, stiebo su lapais ar šaknų formavimąsi) ir pan. Be fitohormonų nebūtų galima kontroliuoti augalų augimo.

Augaluose dažniausiai aptinkama IAR (indolil-3-acto rūgštis) ar kitų indolilinės kilmės junginių. Vykdam bandymus dažnai naudojami sintetiniai IAR analogai, tokie kaip 2,4D (dichlorfenoksiacto rūgštis), NAR (naftilacto rūgštis) ar kiti šių grupių auksinai. Auksinai veikia ląstelių dalijimosi, tįsimo ir diferenciacijos procesus. Tai ypač gerai matoma dirbant su audinių ir ląstelių kultūromis. Jie būtini ląstelių dalijimosi indukcijai, pirmiausiai reikalingi DNR replikacijos iniciacijai. Apskritai būtina nustatyti adekvačius auksinų ir citokininų koncentracijos kiekius augalų regeneracijai. Bandymo metu su 24 duobučių mikroplokštėmis buvo nustatytas veiksmingiausias regeneracijos metodas, tinkama ūglių regeneracija ir pastebėti optimalūs

koncentracijų skirtumai. Šiame tyrime aprašomas naujas metodas, kaip nustatoma optimali augalų augimo reguliatorių koncentracija jų regeneracijai (Ohnuma et al., 2020). Bulvių regeneracijos sąlygos skiriasi priklausomai nuo veislės. Norint nustatyti bendrus bulvių regeneracijos proceso kitimus, būtina naudoti kultūros terpę, kurioje būtų optimalios augalų augimo koncentracijos. Atlikto tyrimo metu pavyko įrodyti, kad gali būti sukurtos sąlygos įvairioms bulvių veislėms regeneruoti. Galima teigti, kad kiekviena veislė gali lengvai pasiekti palankią kultūros regeneravimo etapą, ir tai pritaikyti net genomui redaguoti.

Darbo tikslas – ištirti auksino (IAR) poveikį bulvių (*Solanum tuberosum* L.) mikroaugalams *in vitro*.

Tyrimų metodika

Tyrimo objektas. Skirtingo subrendimo laiko įvairių veislių valgomųjų bulvių (*Solanum tuberosum* L.) mikroaugalai: labai ankstyva *VB Venta*, ankstyva *Goda*, vidutinio ankstyvumo *VB Meda* ir vėlyva *VB Aista*, taip pat augimo reguliatorius IAR (indolil-3-acto rūgštis).

Kiekviena veislė savitai reikšminga, toliau pateikiamas detalesnis veislių aprašymas (Ražukas, 2003).

Bulvių veislė *VB Venta* yra labai ankstyva. Vegetacijos periodas 41–46 dienos. Keras kompaktiškas, vidutinio aukščio. Žydi negausiai, šviesiai violetiniais žiedais. Gumbai dideli, apvalūs, akutės vidutinio gylio. Odelė ir minkštumas šviesiai gelsvos spalvos. Šios veislės bulvių maistinės ir kulinarinės savybės geros. Krakmolingumas siekia 14–16 %. Prekinių gumbų išeiga 95 %. Veislė atspari ligoms, juodajai kojelei, virusams, mažai pažeidžiama rauplių, neatspari nematodams. Auginant šios veislės bulves, būtina laikytis sėjomainos. Gumbai vidutiniškai atsparūs fitoforai, auga visose dirvose. Veislė gana atspari sausrai. Daiginant šios veislės bulvių sėklas, galima išauginti ankstyvų bulvių ekologišką produkciją. Veislė 2009 metais įrašyta į rekomenduojamų ES auginti veislių sąrašą.

Bulvių veislė *Goda* priskiriama ankstyvųjų grupei. Keras išsiskleidęs, stambus, lapai stambūs, matinio blizgesio, ryškiomis gyslomis. Žydi trumpai, negausiai. Žiedų spalva balta. Gumbai vidutinio dydžio, ovaliai apvalūs, šviesiai gelsvos spalvos, sekliomis akutėmis. Minkštumas gelsvas. Pjaustant, verdant ir gaminant pusfabrikačiai ne tamsėja ir nekeičia spalvos. Krakmolingumas siekia 16–17 %. Veislė atspari vėžiui, bulviniams nematodams, neimli virusams. Gumbai atsparūs fitoforai. Labai gerai laikosi žiemą. Auga visose dirvose. Veislė atspari sausroms.

Veislės paskirtis – ankstyvosios stalo bulvės. Dėl didelio atsparumo ligoms ir geros prekinės išvaizdos tinka ekologiniams ūkiams. Veislė 2004 metais įrašyta į rekomenduojamų ES auginti veislių sąrašą.

Veislė *VB Meda* – tai vidutinio ankstyvumo bulvių veislė. Keras kompaktiškas, vidutinio dydžio. Žydi trumpai, negausiai. Žiedų spalva balta. Gumbai ovalūs, akutės seklios, gumbo odelė geltona ir šiurkšti, minkštimas geltonas. Pjaustant, verdant ir gaminant pusfabrikačius, netamsėja ir nekeičia spalvos. Maistinės ir kulinarinės savybės geros. Derlius 43,7–54,7 t ha⁻¹, krakmolingumas siekia 14,6–17,4 %. Veislė atspari vėžiui, bulviniams nematodams, neimli virusams. Gumbai atsparūs fitoftorai. Labai gerai laikosi žiemą. Auga visose dirvose. Veislė atspari sausroms. Veislės paskirtis – vidutinio ankstyvumo stalo bulvės. Dėl didelio atsparumo ligoms ir geros prekinės išvaizdos tinka ekologiniams ūkiams. Veislė 2020 metais įrašyta į rekomenduojamų ES auginti veislių sąrašą.

Bulvių veislė *VB Aista* labai vėlyva. Keras status. Stiebai nestori, šakoti, tamsiai žali, išauga aukšti. Palai ryškiai žali, gausūs žiedai balti, vidutinio dydžio, žydi gausiai ir ilgai. Mezga uogas. Gumbai stambūs, balti, plokščiai apvalūs, su sekliomis akutėmis. Minkštimas baltas. Lupena tvirta. Prekinių gumbų būna apie 90 %. Krakmolingumas siekia 21 %. Bulvės puikios skonio. Išvirtos nejuodoja, gerai suverda. Veislė atspari vėžiui, nematodams ir fitoftorai. Nebijo daužymo, gerai laikosi žiemą. Auga visose dirvose. Veislės paskirtis – stalo bulvės. Dėl didelio krakmolingumo gali būti specialiai auginama krakmolo gamybai. Ypač gerai tinka ekologiniams ūkiams, nes labai atspari fitoftorai. Veislė 2006 metais įrašyta į rekomenduojamų ES auginti veislių sąrašą.

Mikroaugalai sukarpyti ir pasodinti į tam tikros fitohormonų koncentracijos mitybos terpę (5 ml). Pasodinti eksplantai *in vitro* buvo laikomi augyne, kur automatiškai reguliuojamas fotoperiodas – per parą 16 val. daigai auga šviesoje (12 tūkst. Lx), 8 val. – tamsoje. Oro temperatūra dieną – iki 24 °C, naktį – apie 21 °C, o drėgnumas – 86–90 %. Murashige & Skoog (MS) terpė – tai viena iš plačiausiai naudojamų audinių kultūroms skirtų maitinamųjų terpių. Svarbus šios terpės bruožas yra aukštos nitratų, kalio ir amonio jonų koncentracijos. Maitinamoji terpė sterilinta autoklave 120 °C, esant 0,75–1 atm. slėgiui, 30 min, kurios pH = 5,7–5,8.

Atliktas 2 veiksmų (AxB) bandymas:

A – bulvių veislių (*VB Venta*, *Goda*, *VB Meda* ir *VB Aista*) eksplantai;

B – 3-indolilacto rūgšties (IAR) koncentracijos – 0,0; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 ir 2,0 ml l⁻¹ (tirpalai paruošti skiedimo metodu).

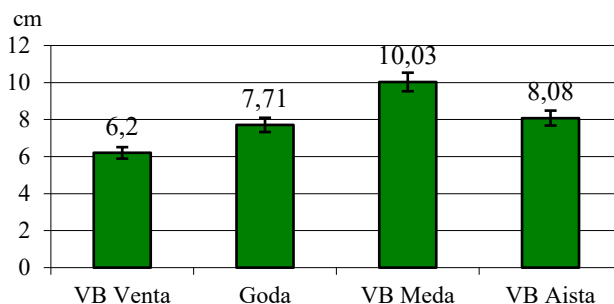
Bulvių eksplantai buvo pasodinti į skirtingos auksino koncentracijos terpes š. m. sausio 5–7 dienomis. Biometriniai rodikliai matuoti praėjus 4 savaitėms, kai mikroaugalai suformavo naujus 4–7 lapelius. Vienam variantui pasodinta 50 vnt. eksplantų, per visą bandymą – 1200 vnt. Bandymų metu matuota mikroaugalų ilgis (cm) ir masė (g).

Statistinis duomenų vertinimas atliktas panaudojant dispersinę analizę (ANOVA). Ji leido nustatyti, kurių konkrečių veislių bulvių vienos ar kitos savybių vidurkiai statistiškai reikšmingai skyrėsi, kai reikšmingumo lygmuo 99 % (Raudonius, 2009).

Rezultatai ir aptarimas

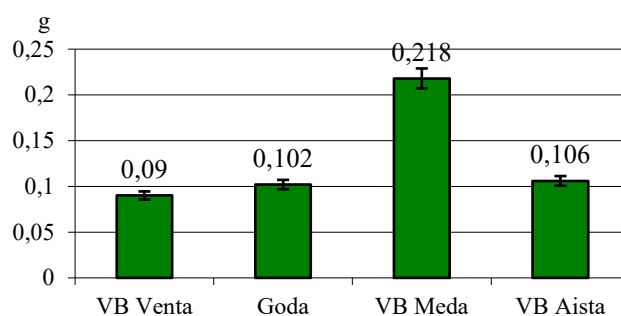
Tyrimo buvo panaudoti 4 bulvių genotipai, ir tirta kaip eksplantų *in vitro* produktyvumas priklauso nuo IAR kiekio kultivavimo terpėje. Išbandyta maitinamoji terpė su 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 ir 2,0 ml l⁻¹ IAR koncentracijomis.

Tyrimų rezultatai parodė, kad *VB Meda* veislės mikroaugalai buvo aukščiausi (vidutiniškai 10,03 cm) o žemiausi – *VB Venta* (vidutiniškai 6,2 cm) augalai (1 pav.). Daugiausiai mikroaugalų masės suformavo *VB Meas* veislės (vidutiniškai 0,218 g) eksplantai (2 pav.).



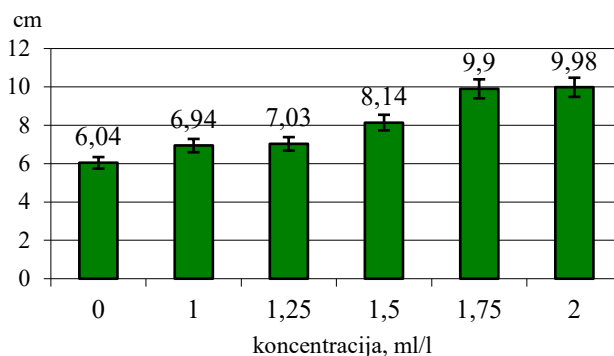
1 pav. Skirtingų bulvių genotipų įtaka mikroaugalų ilgiui (cm) naudojant auksiną. $R_{01}(A) = 0,521$

Fig. 1. The influence of different types of potato genotypes on the length of micro-crops (cm). $LSD_{01}(A) = 0.521$



2 pav. Skirtingų bulvių genotipų įtaka mikroaugalų masei (g) naudojant auksiną. $R_{01}(A) = 0,037$

Fig. 2. The influence of different potato genotypes on the mass of micro-crops (g) using auxin. $LSD_{01}(A) = 0.037$

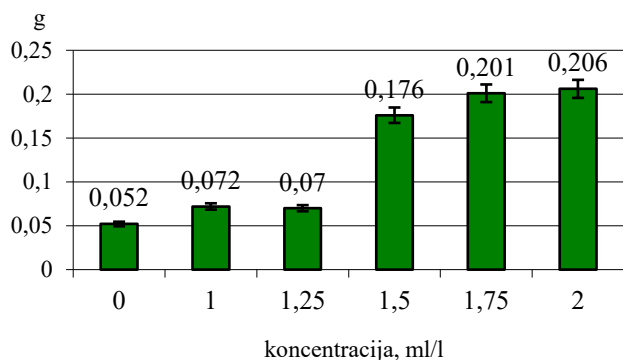


3 pav. Auksino (IAR) poveikis mikroaugalų ilgiui (cm). $R_{01}(B) = 0,675$

Fig. 3. Effects of auxin (IAR) on micro-crops length (cm). $LSD_{01}(B) = 0.675$

Apibendrinant mikroaugalų ilgio ir masės rezultatus, galima teigti, kad *VB Meda* veislės eksplantams IAR poveikis buvo didžiausias. Gerai vystėsi ir *VB Aista*, *Goda* bei *VB Venta* veislių eksplantai.

Naudojant auksino 1,75 ml l⁻¹ koncentraciją, stebimas staigus mikroaugalų ilgio (3 pav.) ir masės (4 pav.) padidėjimas.



4 pav. Auksino (IAR) poveikis mikroaugalų masei (g). $R_{01}(B) = 0,082$

Fig. 4. Effects of auxin (IAR) on micro-crops mass (g). $LSD_{01}(B) = 0.082$

Apibendrinant mikroaugalų ilgio ir masės rezultatus, galima teigti, kad 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 ir 2,0 ml l⁻¹ IAR junginio koncentracijų poveikis daugumai bandymų buvo teigiamas. Mokslinėje literatūroje teigiama, kad stiebo morfogenezei optimali auksinų koncentracija 1,0 ml l⁻¹ (Sliesaravičius, Stanys, 2005). Mūsų atliktas tyrimas parodė, kad optimali koncentracija mikroaugalams yra

1,75 ml l⁻¹. Auksinas (IAR) skatino ląstelių tįsimą ir augimą, iš dalies ir ląstelių dalijimąsi.

Išvados

1. Įvertinus bulvių mikroaugalų ilgį ir masę naudojant penkias indolil-3acto rūgšties (IAR) koncentracijas, pastebėta, kad *VB Meda* veislės eksplantams IAR poveikis buvo didžiausias. Gerai vystėsi ir *VB Aista*, *Goda* bei *VB Venta* veislių eksplantai.

2. Tiriant penkių indolil-3acto rūgšties (IAR) koncentracijų įtaką bulvių *VB Venta*, *Goda*, *VB Meda* ir *VB Aista* veislių mikroaugalams *in vitro* nustatyta, kad optimali koncentracija mikroaugalų ilgiui ir masei yra 1,75 ml l⁻¹.

Literatūra

1. Barrell, P. J., Meiyalaghan, S., Jacobs, J. M., Conner, A. J. (2013). Applications of biotechnology and genomics in potato improvement. *Plant Biotechnology Journal*, 11(8), 907–920. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1111/pbi.12099>.
2. Ohnuma, M., Teramura, H., Shimada, H. (2020). A simple method to establish an efficient medium suitable for potato regeneration. *Plant Biotechnology*, 37(1), 25–30. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.19.1209a>.
3. Raudonius, S. (2009). Mokslinių tyrimų planavimas ir analizė. Akademinis, 140 p.
4. Ražukas, A. (2003). Bulvės. Biologija, selekcija, sėklininkystė. Vilnius, 166 p.
5. Roscher, K. (1988). Biotechnologie und neue Verfahren in der Kartoffelzucht. *Feldwirtschaft*, 29(7), 318–320.
6. Sliesaravičius, A., Stanys, V. (2005). Žemės ūkio augalų biotechnologija. Kaunas, 232 p. Prieiga per internetą: <https://hdl.handle.net/20.500.12259/77827>.
7. Stanienė, G. (2006). Augalų mikrodauginimas. Baltai, 33 p.

Rita Asakaviciute, Almantas Razukas

Production of Micro-Crops Seed Potatoes (*Solanum tuberosum* L.)

Summary

Microvegetative reproduction was used in this work. The aim in this way is to clone plants, while maintaining their genetic and physiological properties. The optimal composition of the medium and the growing conditions may vary substantially from one species to another and are therefore determined experimentally.

Taking into account the length and mass of potato micro-crops using five concentrations of indolyl-3acetic acid (IAR), it was observed that the explants of the *VB Meda* variety had the greatest effect on IAR. The explants of the *VB Aista*, *Goda* and *VB Venta* varieties also developed well.

In the case of the influence of five concentrations of indolyl-3acetic acid (IAR) on micro-growths of the varieties *VB Venta*, *Goda*, *VB Meda* and *VB Aista in vitro*, it was found that the optimum concentration for the length and mass of micro-crops is 1.75 ml l⁻¹.

Solanum tuberosum L., indolyl-3acetic acid (IAR), micro-crops, *in vitro*

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Rita ASAKAVIČIUTĖ. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro mokslų daktarė. Adresas: Žalioji a. 2, LT-02232 Trakų Vokė, Vilnius. Tel. (8 52) 64 54 39, el. paštas: rita.asakaviciute@lammc.lt.

Almantas RAŽUKAS. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro mokslų daktaras. Adresas: Žalioji a. 2, LT-02232 Trakų Vokė, Vilnius. Tel. (8 52) 64 54 39, el. paštas: almantas.razukas@lammc.lt.

Rita ASAKAVIČIUTĖ. Lithuanian research centre for agriculture and forestry, Doctor of Sciences. Address: Žalioji a. 2, LT-02232 Trakų Voke, Vilnius. Tel. (+370 52) 64 54 39, e-mail: rita.asakaviciute@lammc.lt.

Almantas RAZUKAS. Lithuanian research centre for agriculture and forestry, Doctor of Sciences. Address: Žalioji a. 2, LT-02232 Trakų Voke, Vilnius. Tel. (+370 52) 64 54 39, e-mail: almantas.razukas@lammc.lt.

Skirtingų žemės dirbimų poveikis vasarinių kviečių produktyvumui

Aušra Sinkevičienė, Vaida Steponavičienė, Lina Skinulienė, Vaclovas Bogužas, Alfredas Sinkevičius, Vaida Čepulienė, Rokas Plepys

Vytauto Didžiojo Universitetas

Tyrimai atlikti siekiant įvertinti vasarinių kviečių (*Triticum aestivum* L.) kokybinių rodiklių pokyčius naudojant skirtingas žemės dirbimo sistemas. Stacionarus lauko eksperimentas atliekamas Biržų rajone Medeikių kaime ūkininko Roko Plepio ūkyje. Tyrimas atliktas 2020 metais.

Žemės dirbimo būdai: 1. GA – gilus arimas pavasarį 23–25 cm gyliu, sekusis purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu (kontrolė, gilus arimas); 2. SA – sekusis arimas pavasarį 13–16 cm gyliu, sekusis purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu; 3. SN – gilus purenimas noraginiu purentuvu pavasarį 13–16 cm gyliu, sekusis purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu; 4. SD – sekusis purenimas diskiniu purentuvu pavasarį 7–9 cm gyliu, sekusis purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu.

Rezultatai rodo, kad vasarinių kviečių sudygimas po 3 ir 10 dienų, produktyvių stiebų skaičius, 1000 grūdų masė, derlingumas buvo nustatytas didesnis laukuose, kuriuose sekliai purenama diskiniu purentuvu. Taikant supaprastintas žemės dirbimo sistemas vasarinių kviečių grūduose nustatytas mažesnis krakmolingumas, lyginat su giliu arimu. Laukeliuose kuriuose buvo taikytas gilus purenimas noraginiu purentuvu ir sekusis purenimas diskiniu purentuvu vasarinių kviečių grūdų baltymingumas nustatytas didesnis, o sekliai artuose mažesnis.

Kviečiai, supaprastintas žemės dirbimas, derlingumas

Įvadas

Lietuvoje vis labiau matomas besikeičiantis klimatas, iš šio veiksnio kyla problema – derliaus nuostoliai. Derliaus praradimą galima sumažinti auginant tam tinkamas augalų veisles ir taikant minimalias žemės dirbimo technologijas, labiau pritaikytas šiltėjantiui klimatui (Duchovskis, Brazaitytė ir kt., 2015). Vasariniai kviečiai dar kitaip vadinami duoniniais javais yra sėjami anksti pavasarį. Vasariniai kviečiai gali pakeisti neišžiemėjusius arba dėl rudeninių darbų gausos nespėjusius pasėti žieminius kviečius (Petrulis, 1997). Iš vasarinių varpinių javų, patys reikliausi yra vasariniai kviečiai. Vasariniams kviečiams reikėtų paskirti derlingesnes žemes, turinčias daugiau maisto medžiagų, žinoma, gerai įdirbtas, nes jie yra reiklesni auginimo sąlygoms ir sunkiau įsisavina maisto medžiagas dėl prastesnės šaknų struktūros (Tindžiulis, 1986). Tinkamiausios augti dirvos vidutinio sunkumo priemoliai ir priemėliai, sunkiau auga rūgščiose dirvose ir sunkiame molyje. Labiausiai reiklūs drėgmei nuo krūmijimosi pradžios iki išplaukėjimo pabaigos. Po šių tarpsnių pabaigos nebėra tokie reiklūs drėgmei (Šeškas, 2006).

Tausojančiojo žemės dirbimo tyrimų rezultatai labai dažnai skiriasi ne tik pasaulyje, bet ir mūsų šalyje, o kartais net prieštarauja vieni kitiems. Rezultatų neatitikimą galima paaiškinti dėl tyrimo vykdymo skirtingais metodais, skirtingos granulometrinės sudėties dirvožemiuose ir dėl skirtingų klimatinų sąlygų. Nuo pesticidų, skirtų augalų apsaugai, labai priklauso, kaip veiks naudotos žemės dirbimo sistemos, taip pat didelę įtaką turi tręšimo intensyvumas, žemės ūkio augalų biologinės savybės (Jodaugienė, 2002).

Žieminių kviečių derliaus kokybei įtakos turi endogeniniai veiksniai – genetinės savybės ir egzogeniniai – dirvožemis, meteorologinės sąlygos ir antropogeninė veikla (Fowler, 2003). Derlingumo didinimui ir kokybės gerinimui, be agrotechnikos sąlygų, turi poveikį tręšimas, nes trąšos lemia 22–30 % derliaus pokyčių, tuo tarpu sėjomaina – 5–12 %, dirvos paruošimas, cheminė augalų apsauga – 12–24 % (Petraitis ir kt., 2001).

Tyrimų tikslas – įvertinti bei palyginti skirtingo žemės dirbimo poveikį vasarinių kviečių (*Triticum aestivum* L.) produktyvumui. *Tyrimo objektas* – kviečio (*Triticum aestivum* L.) vasarinis pasėlis.

Tyrimų metodika

Stacionarus lauko eksperimentas atliktas Biržų rajone Medeikių kaime ūkininko Roko Plepio ūkyje. Tyrimas atliktas 2020 metais.

Žemės dirbimo būdai: 1. GA – gilus arimas pavasarį 23–25 cm gyliu, sekusis purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu (kontrolė, gilus arimas); 2. SA – sekusis arimas pavasarį 13–16 cm gyliu, sekusis purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu; 3. SN – gilus purenimas noraginiu purentuvu pavasarį 13–16 cm gyliu, sekusis purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu; 4. SD – sekusis purenimas diskiniu purentuvu pavasarį 7–9 cm gyliu, sekusis purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu.

Augalų kaita eksperimente: 1) daugiametės žolės; 2) vasariniai kviečiai; 3) vasariniai kviečiai; 4) vasariniai miežiai.

Eksperimentas atliekamas 4 pakartojimais. Iš viso yra 16 kiekvieno augalo laukelių. Pradinis laukelių dydis – 120,4 m² (14 x 8,6 m), o apskaitomasis – 66 m² (10 x 6,6 m). Eksperimento variantų laukeliai išdėstyti randomizuotai. Laukelio apsauginė juosta – 4 m pločio, o tarp pakartojimų – 10 m pločio.

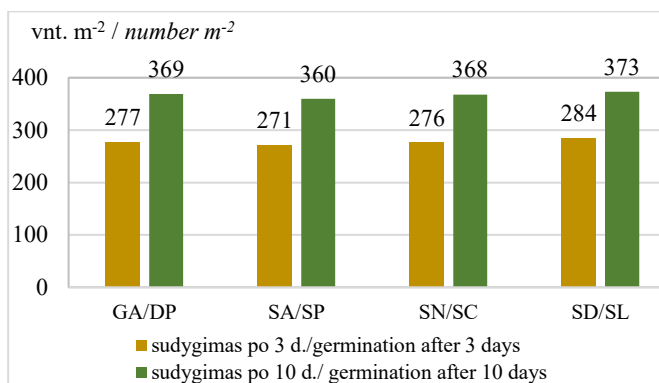
Daigų tankumas buvo nustatomas du kartus: trečią ir dešimtą dieną nuo dygimo pradžios. Kiekviename laukelyje daigų tankumas skaičiuojamas dešimtyje atsitiktinai parinktų vietų 1 metro ilgio eilutėje. Daigų tankumas buvo perskaičiuojamas vnt. m⁻². Pasėlio tankumas (produktyvių stiebų skaičius) buvo nustatomas brandos tarpsnyje, 50x50 cm rėmeliais, 4 laukelio vietose ir išreikštas vnt. m². 1000 grūdų masė nustatyta iš kiekvieno varianto sudarytų vidutinių mėginių imant tris kartus po 500 vienetų ir, išvedus vidurkius, padauginus iš dviejų. Krakmolo kiekio nustatymas. Ewers poliarimetrinis metodas (ISO 10520: 1997). Baltymų kiekio: nustatymo metodika yra pateikta standarte LST 1593:2000. „Baltymų kiekio sveikuose kviečiuose nustatymas artimosios infraraudonosios spindulių spektroskopijos metodu“. Grūdų derlingumo, t ha⁻¹ nustatymas. Kiekvieno laukelio grūdų derlingumas apskaičiuotas kombaine esančia kompiuterizuota svėrimo sistema. Drėgnis nustatytas iš karto. Derlingumas perskaičiuotas prie

14 proc. drėgmės absoliučia švaria grūdų mase. Paimti 2 kg grūdų ėminiai, grūdų kokybės rodikliams nustatyti.

Tyrimo duomenys apdoroti dviejų veiksmų dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterines programas ANOVA ir GLM iš programos paketo SYSTAT 10. Skirtumų tikimybės lygis įvertintas LSD testu: * $0,05 \leq P < 0,01$; ** $0,01 \leq P < 0,001$; *** $P \leq 0,001$.

Rezultatai ir aptarimas

Mokslininkai nustatė, kad vasarinių kviečių derlingumas susideda iš skirtingų faktorių, tokių kaip: pasėlio tankumas, sėklos daigumas, 1000 grūdų masė, grūdų kiekis varpoje ir produktyvių stiebų skaičius. Šiuos rodiklius nulemia klimato bei dirvožemio savybės, augalo biologija, taip pat taikytinos agrotechninės priemonės (Feizienė ir kt. 2000).



1 pav. Skirtingų žemės dirbimų poveikis vasarinių kviečių sudygimui po 3 ir 10 dienų

Fig. 1. Effect of different tillages on spring wheat after 3 and 10 days

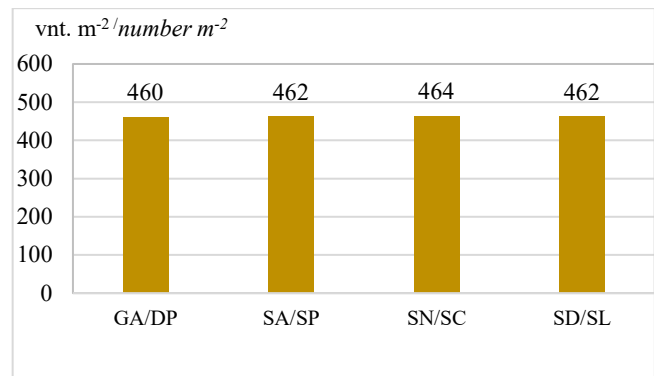
Pastaba: Esminių skirtumų nėra: $P > 0,05$.

Note: No significant differences at $P > 0,05$.

Atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad skirtingi žemės dirbimai neturėjo esminio poveikio vasarinių kviečių pasėlio sudygimui (1 pav.). Nustatyta, kad skaičiuojant sudygimą po 3 dienų didžiausias (284 vnt.m⁻²) sudygimas nustatytas laukeliuose kuriuose buvo taikytas seklausis purenimas diskiniu purentuvu pavasarį, o mažiausias (271 vnt.m⁻²) sekliai artuose laukeliuose. Skaičiuojant sudygimą vasarinių kviečių pasėlyje po 10 dienų nustatytos panašios tendencijos, kaip ir po 3 dienų. Didesnis 1,10 proc. sudygimas nustatytas laukeliuose, kuriuose buvo taikytas seklausis purenimas diskiniu purentuvu pavasarį, lyginant su giliu arimu. Kiti žemės dirbimai turėjo tendenciją mažinti vasarinių kviečių sudygimą, lyginant su tradiciniu žemės dirbimu.

Didžiausią įtaką turintys faktoriai, nustatantys pasėlių derlių – grūdų kiekis ir masė varpoje, bei 1 m² esantis produktyvių stiebų skaičius. Biologiniai javų ypatumai leidžia jiems saugoti maisto medžiagas stiebuose, iš kurių vėliau augina derlių. 60–75 proc. sukaupytų maisto medžiagų vėliau naudojama grūdų užauginimui. Didesnį grūdų derlingumą gali nulemti reikiamas kviečių pasirengimas plaukėjimo tarpsniu. Grūdų derlius gali paaugti 120–150 kg ha⁻¹ vien tik padidinus produktyvių stiebų skaičių 10 vnt. m². Derlius gali padidėti ar net sumažėti vien pakeitus grūdų

kiekį varpoje, kiekis svyruoja 200–250 kg ha⁻¹ (Šiuliauskas, Liakas, 2009).



2 pav. Skirtingų žemės dirbimų poveikis vasarinių kviečių produktyvių stiebų skaičiui m⁻²

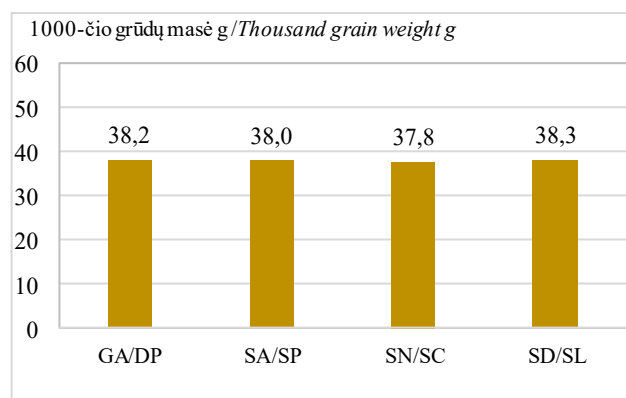
Fig. 2. Effect of different tillages on spring wheat amount of productive stems

Pastaba: Esminių skirtumų nėra: $P > 0,05$.

Note: No significant differences at $P > 0,05$.

Skirtingos žemės dirbimo technologijos neturėjo esminio poveikio vasarinių kviečių produktyvių stiebų skaičiui (2 pav.). Lyginant supaprastintas žemės dirbimo sistemas su įprastiniu arimu nustatyta, kad taikant šias sistemas vasarinių kviečių produktyvių stiebų skaičius didesnis, nei giliai artuose laukeliuose. Didžiausias (464 vnt. m⁻²) produktyvių stiebų skaičius m⁻² nustatytas laukeliuose, kuriuose buvo taikytas gilusis purenimas noraginiais purentuvais pavasarį.

Vieno vasarinio kviečio grūdo masė gali būti nuo 38 mg iki 45 mg. Tyrimais įrodyta, kad 1000 grūdų masei pakitus tik 1 gramu, grūdų kiekis gali padidėti net 150 kg ha⁻¹ (Šiuliauskas, Liakas, 2009).



3 pav. Skirtingų žemės dirbimų poveikis vasarinių kviečių 1000-čio grūdų masei

Fig. 3. Effect of different tillages on spring wheat 1000 grain weight g

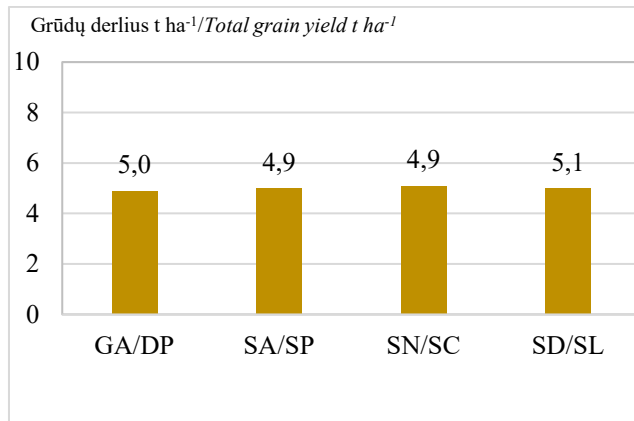
Pastaba: Esminių skirtumų nėra: $P > 0,05$.

Note: No significant differences at $P > 0,05$.

Nustačius vasarinių kviečių 1000 grūdų masę, galima teigti, kad negiliai purentuose diskiniu purentuvu pavasarį laukeliuose buvo nustatyta didžiausia (38,3 g), 1000 grūdų masė, tačiau neturėjo esminio skirtumo, lyginant su giliai suartais laukeliais (3 pav.). Sekliai artuose ir giliai

purentuose noraginiu purentuvu pavasarį laukeliuose vasarinių kviečių 1000 grūdų masė nustatyta mažesnė, nei įprastai įdirbtuose laukeliuose.

Tinkamų trąšų pasirinkimas ir aprūpinimas reikalingomis maisto medžiagomis, padeda pagerinti vasarinių kviečių kokybinius rodiklius ir žinoma, didesnę derlių (Pekarskas, 2012). Iš atliktų tyrimų matoma, kad žemės ūkio augalų derlius ne visada priklauso nuo žemės dirbimo intensyvumo (Bogužas ir kt., 2010).

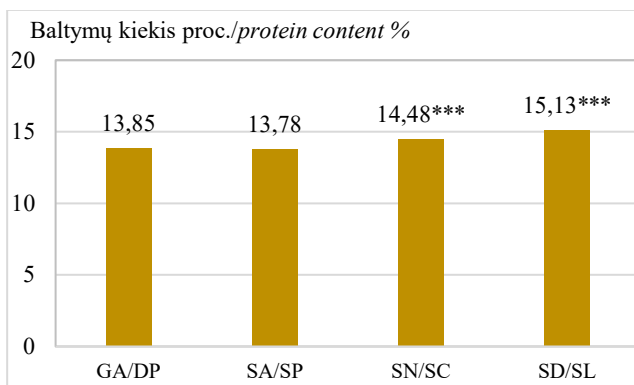


4 pav. Skirtingų žemės dirbimų poveikis vasarinių kviečių derlingumui
Fig. 4. Effects of different tillages on spring wheat yield

Pastaba: Esminių skirtumų nėra: $P > 0,05$.

Note: No significant differences at $P > 0.05$.

Iš atliktų tyrimų rezultatų matoma, kad esminių skirtumų skirtingai įdirbtuose laukeliuose nėra, gausus grūdų derlius užaugintas giliai purentuose noraginiu purentuvu laukeliuose ($5,1 \text{ t ha}^{-1}$) (4 pav.). Nustačius vasarinių kviečių derlingumą galima teigti, kad skirtingos žemės dirbimo technologijos neturėjo esminio poveikio vasarinių kviečių derlingumui. Mažiausias ($4,9 \text{ t ha}^{-1}$) vasarinių kviečių derlingumas buvo nustatytas laukeliuose, kuriuose taikytas sekliasis arimas ir gilusis purenimas noraginiu purentuvu pavasarį. Sekliasis purenimas diskiniu purentuvu pavasarį didino 2,0 proc. vasarinių kviečių derlingumą, lyginant su įprastiniu arimu.



5 pav. Skirtingų žemės dirbimų poveikis vasarinių kviečių grūdų baltymingumui

Fig. 5. Effects of different tillages on spring wheat amount of protein content

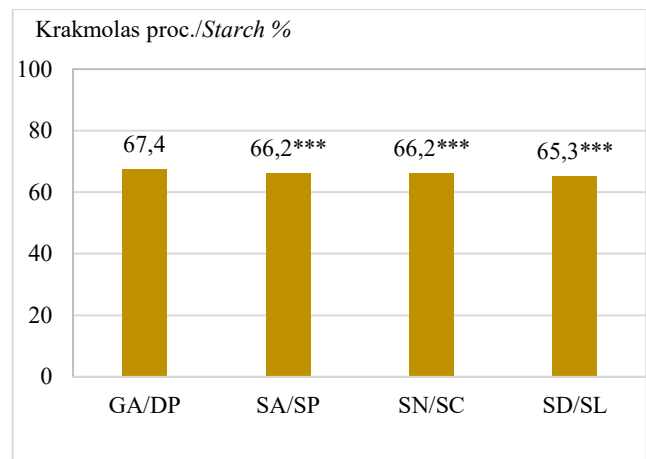
Pastaba: *** – skirtumas esminis esant 99,99% tikimybės lygiui.

Note: *** – 99,99% probability level.

Esminė savybė ir duonos kokybę sąlygojantis rodiklis – baltymų kiekis kviečiuose ir jų miltuose (Finney et al., 1987). Kviečių fizikinės glitimo savybės priklauso nuo: inhibitorių veiklos, fermentų aktyvumo, baltymų grupių formavimo, veislės genetinių savybių, drėgnų grūdų džiovimo režimo, oro sąlygų grūdų brendimo metu, augalų mitybos sąlygų, o ypač aprūpinimo azotu ir kitų ypatumų (Janušauskaitė, Mašauskas, 2004).

Laukeliuose, kuriuose taikytas sekliasis purenimas diskiniu purentuvu ir gilusis purenimas noraginiu purentuvu, esmingai didėjo 0,63 ir 1,28 proc. vnt. vasarinių kviečių grūdų baltymingumas, lyginant su tradiciniu žemės dirbimu (5 pav.). Sekliai artuose laukeliuose vasarinių kviečių grūdų baltymingumas nustatytas labai panašus, kaip ir giliai artuose laukeliuose.

Angliavandenėms kultūroms kviečiai priskiriami pagal cheminę grūdų sudėtį. 60–65 proc. kviečių grūduose sudaro krakmolą. Krakmolą yra ir labai vertinamas ne tik maisto reikmėms skirtų grūdų kokybės rodiklis, dėl savo specifinių funkcinių savybių – klampumo, kontrolės stabilumo ir struktūros (Wilson et al., 2006).



6 pav. Skirtingų žemės dirbimų poveikis vasarinių kviečių grūdų krakmolingumui

Fig. 6. Effects of different tillages on spring wheat amount of starch

Pastaba: tikimybės lygiui, *** – skirtumas esminis esant 99,99% tikimybės lygiui.

Note: *** – 99,99% probability level.

Supaprastinto žemės dirbimo technologijos esmingai mažino nuo 1,2 iki 2,1 proc. vnt. vasarinių kviečių grūdų krakmolingumą, lyginant su įprastiniu žemės dirbimu (6 pav.).

Išvados

1. Vasarinių kviečių pasėlio po 3 ir 10 d. sudygimas, produktyvių stiebų skaičius, 1000 grūdų masė, derlingumas nustatytas didesnis laukeliuose, kuriuose taikytas sekliasis purenimas diskiniu purentuvu. Sekliai artuose ir giliai purentuose noraginiu skutiku laukeliuose, vasarinių kviečių pasėlyje nustatytos nevienodos tendencijos.

2. Taikant supaprastintas žemės dirbimo sistemas krakmolo kiekis grūduose nustatytas mažesnis, lyginant su įprastiniu žemės dirbimu. Laukeliuose, kuriuose buvo taikytas gilus purenimas noraginiu purentuvu ir sekliasis purenimas diskiniu purentuvu, vasarinių kviečių grūdų

baltymingumas nustatytas didesnis, o sekliai artuose – mažesnis.

Literatūra

1. Bogužas, V.; Kairytė, A.; Jodaugienė, D. (2010). *Soil physical properties and earthworms as affected by soil tillage systems, straw and green manure management*. Žemdirbystė-Agriculture. Vol. 97, no. 3, p. 3–14.
2. Duchovskis, P.; Brazaitytė, A.; Samuolienė, G.; Viršilė, A.; Vaštakaitė, V. (2015). Fotofiziologinių tyrimų būklė ir jų taikymo perspektyvos augalininkystėje: studija. Vilnius: LMA, 92 p.
3. Fowler, D. B. Crop Nitrogen Demand and Grain Protein Concentration of Spring and Winter Wheat // *Agronomy Journal*. – (2003). Vol. 95, s. 260–265
4. Janušauskaitė, D.; Mašauskas, V. (2004). *Žieminių ir vasarinių kviečių derliaus ir grūdų kokybės priklausomumas nuo azoto trąšų normų*. Žemdirbystė: LŽI mokslo darbai. Dotnuva, Akademija. T. 57, p. 43–55.
5. Jodaugienė, D. (2002) *Ilgamečio arimo ir purenimo įtaka dirvožemiui ir žemės ūkio augalų pasėliams supaprastinto žemės dirbimo sistemoje*: daktaro disertacijos santrauka. Akademija, p. 5–21.
6. Pekarskas, J. (2012). *Effect of growth activator Penergetic-p on organically grown spring wheat*. Žemės ūkio mokslai, 19(3), 151–160.
7. Petraitis, V.; Magyla, A.; Mašauskas, V. ir kt. Konkurencingo grūdų ūkio perspektyvos Lietuvoje // *Konkurencingas žemės ūkis ir jo svarba šalies ekonomikai*. – Vilnius, (2001), p.105–117
8. Petrulis, J. 1997. Kviečiai, Vilnius, 226 p.
9. Šeškas, A. (2006). *Augalininkystės technologijos*. Mastaičiai, 141–147 p.
10. Šiuliauskas, A.; Liakas, V. (2009). *Žieminių kviečių pasėlių priežiūros aktualijos gegužės pabaigoje – birželio pradžioje* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021 m. gruodžio 2 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.linagro.lt/lt.php/agrotechnologiju-naujienos/?nid=428>
11. Tindžiulis, A. 1986. *Javai*. Mokslo, Vilnius.
12. Wilson, J. D.; Bechte, D. B.; Todd, T. C. (2006). Measurement of wheat starch granule size distribution using image analysis and laser diffraction technology. *Cereal Chemistry*. Nr. 83 (3), p. 68–259.

Aušra Sinkevičienė, Vaida Steponavičienė, Lina Skinulienė, Vaclovas Bogužas, Alfredas Sinkevičius, Vaida Čepulienė, Rokas Plepys

Effects of Different Tillages on Spring Wheat Productivity

Summary

Place of experiment: Stationary field experiment was conducted at Rokas Plepys farm in Medeikiai village, Biržai district in 2020. Research objective – evaluate and compare the effect of different tillage methods on the productivity, yield, grain quality indicators. The aim of the study was to evaluate and compare the effect of different tillage on the productivity of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Tillage methods: 1) DP – Deep plowing in the spring, 23–25 cm. depth, shallow loosening of the sowing using a cultivator, 4–5 cm. depth (control, deep plowing); 2.) SP – shallow plowing in the spring, 13–16 cm. depth, shallow loosening before sowing with a cultivator, 4–5 cm. depth; 3.) SC – deep loosening with a coulter cultivator in the spring, 13–16 cm depth, shallow loosening before sowing with a cultivator, 4–5 cm. depth; 4.) SL – shallow loosening with a disc harrow in the spring, 7–9 cm, depth, shallow loosening before sowing with a cultivator, 4–5 cm. depth.

Results: spring wheat crop germination after 3 and 10 days, amount of productive stems, 1000 grain mass, higher fertility was identified at the fields that shallow loosening with a disc harrow was applied on. While using simplified tillage systems, the amount of amount of starch in grains was lower. Fields that deep loosening using a coulter and shallow loosening with a disc harrow was applied upon, showed a higher value of protein content spring wheat crops, and a lower value among shallow plowed ones.

Wheat, simplified tillage, productivity

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 29, el. paštas: ausra.sinkeviciene@vdu.lt.

Aušra SINKEVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Biomedical Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 29, e-mail: ausra.sinkeviciene@vdu.lt.

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų daktaras, Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: vaida.steponavicene@vdu.lt.

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Agriculture Science. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 11, e-mail: vaida.steponavicene@vdu.lt.

Lina SKINULIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų srities daktarė, Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: lina.skinuliene@vdu.lt.

Lina SKINULIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Agriculture Science. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 11, e-mail: lina.skinuliene@vdu.lt.

Vaclovas BOGUŽAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: vaclovas.boguzas@vdu.lt.

Vaclovas BOGUŽAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Biomedical Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 29, e-mail: vaclovas.boguzas@vdu.lt.

Alfredas SINKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų instituto Agronomijos studijų programos doktorantas. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. el. paštas: alfredas.sinkevicius@agrokonzernas.lt.

Alfredas SINKEVIČIUS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agronomy PhD student of Science (MSc).; Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. e-mail: alfredas.sinkevicius@agrokonzernas.lt.

Vaida ČEPU LIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: vaida.cepulienė@vdu.lt.

Vaida ČEPU LIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agronomy masters of Science (MSc). Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 33, e-mail: vaida.cepulienė@vdu.lt.

Rokas PLEPYS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos bakalaurs. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: rokas.plepys@vdu.lt.

Rokas PLEPYS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agronomy bachelor of Science (MSc). Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 33, e-mail: rokas.plepys@vdu.lt.

Skirtingų priešėlių įtaka dirvožemio hidrofizikinėms savybėms kviečių pasėlyje

Karolis Rekštys, Lina Skinulienė, Vaclovas Bogužas, Vaida Steponavičienė, Aušra Sinkevičienė, Ernestas Petrauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Dirvožemiuose kaupiasi vanduo, oras ir organinės medžiagos. Subalansuotas šių dirvožemio komponentų kiekis sudaro palankų vandens režimą ariamajame sluoksnyje, aprūpina šaknis deguonimi ir mitybos elementais, kurie lemia augalų produktyvumą. Eksperimentas vykdytas 2021 metais ilgametėje sėjomainų kolekcijoje įkurtoje 1966 metais, Vytauto Didžiojo universitete, Bandymų stotyje. Tyrimo objektas: vasarinių kviečių 'Kapitol', pasėliai 3 sėjomainose (Norfolko, Javų, Lauko su kaupiamaisiais augalais) po skirtingų priešėlių. Tyrimo tikslas: ištirti ilgalaikių sėjomainų skirtingų priešėlių poveikį dirvožemio hidrofizikinėms savybėms. Tyrimo uždaviniai: nustatyti dirvožemio vandentalpą, tankį, bendrąjį poringumą ir CO₂ emisijas įvairiose sėjomainose po skirtingų priešėlių.

Tyrimo metodai: dirvožemio drėgmės kiekis, temperatūra ir CO₂ emisijos nustatytos IRGA metodu. Matavimai atlikti 3 kartus: pirmą kartą – vegetacijos pradžioje, antrą kartą – augalų vegetacijos viduryje, trečią kartą – vegetacijos pabaigoje. Vandentalpa nustatyta sorbcijos (pF) metodu. Šios analizės metu gauti rezultatai panaudoti dirvožemio tankiui ir bendrajam poringumui apskaičiuoti.

Tyrimo rezultatai: vasarinių kviečių pasėliuose didžiausios CO₂ emisijos nustatytos vegetacijos viduryje, kai dirvožemiai buvo drėgniausi ir šilčiausi. Intensyviausia CO₂ apykaita nustatyta po dobilų ir motiejukų mišinio Norfolko sėjomainoje. Priešėliai, kurie paliko didesnę augalinių liekanų kiekį dirvoje, lėmė didesnę dirvožemio drėgmės kiekį, žemesnę dirvožemio temperatūrą ir didesnę CO₂ apykaitos intensyvumą. Priešėliai neturėjo esminio poveikio dirvožemio tankiui ir bendrajam poringumui.

Sėjomainos, priešėliai, dirvožemio CO₂ emisijos, vandentalpa

Įvadas

Dažnai žemdirbiai siekia gauti kuo didesnę augalų derlingumą nepagalvodami apie tvaraus ūkininkavimo principus. Ūkininkai dažniausiai sudaro trumpų rotacijų sėjomainas, kuriose dominuoja pelningiausi žemės ūkio augalai (pavyzdžiui, javai), kurie alina dirvožemį. Trumpų rotacijų sėjomainos neduoda teigiamo poveikio dirvožemio savybėms. Geriausias priešėlių veiksmingumas pasiekiamas tada, kai sudaromos ilgesnės rotacijos su įvairesniais augalais. Siekiant tinkamai išnaudoti dirvožemio potencialą, dirvožemio derlingumą mažinančius augalus reikia kaitalioti su derlingumą gerinančiais, vengiant atsėliavimo (Pupalienė, Bogužas, 2016).

Priešėliai turi įtakos dirvožemio vandens, oro ir temperatūros režimui. Tinkamai parinkus priešėlius pagerėja dirvožemio biologinės, cheminės ir fizikinės savybės (Reza, 2016).

Dirvožemio CO₂ emisijos priklauso nuo sukaupto organinės anglies kiekio dirvožemyje, organinių medžiagų kokybės, dirvožemio ir oro temperatūros, drėgmės, auginamų augalų rūšies, šaknų sistemos išsivystymo, dirvožemio fizikinių, cheminių savybių, drenažo, Saulės energijos, fotosintezės ir kt. (Raich, Tufekciogul, 2020).

Temos aktualumas: dirvožemio drėgmė, oras ir šiluma yra labai svarbūs sėkloms dygti ir augalams augti bei vystytis. Itin svarbu palaikyti optimalias drėgmės, oro ir temperatūros sąlygas dirvoje, kad augalai nepatirtų streso ir galėtų pasiekti aukštą produktyvumą, todėl labai svarbu atlikti tyrimus ir išsiaiškinti, kokį poveikį dirvožemio hidrofizikinėms savybėms turės skirtingi priešėliai.

Tyrimo tikslas: ištirti ilgalaikėse sėjomainose skirtingų priešėlių poveikį dirvožemio hidrofizikinėms savybėms.

Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas atliktas 2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje (54°53'N + 23°50'E). Tyrimai vykdyti sėjomainų kolekcijoje, kuri įkurta prieš daugiau nei 50 metų – prof. dr. A. Stancevičiaus iniciatyva. Dirvožemio tyrimai atlikti 3

skirtingose sėjomainose (javų, Norfolko, lauko su kaupiamaisiais). Šiose sėjomainose dirvožemio savybės vertintos vasarinių kviečių (*Triticum aestivum* L.) veislės 'Kapitol' pasėliuose po skirtingų priešėlių (vikių ir avižų mišinys žaliajam pašarui, dobilų ir motiejukų mišinio ir po juodojo pūdymo).

Pradinis laukelių plotas – 182 m². Kiekvienas laukelis buvo suskirstytas į 3 pakartojimus. Apskaitomojo laukelio dydis – 32 m².

Dirvožemio drėgmės, temperatūros ir CO₂ išsiskyrimas nustatytas IRGA metodu (angl. Infra Red Gas Analyzer). CO₂ išsiskyrimui nustatyti buvo naudojama portatyvinė dirvožemio respiracijos sistema LI-8100A su kamera 8100-103. Dirvožemio drėgmei nustatyti prie portatyvinės dirvožemio respiracijos sistemos buvo naudojamas priedelis 8100-204. Dirvožemio temperatūrai nustatyti prie portatyvinės dirvožemio respiracijos sistemos naudojamas priedelis 8100-203. Matavimai atliekami 3 kartus: pirmą kartą – prasidėjus vasarinių javų vegetacijai, antrą kartą – augalų vegetacijos viduryje, trečią kartą – vegetacijos pabaigoje. Kiekviename apskaitiniame laukelyje buvo įrengta po vieną matavimo vietą, kuriose atlikta 3 matavimai. Vasarinių kviečių pasėliuose pirmą kartą matavimai atlikti birželio 1 d., antrą – liepos 13 d., o trečią – rugpjūčio 3 d.

Vandentalpa nustatoma sorbcijos (pF) metodu. Vasarinių kviečių pasėliuose ėminiai paimti prasidėjus javų vegetacijai. Kiekviename laukelyje iš 5–10 cm gylio imama po 2 nesuardytos dirvožemio struktūros ėminius. Vandentalpai nustatyti buvo naudojami siurbimo ir slėgio aparatai. Siurbimo aparatas „Eijkelkamp“ (sintetinio smėlio dėžė) naudotas nuo 0 iki 2,7–3,0 pF reikšmėms, o membraniniai slėgio aparatai – didesnių reikšmių nustatymui. Remiantis gautais duomenimis, apskaičiuotas dirvožemio tankis, poringumas.

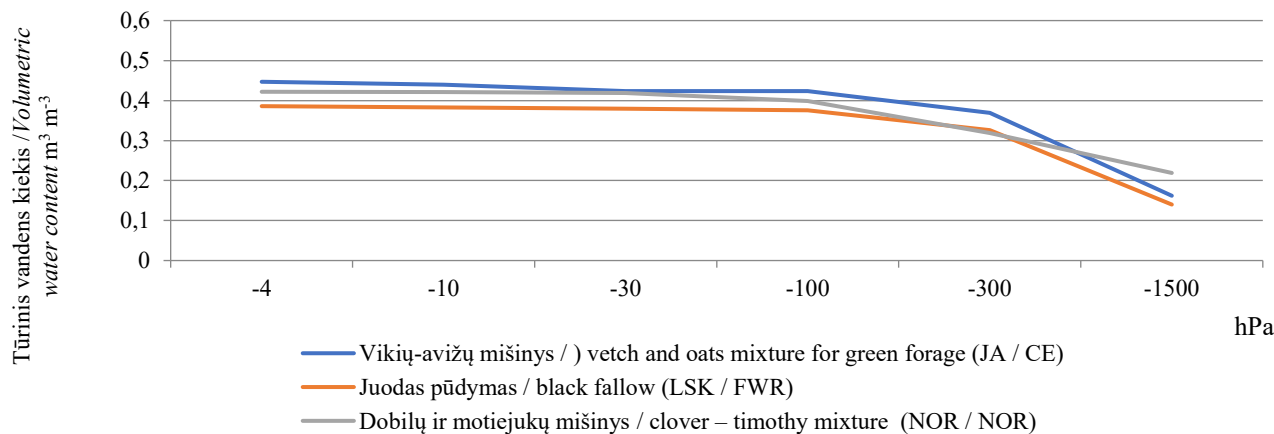
Duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterinę programą ANOVA iš programos paketo SYSTAT 12. Skirtumų tikimybės lygis tarp visų variantų nustatytas LSD testu (Raudonius ir kt., 2009).

Rezultatai ir aptarimas

Dirvožemio vandentalpa apibūdina didžiausią drėgmės kiekį, kurį dirvožemis gali išlaikyti. Dirvožemio vandens išlaikymas yra labai svarbus augalų augimui, nes sulaikytas

didesnis drėgmės kiekis gali kompensuoti drėgmės trūkumą sausringomis sąlygomis (Zhang et al., 2021).

Esant siurbimo jėgai nuo -4 iki -300 hPa, geriausiai dirvožemio drėgmė išsilaikė po vikių-avižių mišinio javų sėjomainoje, tačiau esminių skirtumų nenustatyta.



1 pav. Dirvožemio vandentalpa vasarinių kviečių pasėlyje, 5 – cm gylyje, 2021 m

Fig. 1. The soil holding capacity at the depth of 5 – 10 cm in spring wheat, 2021

Pastaba: JA – javų sėjomaina; LSK – lauko su kaupiamaisiais augalais; NOR – Norfolkio sėjomaina.

Note: CE – cereal crop rotation; FWR – field with row crops; NOR – Norfolk crop rotation.

Siurbimo jėgai pasiekus -1500 hPa, po dobilų ir motiejukų mišinio priešsėlio Norfolkio sėjomainoje

nustatytas esmingai 35,2–56,4 % didesnis drėgmės išlaikymas nei po kitų priešsėlių.

1 lentelė. Dirvožemio tankis ir bendrasis poringumas vasarinių kviečių pasėliuose, 2021 m.

Table 1. Soil bulk density and total porosity in spring wheat crops, 2021

Vasariniai kviečiai / Spring wheat		
Vikių-avižių mišinys / vetch and mixture for green forage (JA / CE)	1,57a	0,402a
Juodasis pūdyvas / Black fallow (LSK/ FWR)	1,60a	0,396a
Dobilų ir motiejukų mišinys / clover – timothy mixture (NOR / NOR)	1,44a	0,456a

Pastaba. ^{a-d} Tarp reikšmių stulpeliuose, pažymėtų ta pačia raide, esminių skirtumų nenustatyta ($P < 0,05$). JA – javų sėjomaina; LSK – lauko su kaupiamaisiais augalais; NOR – Norfolkio sėjomaina.

Note. ^{a-d} Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ($P < 0.05$). CE – cereal crop rotation; FWR – field with row crops; NOR – Norfolk crop rotation.

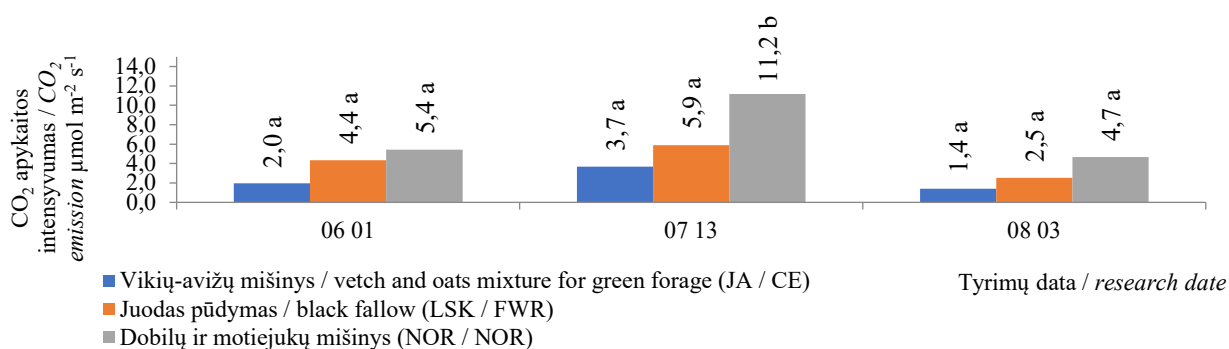
L. Skinulienė su kolegomis (2019) ištyrė, kad esant žemesnei dirvožemio temperatūrai ir mažesniai drėgmei, CO₂ emisijos iš dirvožemio sumažėja. Tokia tendencija pastebėta ir šio eksperimento atlikimo metu.

Birželio 1 d. ir rugpjūčio 3 d. vasarinių kviečių pasėlyje esminių CO₂ emisijų pokyčių tarp skirtingų priešsėlių nenustatyta.

Vasarinių kviečių augimo metu didžiausias CO₂ apykaitos intensyvumas buvo vegetacijos viduryje, kai

dirvožemis buvo šiltas ir drėgnas. Per visą žieminių kviečių vegetaciją mažiausias CO₂ apykaitos intensyvumas nustatytas po vikių-avižių mišinio, o didžiausias – dobilų ir motiejukų mišinio (3 pav.).

Vasarinių kviečių vegetacijos viduryje atlikti matavimai rodo, kad po dobilų ir motiejukų mišinio priešsėlio CO₂ emisijų iš dirvožemio išsiskyrė esmingai 1,9 karto daugiau nei po juodojo pūdyvo ir esmingai 3,0 kartus daugiau nei po vikių-avižių mišinio.



2 pav. CO₂ emisijos iš dirvožemio intensyvumas vasarinių kviečių pasėlyje, 2021 m.

Fig. 2. Soil CO₂ emission in spring wheat, 2021

Pastaba. ^{a-d} Tarp reikšmių stulpeliuose, pažymėtų ta pačia raide, esminių skirtumų nenustatyta ($P < 0,05$). JA – javų sėjomaina; LSK – lauko su kaupiamaisiais augalais; NOR – Norfolko sėjomaina.

Note. ^{a-d} Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ($P < 0.05$). CE – cereal crop rotation; FWR – field with row crops; NOR – Norfolk crop rotation.

Birželio 1 d. dirvožemio drėgmė vasarinių kviečių pasėlyje po vikių-avių mišinio ir po juodojo pūdydo svyravo tarp 15,6–15,8 % (2 lentelė). Pirmi matavimai parodė, kad dirvožemio drėgmė kviečių pasėlyje po dobilų ir motiejukų mišinio buvo esmingai 12,7–14,1 % didesnė nei po kitų priešsėlių.

H. M. Lawal ir A. B. Lawal (2017) teigia, kad augalinės liekanos pritraukia ir sulaiko dirvožemio drėgmę, todėl dirvose susikaupia didesni vandens kiekiai. Tikėtina, kad esminį dirvožemio drėgmės padidėjimą Norfolko

sėjomainoje galėjo lemti po daugiamečių žolių priešsėlio likęs didelis augalinių liekanų kiekis.

Vasarinių kviečių vegetacijos viduryje dirvožemyje buvo sukaupta daugiausiai drėgmės per visą augalų augimo laikotarpį, tačiau esminių dirvožemio drėgmės skirtumų tarp priešsėlių nepastebėta.

Vasarinių kviečių vegetacijos pabaigoje drėgmės kiekis dirvožemyje sumažėjo, lyginant su vegetacijos viduriu. Vasarinių kviečių vegetacijos pabaigoje dirvožemio drėgmė svyravo tarp 16,7–17,9 %, esminių skirtumų nepastebėta.

2 lentelė. Dirvožemio drėgmė ir temperatūra vasarinių kviečių pasėlyje, 2021 m.

Table 2. Soil humidity and temperature in spring wheat crops, 2021

Priešsėlis (Sėjomaina) / Pre-crop (Crop rotation)	06 01		07 13		08 03	
	Drėgmė / Humidity %	Temp./ Temp. oC	Drėgmė / Humidity %	Temp. / Temp. oC	Drėgmė / Humidity %	Temp. / Temp. oC
Vikių-avių mišinys / vetch and oats mixture for green forage (JA / CE)	15,63 a	16,07 a	26,76 a	25,43 a	17,61 a	15,63 a
Juodas pūdydas / Black fallow (LSK / FWR)	15,76 a	16,91 b	27,91 a	26,38 a	16,69 a	15,76 a
Dobilų ir motiejukų mišinys / clover – timothy mixture (NOR / NOR)	17,75 b	18,36 c	26,07 a	26,72 a	17,86 a	17,75 b

Pastaba. ^{a-d} Tarp reikšmių stulpeliuose, pažymėtų ta pačia raide, esminių skirtumų nenustatyta ($P < 0,05$). JA – javų sėjomaina; LSK – lauko su kaupiamaisiais augalais; NOR – Norfolko sėjomaina.

Note. ^{a-d} Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ($P < 0.05$). : CE – cereal crop rotation; FWR – field with row crops; NOR – Norfolk crop rotation.

Dirvožemio temperatūra reikšminga organinių medžiagų skaidymosi ir mineralizacijos procesams, mikroorganizmų aktyvumui, maistinių medžiagų įsisavinimui, augalų šaknims vystytis ir funkcionuoti (Onwuka, Mang, 2018).

Išvados

2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje buvo atliktas lauko eksperimentas, kurio metu ilgalaikėse sėjomainose buvo tiriama skirtingų priešsėlių įtaka dirvožemio hidrofizikinėms savybėms. Atlikus tyrimus galima daryti tokias išvadas:

1. Po priešsėlių, dobilų ir motiejukų mišinio ir vikių – avių mišinio, nustatytos didesnės dirvožemio drėgmės atsargos lyginant su prieš kviečių auginimą taikytu juodoju pūdydu.

2. Priešsėliai neturėjo esminio poveikio dirvožemio tankiui ir bendrajam poringumui.

3. Po priešsėlių, kurie dirvožemiuose paliko daug augalinių liekanų, nustatytas didžiausias CO₂ emisijų išsiskyrimas iš dirvožemio. Vasarinių kviečių pasėliuose daugiausiai CO₂ iš dirvožemio išsiskyrė vegetacijos viduryje, kai dirvožemis buvo drėgnas ir šiltas. Vasarinių kviečių pasėlyje intensyviausia CO₂ apykaita iš dirvožemio nustatyta po dobilų ir motiejukų mišinio Norfolko sėjomainoje.

Literatūra

- Lawal, H. M.; Lawal, A. B. (2017). Pore size distribution and soil hydro physical properties under different tillage practices and cover crops in a typic Haplusult in Northern Nigeria. Tropical and Subtropical Agroecosystems [interaktyvus], vol. 20, 111–129. Prieiga per internetą: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2263/1051>

2. Onwuka, B.; Mang, B. (2018). Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Advances in Plants and Agriculture Research* [interaktyvus], vol. 8, issue 1, p. 34-37. Prieiga per internetą: <https://medcraveonline.com/APAR/APAR-08-00288.pdf>
3. Pupalienė, R.; Bogužas, V. (2016). Kuo gali būti naudinga sėjomainų kolekcija. *Mano ūkis* [interaktyvus], Nr. 7. Prieiga per internetą: <https://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2016/07/kuo-gali-buti-naudinga-sejomainu-kolekcija/>
4. Raich, J. W.; Tufekciogul, A. (2020). Vegetation and soil respiration: correlations and controls. *Biochemistry*, vol. 48, issue, 1, 71–90. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/225996036_Vegetation_and_soil_respiration_Correlations_and_controls
5. Raudonius, S.; Jodaugienė, D.; Pupalienė, R.; Trečiokas, K. Mokslinių tyrimų metodika. *Akademija, Kauno r.*, (2009), 119.
6. Reza, S. (2016). Crop rotation – a vital component of organic farming. *Permaculture research institute*. Prieiga per internetą: <https://www.permaculturenews.org/2016/06/15/crop-rotation-a-vital-component-of-organic-farming/>
7. Skinulienė, L.; Bogužas, V.; Steponavičienė, V.; Sinkevičienė, A.; Marcinkevičienė, A.; Sinkevičius, A. (2019). Ilgalaikės augalų kaitos derinių įtaka dirvožemio CO₂ emisijai ir sliekų kiekiui. *Žemės ūkio mokslai*, Nr. 2, 83-93.
8. Zhang, Y. W.; Wang, K. B.; Wang, J.; Liu, C.; Shangguan, Z. P. (2021). Changes in soil water holding capacity and water availability following vegetation restoration on the Chinese Loess Plateau. *Scientific reports* [interaktyvus], vol. 2, [žiūrėta 2022 m. vasario 12 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-88914>

Karolis Rekštys, Lina Skinulienė, Vaclovas Bogužas, Vaida Steponavičienė, Aušra Sinkevičienė, Ernestas Petrauskas

The Different Pre-crops Influence on Soil Hydrophysical Properties in Wheat Crops

Summary

Water, air and organic matter accumulating in the soil. A balanced amount of these soil components creates a favorable water regime in the arable layer, provides the roots with oxygen and nutrients that determine plant productivity. The experiment was carried out in 2021 in long-term field experiment which was established in 1966 at the Experimental station of the Vytautas Magnus University Agriculture Academy. Research object: crops of spring wheat 'Kapitol' after three different pre-crops in various crop rotations (Norfolk, Cereal, Field with row crops). Research aim: to investigate the effect of different pre-crops of long-term crop rotations on soil hydrophysical properties.

Research objectives: to determine soil moisture content, water retention capacity, temperature, bulk density, total porosity and soil-CO₂ emissions in various crop rotations after different preceding crops. Research methods: soil moisture, temperature and soil-CO₂ emissions were determined by IRGA method. Measurements were performed 3 times: first time – in the beginning of plant vegetation of spring cereal, second time – in the middle of plant vegetation, third time – at the end of vegetation. Water retention capacity was determined by sorption (pF) method. Results obtained by this analysis were used to calculate soil bulk density and total porosity. Research results: in spring wheat crops the highest soil-CO₂ emission was determined in the middle of the vegetation, when the soil was dry and warm. In spring wheat crop the most intensive soil-CO₂ emission was determined after clover – timothy mixture in Norfolk rotation. Pre-crops, which left a higher amount of plant residues, resulted in higher soil moisture content, lower soil temperature and higher soil-CO₂ emission. Preceding crops had no significant effect on soil bulk density and total porosity.

Crop rotations, pre-crops, soil CO₂ emission, soil water capacity

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Karolis REKŠTYS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos bakalauras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: karolis.rekstys7@gmail.com

Karolis REKŠTYS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, Agronomy bachelor of Science (BSc). Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 33, e-mail: karolis.rekstys7@gmail.com

Lina SKINULIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų srities daktarė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: lina.skinulienė@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, doctor of Agriculture Science. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 11, e-mail: lina.skinulienė@vdu.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, doctor of Biomedical Science, professor. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 33, e-mail: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, doctor of Agriculture Science. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 11, e-mail: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 29, el. paštas: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, doctor of Biomedical Science, assoc. prof. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 29, e-mail: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Ernestas PETRAUSKAS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agroekosistemų studijų programos magistras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: ernestas@agronom.lt

Ernestas PETRAUSKAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, Agroecosystems master of Science. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 33, e-mail: ernestas@agronom.lt

Skirtingų priešėlių įtaka vasarinių kviečių produktyvumui

Tautvydas Martinkus, Lina Skinulienė, Vaclovas Bogužas, Vaida Steponavičienė,
Aušra Sinkevičienė, Ernestas Petrauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Kiekvienas rotacijos narys sėjomainoje turi skirtingą poveikį dirvožemio savybėms ir augalų produktyvumui. Vieni priešėliai mažina dirvožemio ir augalų derlingumą, o kiti – didina (Harrison, Bardgett, 2009). Tyrimas atliktas 2020–2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje. Tyrimo objektas: vasarinių kviečių 'Kapitol' pasėlis. Tyrimo tikslas: ištirti priešėlių įtaką skirtingose sėjomainose vasarinių kviečių produktyvumui. Tyrimo uždaviniai: nustatyti skirtingų priešėlių įtaką javų grūdų masei varpoje, 1000 grūdų masei, produktyvių stiebų skaičiui ir šiaudų kiekiui. Tyrimo metodai: javų produktyvių stiebų skaičius nustatytas išilgai eilutės 5 vietose su metro ilgio abipuse linuote. Derliaus struktūros elementams įvertinti prieš derliaus nuėmimą iš kiekvieno laukelio išpjauta po 50 produktyvių stiebų. 1000 sėklų masė nustatyta su skaičiuokle Elmor C1. Tyrimo duomenys statistiškai įvertinti naudojant kompiuterinę programą ANOVA. Skirtumų tikimybės lygis tarp visų variantų nustatytas LSD testu. Tyrimo rezultatai: esmingai aukštesni vasariniai kviečiai buvo po juodojo pūdymo lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje. 1000 grūdų masė esmingai didesnė nustatyta po vikių-avižių mišinio javų sėjomainoje ir po dobilų ir motiejukų mišinio Norfolk sėjomainoje. Esmingai didesnis šiaudų kiekis nustatytas vasarinių kviečių pasėlyje – po juodojo pūdymo lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje.

Sėjomainos, priešėliai, produktyvumas, vasariniai kviečiai

Įvadas

Javų produktyvumui didelės reikšmės turi dirvožemio savybės. Dirvožemis yra pagrindinis maisto medžiagų ir vandens šaltinis augalams. Augalų augimas priklauso nuo dirvožemyje esančio organinių medžiagų kiekio ir prieinamų maisto medžiagų atsargų. Augalai iš dirvos daugiausiai pasisavina azoto, fosforo ir kalio, o įvairius mikroelementus (cinką, borą, geležį, manganą, molibdeną ir t. t.) naudoja mažesniais kiekiais. Nuo dirvožemio pH priklauso fosforo prieinamumas (Baker, Capel, 2011).

Vienas iš būdų padidinti dirvožemio našumą yra augalinių liekanų grąžinimas į dirvą. Augalinių liekanų įterpimas apsaugo dirvas nuo vėjo ir vandens erozijos. Augalinės liekanos padidina organinių medžiagų kiekį, mikroorganizmams ir augalams teikia mitybos elementus, sulaiko drėgmę, padidina infiltraciją, apsaugo dirvas nuo plutos susidarymo ir sumažina garavimą (Bot, Benites, 2005).

Tinkamos sėjomainos padidina organinių medžiagų kiekį dirvoje ir maistingųjų medžiagų prieinamumą augalams. Nuo sėjomainų priklauso į dirvą patenkančių augalinių liekanų kiekis ir kokybė. Augalinės liekanos papildo dirvožemius organinėmis medžiagomis, pagerina mikrobiologinį aktyvumą ir padidina maisto medžiagų atsargas (Bassegio et al., 2015).

Daugiametės žolės – labai geras priešėlis javams. Daugiametės žolės didina humuso kiekį dirvožemyje bei pagerina dirvožemio fizikines, chemines ir biologines savybes. Daugiametės žolės dirvoje palieka daug šaknų ir augalinių liekanų. Dėl daugiamečių žolių dirvožemyje padaugėjus augalinių liekanų, pagerėja mikrobiologinis aktyvumas ir augalų mitybos sąlygos. Pupinės žolės vykdo azoto fiksaciją ir kaupia azotą (Topcuoglu, Turan, 2018).

Vikių ir avižių mišinys papildo dirvožemį azotu, gerai nustelbia piktžoles. Anksti nuėmus vikių-avižių mišinį lieka daugiau laiko dirvas paruošti kitiems augalams, patręšti mėšlu, žemės dirbimu naikinti piktžoles. Anksti nuėmus vikių-avižių mišinio biomasę, su vikių-avižių derliumi iš pasėlio pašalinamos ir piktžolių sėklos, kurios dar būna nespėjusios subręsti (Romanekas ir kt., 2016).

Tyrimo tikslas – ištirti ilgalaikių sėjomainų skirtingų priešėlių įtaką vasarinių kviečių produktyvumui.

Tyrimų metodika

Tyrimai vykdyti 2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje (54°53'N + 23°50'E). Tyrimai atlikti Norfolk lauko su kaupiamaisiais ir javų sėjomainose po skirtingų priešėlių. Šiose sėjomainose augalų produktyvumas vertintas vasarinių kviečių 'Kapitol' pasėliuose.

Eksperimento vietos dirvožemis susiformavęs dugninės morenos arba dugninių ledynų darinių, padengtų limnoglacialinėmis nuosėdomis, srityje. Eksperimento dirvožemis yra giliau karbonatingas sekliai glėjiškas rudžemis (drenuotas) (RDg8-k2) [*Endocalcari-Epihypogleyic Cambisol* (sicco) CMg-p-w-can]. Vandens režimas sureguliuotas uždaru drenažu, mikroreljefas išlygintas. Dirvožemio ariamasis sluoksnis – 25 cm storio.

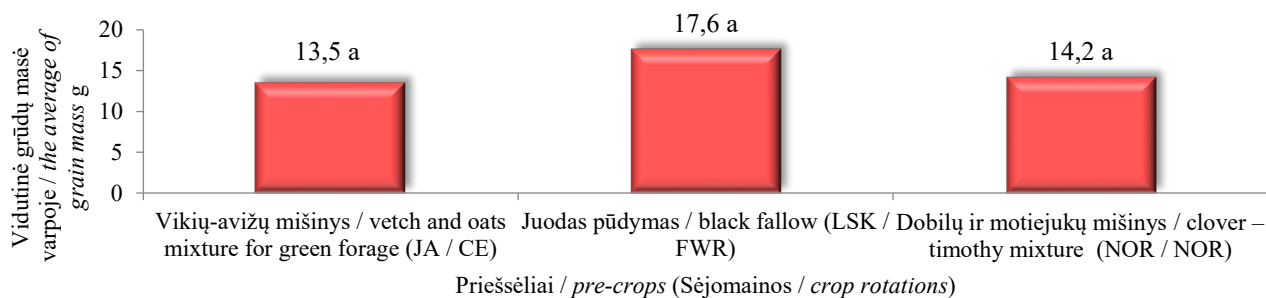
Vasarinių kviečių produktyvių stiebų skaičius nustatytas išilgai eilutės 5 vietose su metro ilgio dvipuse linuote. Nustatytas stiebų skaičius perskaičiuotas į vnt.m^{-2} .

Augalų aukščiui, varpų ilgiui, grūdų skaičiui ir masei varpoje nustatyti prieš derliaus nuėmimą iš kiekvieno pakartojimo laukelio išpjauta po 50 produktyvių stiebų. 1000 grūdų masės analizėms iš kiekvieno laukelio paimta po 1 kg grūdų. 1000 sėklų masė nustatyta su skaičiuokle Elmor C1 (Šveicarija).

Duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterinę programą ANOVA iš programos paketo SYSTAT 12. Skirtumų tikimybės lygis tarp visų variantų nustatytas LSD testu (Raudonius ir kt., 2009).

Rezultatai ir aptarimas

Priešėliai neturėjo esminės įtakos vasarinių kviečių vidutinei grūdų masei varpoje. Mažiausia kviečių grūdų masė varpoje (vidutiniškai 13,5 g) nustatyta po vikių-avižių mišinio javų sėjomainoje (1 pav.).



1 pav. Vasarinių kviečių vidutinė grūdų masė varpoje įvairiose sėjomainose po skirtingų priešsėlių, 2021 m.

Fig. 1. The average of spring wheat grain mass after different pre-crops, 2021

Pastaba. ^{a-d} Tarp reikšmių stulpeliuose, pažymėtų ta pačia raide, esminių skirtumų nenustatyta ($P > 0,05$). JA – javų sėjomaina; LSK – lauko su kaupiamaisiais augalais; NOR – Norfolko sėjomaina.

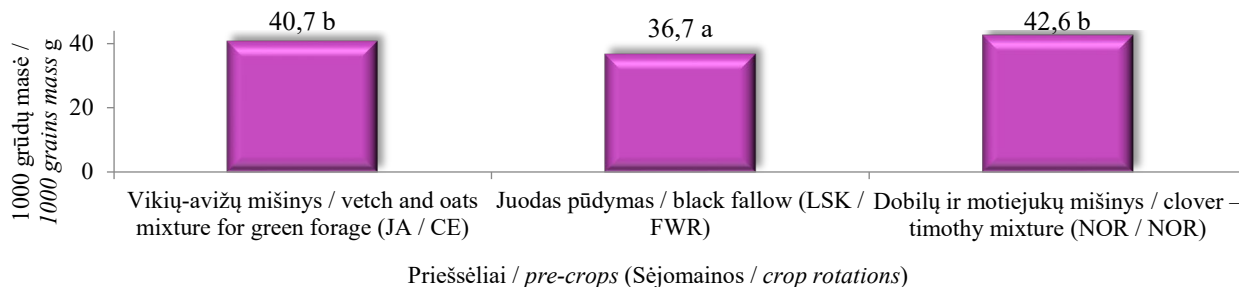
Note. ^{a-d} Means followed by the same letter did not differ significantly ($P > 0,05$). CE – cereal crop rotation; FWR – field with row crops; NOR – Norfolk crop rotation.

Didžiausia kviečių grūdų masė varpoje (vidutiniškai 17,6 g) nustatyta juos auginant po juodojo pūdyimo lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje. Po juodojo pūdyimo priešsėlio kviečių vidutinė grūdų masė varpoje buvo neesmingai vidutiniškai 27,2 % didesnė nei po kitų priešsėlių (vikių-avižių mišinio ir dobilų ir motiejukų mišinio).

Smulkiausi vasarinių kviečių grūdai užaugo juos pasėjus į juodąjį pūdyimą lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje – 1000 grūdų masė buvo vidutiniškai 36,7 g. Tam įtakos galėjo turėti greitas maisto medžiagų išsiplavimas juodajame pūdyime. Esmingai didesnė (10,9 %) vasarinių kviečių 1000 grūdų masė, palyginti su juodojo

pūdyimo priešsėliu, buvo po vikių-avižių mišinio, taikant javų sėjomainą. Stambiausi kviečių grūdai, kurių 1000 grūdų masė siekė vidutiniškai 42,6 g, užaugo po dobilų ir motiejukų mišinio Norfolko sėjomainoje (2 pav.). Po dobilų ir motiejukų mišinio augusių kviečių 1000 grūdų masė buvo iš esmės vidutiniškai 16,1 % didesnė nei po juodojo pūdyimo.

Javų (priešsėlis vikių-avižių mišinys) ir Norfolko (priešsėlis dobilų ir motiejukų mišinys) sėjomainose esminį poveikį kviečių 1000 grūdų masei galėjo turėti pupinių šeimos priešsėliai, kurie vykdė azoto fiksaciją ir papildė dirvožemius biologiniu azotu.



2 pav. Žieminių kviečių 1000 grūdų masė įvairiose sėjomainose po skirtingų priešsėlių, 2021 m.

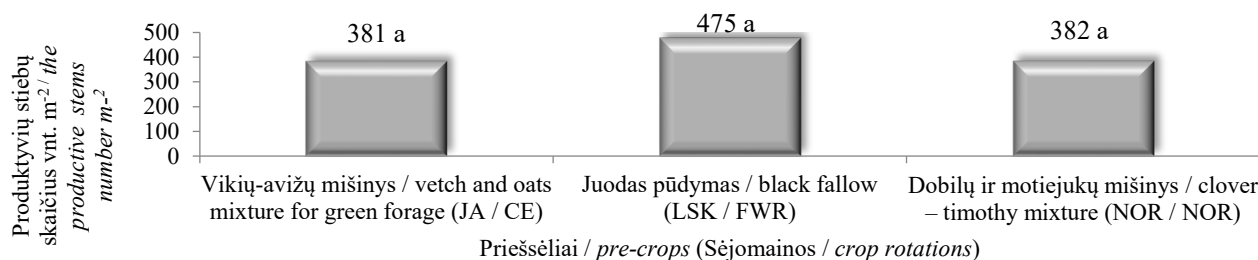
Fig. 2. The 1000 grains mass of spring wheat after different pre-crops, 2021

Pastaba. ^{a-d} Tarp reikšmių stulpeliuose, pažymėtų skirtingomis raidėmis, nustatyti esminiai skirtumai ($P < 0,05$). JA – javų sėjomaina; LSK – lauko su kaupiamaisiais augalais; NOR – Norfolko sėjomaina.

Note. ^{a-d} Means followed by the same letter for the same measurement did differ significantly ($P < 0,05$). : CE – cereal crop rotation; FWR – field with row crops; NOR – Norfolk crop rotation.

Esminį kviečių 1000 grūdų masės padidėjimą javų ir Norfolko sėjomainose galėjo lemti ne tik priešsėlių įtaka, bet ir šiose sėjomainose naudotas mėšlas, dėl kurio dirvoje padidėjo maisto medžiagų kiekiai. N. Rayne ir L. Augal (2020) teigia, kad mėšlas ne tik pagerina augalų mitybos sąlygas, bet ir pasižymi teigiamu poveikiu dirvožemio fizikinėms savybėms (vandens režimui, struktūrai, tankumui) ir biologinei sistemai – mikroorganizmų aktyvumui, biologinei įvairovei.

Auginant vasarinius kviečius įvairiose sėjomainose po skirtingų priešsėlių esminių pokyčių produktyvių stiebų skaičiui nenustatyta. Daugiausiai kviečių produktyvių stiebų (vidutiniškai 475 vnt. m^{-2}) užaugo juos pasėjus į juodąjį pūdyimą lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje (3 pav.). Po juodojo pūdyimo augusių kviečių produktyvių stiebų skaičius buvo vidutiniškai 24,5 % didesnis nei po vikių-avižių mišinio ir po dobilų ir motiejukų mišinio, tačiau skirtumas neesminis.



3 pav. Vasarinių kviečių produktyviųjų stiebų skaičius įvairiose sėjomainose po skirtingų priešsėlių, 2021 m.

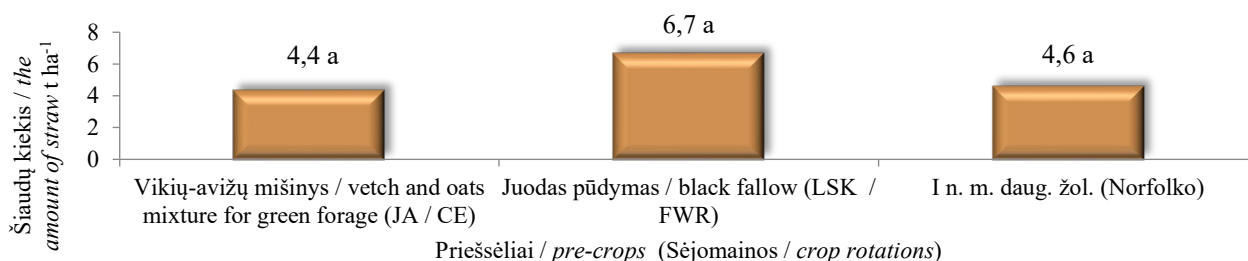
Fig. 3. The productive stems number of winter wheat after different crop rotations, 2021

Pastaba. ^{a-d} Tarp reikšmių stulpeliuose, pažymėtų ta pačia raide, esminių skirtumų nenustatyta ($P > 0,05$). JA – javų sėjomaina; LSK – lauko su kaupiamaisiais augalais; NOR – Norfolkio sėjomaina.

Note. ^{a-d} Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ($P > 0.05$). : CE – cereal crop rotation; FWR – field with row crops; NOR – Norfolk crop rotation.

Auginant vasarinius kviečius įvairiose sėjomainose po skirtingų priešsėlių esminių pokyčių šiaudų kiekiui nenustatyta (4 pav.). Remiantis ilgalaikiu sėjomainų

poveikiu šiaudų derlingumui, didžiausias žieminių kviečių šiaudų derlius įprastai užauga javų sėjomainoje (Jodaugienė ir kt., 2015).



4 pav. Vasarinių kviečių šiaudų kiekis įvairiose sėjomainose po skirtingų priešsėlių 2021 m.

Fig. 4. The productive stems number of winter wheat after different crop rotations, 2021

Pastaba. ^{a-d} Tarp reikšmių stulpeliuose, pažymėtų ta pačia raide, esminių skirtumų nenustatyta ($P > 0,05$). JA – javų sėjomaina; LSK – lauko su kaupiamaisiais augalais; NOR – Norfolkio sėjomaina.

Note. ^{a-d} Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ($P > 0.05$). : CE – cereal crop rotation; FWR – field with row crops; NOR – Norfolk crop rotation.

2021m. tyrimo duomenys išsiskyrė, nes didžiausias kviečių šiaudų derlius (vidutiniškai 6,7 t ha⁻¹) užaugo juos pasėjus į juodąjį pūdyką, taikant lauko su kaupiamaisiais sėjomainą. Po juodojo pūdyko priešsėlio kviečių šiaudų derlius buvo vidutiniškai 45,7–52,3 % didesnis nei po vikių-avižių mišinio ir dobilų ir motiejukų mišinio, tačiau skirtumas neesminis.

Išvados

2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje atlikus eksperimentą, kur buvo tirtas ilgalaikių sėjomainų skirtingų priešsėlių poveikis kviečių produktyvumui, galima teikti tokias išvadas:

1. Esmingai aukštesni kviečiai užaugo po juodojo pūdyko lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje.
2. Priešsėliai neturėjo esminės įtakos javų varpų ilgiui, grūdų kiekiui ir masei varpoje.
3. Esmingai didesnė kviečių 1000 grūdų masė nustatyta po vikių-avižių mišinio javų sėjomainoje ir po dobilų ir motiejukų mišinio Norfolkio sėjomainoje.

4. Priešsėliai neturėjo esminės įtakos kviečių produktyviųjų stiebų skaičiui ir šiaudų masei.

Literatūra

1. Baker, N. T.; Capel, P. D. (2011). Environmental Factors That Influence the Location of Crop Agriculture in the Conterminous United States. Scientific Investigations Report [interaktyvus], U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, [žiūrėta 2022-01-14]. Prieiga per internetą: https://pubs.usgs.gov/sir/2011/5108/pdf/SIR2011_5108.pdf
2. Bassegio, D.; Santos, R. F.; Secco, D.; Zanao, L. A.; Werncke, I.; Sarto, M. V. M. (2015). Short-term effects of crop rotations on soil chemical properties under no-tillage condition. Australian Journal of Crop Science [interaktyvus], vol. 9(1), 49-54, [žiūrėta 2022-01-17]. Prieiga per internetą: http://www.cropl.com/bassegio_9_1_2015_49_54.pdf
3. Bot, A.; Benites, J. (2005). The importance of soil organic matter. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
4. Harrison, K. A.; Bardgett, R. D. (2010). Influence of plant species and soil conditions on plant-soil feedback in mixed grassland communities. Journal of Ecology, vol. 98, 384–395.
5. Jodaugienė, D.; Bogužas, V.; Mikučionienė, R.; Auželienė, I.; Zemėckis, R. (2015). Sėjomainų ir priešsėlių poveikis su auginamų javų derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekiui. Žemės ūkio mokslai [interaktyvus], t. 22, nr. 1, 26–35, [žiūrėta 2022-01-18]. Prieiga per internetą:

6. Rayne, N.; Aula, L. (2020). Livestock Manure and the Impacts on Soil Health: A Review. Soil systems [interaktyvus], vol. 4, [žiūrėta 2022-01-27]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/345768583_Livestock_Manure_and_the_Impacts_on_Soil_Health_A_Review
7. Raudonius, S.; Jodaugienė, D.; Pupalienė, R.; Trečiokas, K. (2009). Mokslinių tyrimų metodika. Akademija, Kauno r., 119.
8. Romanekas, K.; Marcinkevičienė, A.; Pupalienė, R. (2016). Augalų kaitos svarba piktžolių kontrolės sistemoje. Mokslinė-praktinė konferencija [interaktyvus], [žiūrėta 2022-01-17]. Prieiga per internetą: <https://zua.vdu.lt/wp-content/uploads/2019/02/Leidiny-2016.pdf>
9. Topcuoglu, B.; Turan, M. (2018). Peat [interaktyvus]. Books on Demand, 174 [žiūrėta 2022-01-17]. Prieiga per internetą: https://books.google.lt/books?id=9GiQDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=lt&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Tautvydas Martinkus, Lina Skinulienė, Vaclovas Bogužas, Vaida Steponavičienė, Aušra Sinkevičienė, Ernestas Petrauskas

The Effect of Different Pre-Crops on Spring Wheat Productivity

Summary

Each rotation member in a crop rotation has a different effect on soil properties and plant productivity. Some pre-crops reduce soil and plant fertility, while others increase it (Harrison, Bardgett, 2009). The experiment was conducted in 2021 at the Experimental Station of the Vytautas Magnus University Agriculture Academy. The research object was spring wheat 'Kapitol' crop. Research aim: to investigate the influence of different pre-crops of long-term crop rotations on spring wheat cereals grain mass of the ear, 1000 grain mass, productive stems number and straw yield. Research methods: the productive stems number of cereals was determined along the line in 5 spots with a meter long two-sided ruler. 50 productive stems were cut from each field before harvesting to evaluate yield structure elements. 1000 grain mass was determined with an Elmor C1 calculator. The research data was statistically evaluated using a computer program ANOVA. Probability level of the differences between all variants was evaluated with LSD test. Research results: spring wheat was significantly higher after black fallow in field rotation with row crops. Significantly higher wheat 1000 grain mass was determined after vetch-oat mixture in cereal rotation and after clover – timothy mixture in Norfolk rotation. The highest spring wheat – after black fallow in field rotation with row crops.

Crop rotations, pre-crops, productivity, spring wheat

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Tautvydas MARTINKUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos bakalauras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: martinkustautvydas@gmail.com

Tautvydas MARTINKUS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, Agronomy Bachelor of Science (BSc). Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 33, e-mail: martinkustautvydas@gmail.com

Lina SKINULIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų srities daktarė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: lina.skinulienė@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, doctor of Agriculture Science. Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 11, e-mail: lina.skinulienė@vdu.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, doctor of Biomedical (Agricultural) Sciences, professor. Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 33, e-mail: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, doctor of Agriculture Science. Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 11, e-mail: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 29, el. paštas: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, doctor of Biomedical Science, assoc. prof. Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 29, e-mail: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Ernestas PETRAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agroekosistemų studijų programos magistras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: ernestas@agronom.lt

Ernestas PETRAUSKAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Agroecosystems and Soil Sciences Department, master of Science. Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone number: (+370 37) 75 22 33, e-mail: ernestas@agronom.lt

Dirvožemio savybių ir kmynų derlingumo palyginimas taikant daugiavfunkcinių pasėlių auginimo sistemą

Aušra Rudinskienė, Aušra Marcinkevičienė, Zita Kriaučiūnienė, Rimantas Velička, Robertas Kosteckas

Vytauto Didžiojo universitetas

Daugianarių pasėlių sistema yra svarbi tiek kiekybiniu, tiek kokybiniu požiūriu gerinant dirvožemio savybes. Lauko eksperimentas atliktas 2019 ir 2020 m. VDU Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje. Tyrimo tikslas – palyginti dirvožemio savybes ir kmynų produktyvumą auginant vienanarius (vasarinius miežius, vasarinius kviečius, žirnius, kmynus), dvinarius (vasarinius miežius ir kmynus, vasarinius kviečius ir kmynus, žirnius ir kmynus) bei trinarus (vasarinius miežius, kmynus ir baltuosius dobilus, vasarinius kviečius, kmynus ir baltuosius dobilus bei žirnius, kmynus ir baltuosius dobilus) pasėlius. Antsėlių auginimo metais (2019 m.) vasarinius kviečius auginant dvinariame pasėlyje su kmynų įsėliu, palyginti su vienanariu jų pasėliu, esmingai 56,5 % mažėjo mega agregatų kiekis, o makro agregatų kiekis esmingai 48,5 % didėjo. Antsėlių auginimo metais (2019 m.) dvinariuose vasarinių miežių, vasarinių kviečių ir žirnių su kmynų įsėliu pasėliuose dirvožemio šlyties pasipriešinimas nustatytas esmingai 10,9, 15,4 ir 18,6 % didesnis negu vienanariuose jų pasėliuose. Antraisiais kmynų auginimo metais (2020 m.) dvinariuose miežių, kviečių ir žirnių su kmynų įsėliu, bei trinariuose su kmynų ir baltųjų dobilų įsėliu pasėliuose dirvožemio šlyties pasipriešinimas nustatytas esmingai nuo 9,5 iki 31,7 % didesnis negu vienanariuose jų pasėliuose. Didžiausias kmynų sklų derlingumas gautas juos auginant dvinariame pasėlyje po žirnių.

Daugianariai pasėliai, kmynai, dirvožemio savybės, derlingumas

Įvadas

Per pastaruosius kelis dešimtmečius pažangus žemės ūkis leido patenkinti pasaulio žmonių populiacijos maisto, pašarų poreikius (Hertel, 2011; Hemathilake, Gunathilake, 2022). Tačiau išlaikyti nuolat didėjančio gyventojų skaičiaus poreikius yra sudėtinga dėl urbanizacijos, stiprios žemės degradacijos ir klimato kaitos (Arora et al., 2018). Tačiau norint sėkmingai prisitaikyti prie klimato kaitos ir ją sušvelninti žemės ūkio valdymu, reikia sukurti paprastus, ekonomiškus ir iš esmės pritaikomus metodus. Todėl žemės ūkio valdymo strategija yra būtina siekiant prisitaikyti prie klimato kaitos ir ją sušvelninti (Naulleau et al., 2021). Šių uždavinių sprendimas yra pasiekti ilgalaikį tvarų išteklių naudojimą, atsižvelgiant į ekologinius ir ekonominius tvarumo aspektus. Ekologinis efektyvumas ir reiškia, kad gaunama daugiau žemės ūkio produkcijos, naudojant mažiau išteklių (Keating et al., 2010). Tokiu ekologiniu efektyvumu pasižymi ir daugiavfunkcinių pasėlių auginimo sistema.

Lizarazo et al. (2020) teigimu, auginant daugiavfunkcinius pasėlius, sumažinamas maistinių medžiagų išplovimas į gilesnius dirvožemio sluoksnius, taip pat sumažinamas patogenų bei piktžolių paplitimo gausumas, taigi kuo stipresnė ekosistema, tuo labiau galima sumažinti trąšų bei pesticidų poreikį. Daugianarių pasėlių agroekosistemose tankus viršutinis ir apatinis šaknų horizontas apsaugo dirvą nuo vandens ir vėjo erozijos, gerinamos dirvožemio savybės (Stöckle et al., 2003).

Dirvožemio stabilų struktūrinių agregatų formavimasis vaidina svarbų vaidmenį užtikrinant tvarų agroekosistemų naudojimą. Stabilų dirvožemio agregatų susidarymas svarbus hidrauliniui laidumui ir šaknų kvėpavimui, dujų difuzijai dirvožemyje ir augalų augimui (Alagöz, Yilmaz, 2009). Dirvožemio agregatinė struktūra taip pat labai stipriai priklauso nuo to kiek intensyviai dirbama žemė. Žemės dirbimu mechanškai ardomi patvarūs dirvožemio agregatai, taip pat pakeičiamos dirvos savybės bei pagreitinamas organinės medžiagos skaidymas (Balesdent et al., 2000), sumažinamas patvarių agregatų (>0,25 mm) kiekis.

Dirvožemio šlyties pasipriešinimas dar vienas sveiko dirvožemio rodiklis. Dirvožemio šlyties pasipriešinimas priklauso nuo humuso kiekio, dirvožemio granulimetrinė sudėties, kietumo, tankio, poringumo, taip pat įšalo bei atlydžio procesų (Juchnevičienė ir kt., 2012).

Daugianarių pasėlių auginimas yra vienas iš būdų, kaip sušvelninti dirvožemio degradaciją bei padidinti pasėlių derlingumą ir ekonominę naudą (Nasar et al., 2019).

Tyrimo tikslas – palyginti dirvožemio savybes ir kmynų derlingumą auginant vienanarius, dvinarius bei trinarus pasėlius.

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti 2019 ir 2020 m. VDU Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje. Dirvožemis – karbonatingas stagniškas išplautžemis (*Endocalcaric Amphistagnic Luvisol*) (WRB, 2015). Viršutinio dirvožemio sluoksnis yra vidutinio sunkumo priesmėlis, o agrocheminės savybės yra tokios: pH_{KCl} – 6,70; organinė anglis – 0,91–1,08 %; judriųjų maisto medžiagų dirvožemyje: fosforo (P₂O₅) – 213–318 mg kg⁻¹ ir kalio (K₂O) – 103–125 mg kg⁻¹.

2018 m. rudenį eksperimento laukas suartas plūgu. 2019 m. pavasarį laukas du kartus dirbtas germinatoriumi, (antrą kartą po trąšų išbėrimo), tręšta kompleksinėmis trąšomis NPK 5-20,5-36 (400 kg ha⁻¹). 2019 m. balandžio 18 d. pasėti paprastieji miežiai (*Hordeum vulgare* L.) ‘Crescendo’ (180 kg ha⁻¹) ir paprastieji kviečiai (*Triticum aestivum* L.) ‘Wicki’ (250 kg ha⁻¹) bei sėjami žirniai (*Pisum sativum* L.) ‘Salamanca’ (230 kg ha⁻¹). Balandžio 18 d. pasėtas vienanaris paprastųjų kmynų (*Carum carvi* L.) ‘Gintaras’ (7 kg ha⁻¹) pasėlis ir kmynai bei baltieji dobilai (*Trifolium repens* L.) ‘Sūduviai’ (2 kg ha⁻¹) įsėti į miežius, kviečius ir žirnius 24,0 cm tarpueiliais. Balandžio 19 d. vienanariai kmynų, žirnių bei žirnių su kmynų įsėliu pasėliai purkšti herbicidu Fenix (3 l ha⁻¹).

Balandžio 30 d. vienanariai miežių ir kviečių pasėliai, dvinariai miežių ir kviečių su kmynų įsėliu pasėliai bei trinarai miežių ir kviečių su kmynų ir baltųjų dobilų įsėliu pasėliai tręšti amonio salietra 150 kg ha⁻¹. Gegužės 8 d. vienanariai miežių ir kviečių pasėliai purkšti herbicidais Elegant 2 FD (0,40 l ha⁻¹) ir Trimmer (0,10 kg ha⁻¹)

Gegužės 31 d. vienanariai miežių ir kviečių pasėliai, dvianariai jų pasėliai su kmynų įsėliu bei trinariai pasėliai su kmynų bei baltųjų dobilų įsėliu purkšti fungicidu Bumper 25 EC (0,50 l ha⁻¹) ir insekticidu Karate Zeon 5 CS (0,15 l ha⁻¹). Birželio 10 d. vienanaris kmynų pasėlis purkštas herbicidu agilu (0,80 l ha⁻¹). Birželio 20 d. vienanaris žirnių, žirnių su kmynų ir kmynų bei baltųjų dobilų įsėliu pasėliai purkšti fungicidu Signum (1,00 kg ha⁻¹) ir insekticidu Actara (80 g ha⁻¹). Žirnių derlius nuimtas liepos 29 d., miežių ir kviečių – rugpjūčio 5 d. kombainu Wintersteiger Delta.

Po atsėlinių augalų miežių, kviečių ir žirnių 2019 m. derliaus nuėmimo laukeliai sulėkščiuoti ir giliai suarti. 2020 m. balandžio 19 d. pasėtas išlyginamasis pasėlis – miežiai ‘Orphelia KWS’ (180 kg ha⁻¹). Antraisiais augimo metais kmynai mineralinėmis trąšomis netręšti, augalų apsaugos priemonės nenaudotos. 2020 m. kmynų derlius nuimtas – liepos 9 d., miežių – 23 d. kombainu Wintersteiger Delta.

Tyrimai atlikti 4 pakartojimais. Pradinio laukelio dydis – 50 m², apskaitinio – 20 m².

Dirvožemio struktūros nustatymas. Dirvožemio struktūra nustatyta antsėlių auginimo metais vegetacijos pabaigoje ir po antrųjų auginimo metų kmynų derliaus nuėmimo Retsch sijojimo aparatu. Kiekviename laukelyje kastuvu paimtas apie 300 g dirvožemio ėminys ne mažiau kaip 3 vietose iš 0–25 cm armens sluoksnio. Laboratorijoje dirvožemis išdžiovinamas.

Paimti po 200 g dirvožemio ėminiai sijoti 2 min., sijojimo amplitudė – 60 %.

Dirvožemio šlyties pasipriešinimas. Šlyties pasipriešinimas nustatytas antsėlių auginimo metais vegetacijos pabaigoje bei po antrųjų auginimo metų kmynų derliaus nuėmimo kietmačiu Geonor 72407, kiekviename eksperimento laukelyje matuojant 10-yje atsitiktinai pasirinktų vietų 0–10 cm armens sluoksnyje.

Kmynų derlingumo apskaičiavimas. Kmynų sėklų derlingumas apskaičiuotas standartinio 12 % drėgnio ir absoliučiai švairiu sėklų kiekiu (t ha⁻¹).

Statistinė analizė. Tyrimų duomenų statistinė analizė atlikta naudojantis kompiuterine programa ANOVA iš programų paketo SELEKCIJA. Skirtumų esmingumui vertinti naudotas Dunkano kriterijus (Raudonius, 2017).

Rezultatai ir aptarimas

Dirvožemio struktūra. Antsėlių auginimo metais. 2019 m. vasarinius kviečius auginant su kmynų įsėliu, palyginti su vienanariu jų pasėliu, esmingai 56,5 % mažėjo mega agregatų kiekis, o makro agregatų kiekis esmingai 48,5 % didėjo (1 lentelė). Kituose pasėliuose makro agregatų kiekis esmingai nesiskyrė. Dirvožemio mikro struktūros agregatų kiekis visuose eksperimento laukeliuose ryškiai nesiskyrė. Viananariame kmynų pasėlyje mega, makro ir mikro agregatų kiekis esmingai nesiskyrė nuo dvianarių ir trinarių pasėlių.

1 lentelė. Dirvožemio struktūrinių agregatų % daigafunkciniuose pasėliuose užimtame dirvožemyje, 2019–2020 m.

Table 1. Soil structural aggregates % in the multi-cropping system crops, 2019–2020

Daigafunkciniai pasėliai Multi-cropping system crops	Struktūrinių agregatų % Soil structural aggregates %					
	mega > 10 mm		makro 0,25–10 mm		mikro < 0,25 mm	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Vienanariai/Sole						
VM-WM	53,4a	48,0a	35,1d	46,4a	11,5ab	5,65ab
VK-WM	42,1ab	59,5a	47,2bcd	36,4a	10,8ab	4,20bc
Ž-VM	42,5ab	62,0a	46,7bcd	34,7a	9,80b	3,35bc
KM-WM	22,9bc	55,7a	66,1ab	41,8a	11,1ab	2,58bc
Dvinariai/Binary						
VM-KM	35,7abc	62,4a	48,5bcd	34,1a	15,8a	3,53bc
VK-KM	18,3c	59,2a	70,1a	38,5a	11,5ab	2,30c
Ž-KM	29,1bc	54,0a	60,1abc	43,0a	10,8ab	2,95bc
Trinariai/Trinary						
VM-KM-BD	41,7abc	44,8a	42,7bcd	48,1a	15,7a	7,20a
VK-KM-BD	35,9abc	49,5a	51,5bcd	46,0a	13,1ab	4,50abc
Ž-KM-BD	40,0abc	63,1a	49,3bcd	34,1a	10,7ab	2,83bc

Pastaba: VM – vasariniai miežiai, VK – vasariniai kviečiai, Ž – žirniai, KM – kmynai; BD – baltieji dobilai. Variantų vidurkiai, pažymėti ne ta pačia raide (a, b, c, d), yra esminiai (P < 0,05).

Note: VM – spring barley, VK – spring wheat, Ž – peas, KM – caraway; BD – white clover. The differences between the means of the variants marked with the same letter (a, b, c, d) are significant (P < 0.05).

Antraisiais kmynų auginimo metais. 2020 m. vienanario kmynų pasėlio dirvožemyje mega ir makro struktūros agregatų kiekis esmingai nesiskyrė nuo dvianarių ir trinarių pasėlių. Didžiausias mikro struktūros agregatų kiekis nustatytas trinariame vasarinių miežių pasėlyje su kmynų ir baltųjų dobilų įsėliu, o palyginus su vienanariu jų pasėliu, esmingai 1,27 karto mažėjo mikro struktūros agregatų kiekis. Mažiausias struktūrinių agregatų kiekis nustatytas dvinariame vasarinių kviečių pasėlyje su kmynų

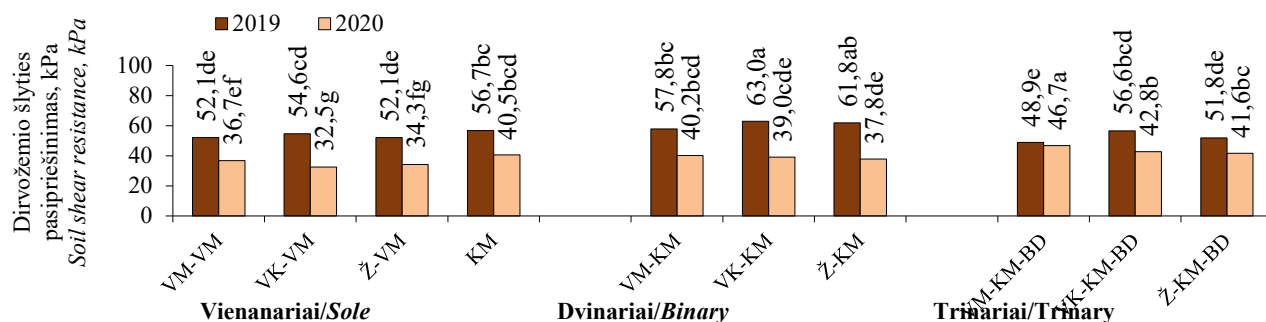
įsėliu, palyginus su trinariu jų pasėliu esmingai 1,96 % karto padidėjo mikro struktūros agregatų kiekis. Tokiems tyrimų rezultatams įtakos galėjo turėti susiformavęs gausnis augalų šaknynas bei aktyvesnė mikroorganizmų veikla trinariame pasėlyje.

Dirvožemio šlyties pasipriešinimas. Antsėlių auginimo metais. 2019 m. dviniuose vasarinių miežių, vasarinių kviečių ir žirnių su kmynų įsėliu pasėliuose dirvožemio šlyties pasipriešinimas nustatytas esmingai 10,9, 15,4 ir

18,6 % (1 pav.) didesnis negu vienanariuose jų pasėliuose. Trinariuose ir vienanariuose pasėliuose dirvožemio šlyties pasipriešinimas esmingai nesiskyrė.

Antraisiais kmylių auginimo metais. 2020 m. dvinariuose vasarinių miežių, vasarinių kviečių ir žirnių su

kmylių išėliu, bei trinariuose su kmylių ir baltųjų dobilų išėliu pasėliuose dirvožemio šlyties pasipriešinimas nustatytas esmingai didesnis nuo 9,5 iki 31,7 % negu vienanariuose jų pasėliuose (1 pav.).

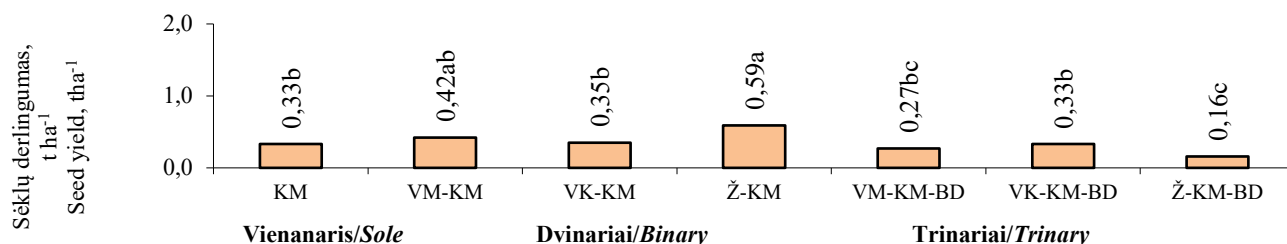


1 pav. Dirvožemio šlyties pasipriešinimas daugianariuose pasėliuose, 2019–2020 m.

Fig 1. Soil shear resistance in the multi-cropping system crops, 2019–2020

Pastaba: VM – vasariniai miežiai, VK – vasariniai kviečiai, Ž – žirniai, KM – kmyliai; BD – baltieji dobilai. Variantų vidurkiai, pažymėti ne ta pačia raide (a, b, c, d, e, f, g), yra esminiai ($P < 0,05$).

Note: VM – spring barley, VK – spring wheat, Ž – peas, KM – caraway; BD – white clover, The differences between the means of the variants marked with the same letter (a, b, c, d, e, f, g) are significant ($P < 0,05$).



2 pav. Kmylių sėklų derlingumas daugianariuose pasėliuose, 2020 m.

Fig 2. Caraway seed yield in the multi-cropping system, 2020

Pastaba: VM – vasariniai miežiai, VK – vasariniai kviečiai, Ž – žirniai, KM – kmyliai; BD – baltieji dobilai. Variantų vidurkiai, pažymėti ne ta pačia raide (a, b, c), yra esminiai ($P < 0,05$).

Note: VM – spring barley, VK – spring wheat, Ž – peas, KM – caraway; BD – white clover, The differences between the means of the variants marked with the same letter (a, b, c, d) are significant ($P < 0,05$).

Kmylių sėklų derlingumas. Didžiausias kmylių sėklų derlingumas gautas juos auginant dvinariame pasėlyje po žirnių (2 pav.). Mažiausias kmylių sėklų derlingumas nustatytas juos auginant trinariame pasėlyje po žirnių su baltaisiais dobilais. Vienanariame kmylių pasėlyje ir kituose dvinariuose bei trinariuose pasėliuose, išskyrus vasarinių miežių ir kmylių pasėlį, kmylių sėklų derlingumas nustatytas esmingai nuo 1,7 iki 3,7 karto mažesnis negu augusių po žirnių.

Išvados

1. Antsėlių auginimo metais vasarinius kviečius auginant dvinariame pasėlyje su kmylių išėliu, palyginti su vienanariu jų pasėliu, esmingai 56,5 % mažėjo mega struktūros agregatų kiekis, o makro agregatų kiekis esmingai 48,5 % didėjo. Antraisiais kmylių auginimo metais didžiausias mikro struktūros agregatų kiekis nustatytas trinariame vasarinių miežių pasėlyje su kmylių ir baltųjų

dobilų išėliu, o palyginus su vienanariu jų pasėliu, esmingai 1,27 karto mažėjo mikro struktūros agregatų kiekis.

2. Antsėlių auginimo metais dvinariuose vasarinių miežių, vasarinių kviečių ir žirnių su kmylių išėliu pasėliuose dirvožemio šlyties pasipriešinimas nustatytas esmingai 10,9, 15,4 ir 18,6 % didesnis negu vienanariuose jų pasėliuose. Antraisiais kmylių auginimo metais dvinariuose vasarinių miežių, vasarinių kviečių ir žirnių su kmylių išėliu bei trinariuose su kmylių ir baltųjų dobilų išėliu pasėliuose dirvožemio šlyties pasipriešinimas nustatytas esmingai nuo 9,5 iki 31,7 % didesnis negu vienanariuose jų pasėliuose.

3. Didžiausias kmylių sėklų derlingumas gautas juos auginant dvinariame pasėlyje po žirnių.

Literatūra

- Hertel, T. W. (2011). The global supply and demand for agricultural land in 2050: a perfect storm in the making? *American journal of Agricultural Economics*, Vol. 93, p. 259–275.

2. Hemathilake, D. M. K. S.; Gunathilake, D. M. C. C. (2022). Agricultural productivity and food supply to meet increased demands. In: *Future Foods*. Academic Press, p. 539–553.
3. Arora, N. K., Fatima, T., Mishra, I., Verma, M., Mishra, J., Mishra, V. (2018). Environmental sustainability: challenges and viable solutions. *Environmental Sustainability*, Vol. 1, p. 309–340.
4. Naulleau, A., Gary, C., Prévot, L., Hossard, L. (2021). Evaluating strategies for adaptation to climate change in grapevine production—A systematic review. *Frontiers in Plant Science*, Vol. 11, p. 2154.
5. Keating, B. A., Carberry, P. S., Bindraban, P. S., Asseng, S., Meinke, H., Dixon, J. (2010). Eco-efficient agriculture: Concepts, challenges, and opportunities. *Crop Science*, Vol. 50, p. 109–119.
6. Lizarazo, C. I., Tuulos, A., Jokela, V., Mäkelä, P. S. (2020). Sustainable mixed cropping systems for the boreal-nemoral region. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, Vol. 4, p. 103.
7. STÖCKLE, C. O., DONATELLI, M., NELSON, R. CropSyst, a cropping systems simulation model. *European Journal of Agronomy*, 2003, Vol. 18, p. 289–307.
8. Alagöz, Z., Yilmaz, E. (2009). Effects of different sources of organic matter on soil aggregate formation and stability: A laboratory study on a Lithic Rhodoxeralf from Turkey. *Soil and Tillage Research*, Vol. 103, p. 419–424.
9. Balesdent, J., Chenu, C., Balagane, M. (2000). Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, Vol. 53, p. 215–230.
10. Juchnevičienė, A., Raudonius, S., Avižienytė, D., Romanekas, K., Bogužas, V. (2012). Ilgalaikio supaprastinto žemės dirbimo ir tiesioginės sėjos įtaka žieminių kviečių pasėliui. *Žemės ūkio mokslai*, t. 19, p. 139–150.
11. Nasar, J., Alam, A., Nasar, A., Khan, M. Z. (2019). Intercropping induce changes in above and below ground plant compartments in mixed cropping system. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, Vol. 17, 13043–13050.
12. IUSS Working Group WRB, (2015). World Reference Base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. World Soil Resources Report 106. FAO, Rome: p. 188.
13. Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Zemdirbyste-Agriculture*, Vol. 104, p. 377–382.

Aušra Rudinskienė, Aušra Marcinkevičienė, Zita Kriaučiūnienė, Rimantas Velička, Robertas Kosteckas

Comparison of Soil Properties and Caraway Productivity in the Multi-Cropping Farming System

Summary

The field experiment was carried out in 2019 and 2020 at Experimental Station of Vytautas Magnus University Agriculture Academy. The aim of the study was to compare soil properties and caraway productivity in the sole (spring barley, spring wheat, pea, caraway), binary (spring barley-caraway, spring wheat-caraway, pea-caraway) and trinary (spring barley-caraway-white clover, spring wheat-caraway-white clover, pea-caraway-white clover) crops. In the first year of cover crops cultivation (2019), the number of mega aggregates decreased significantly by 56.5 % and the number of macro aggregates increased significantly by 48.5 %, when spring wheat was grown in a binary crop with caraway, as compared to sole crop. In the first year of cover crops cultivation (2019), the soil shear resistance was found to be 10.9, 15.4 and 18.6 % in binary crops of spring barley, spring wheat and peas with caraway significantly increased, compared to sole crops. In the second year of caraway cultivation (2020) in binary spring barley, spring wheat and peas with caraway, and trinary with caraway, and added white clover crop shear resistance was significantly higher from 9.5 to 31.7 % compared to sole crops. The highest caraway seed yield was obtained by growing them in a binary crop after peas.

Multi-cropping system, caraway, soil properties, productivity

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Aušra RUDINSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų srities doktorantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. el. paštas: ausra.rudinskiene@vdu.lt

Aušra RUDINSKIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, PhD student of Agriculture Science. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania, e-mail: ausra.rudinskiene@vdu.lt

Aušra MARCINKEVICIENĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos mokslų daktarė, profesorė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 78 81 65, el. paštas: ausra.marcinkeviciene@vdu.lt

Aušra MARCINKEVICIENĖ Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of biomedical Science, professor. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 78 81 65, e-mail: ausra.marcinkeviciene@vdu.lt

Zita KRIAUČIŪNIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos mokslų daktarė, docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 78 81 65, el. paštas: zita.kriauciuniene@vdu.lt

Zita KRIAUČIŪNIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of biomedical Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 78 81 65, e-mail: zita.kriauciuniene@vdu.lt

Rimantas VELIČKA. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros habilituotas žemės ūkio mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 17, el. paštas: rimantas.velicka@vdu.lt

Rimantas VELIČKA. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor hab. of biomedical Science, professor. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 17, e-mail: rimantas.velicka@vdu.lt

Robertas KOSTECKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Augalų biologijos ir maisto mokslų katedros biomedicinos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 78 81 65, el. paštas: robertas.kosteckas@vdu.lt

Robertas KOSTECKAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Plant Biology and Food Sciences, doctor of biomedical Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 78 81 65, e-mail: robertas.kosteckas@vdu.lt

Žemės dirbimo technologijos ir biologinės kilmės produktų įtaka vasarinių miežių (*Hordeum vulgare* L.) produktyvumui

Algirdas Petrėtis, Lina Marija Butkevičienė, Vaida Steponavičienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Lauko eksperimentas buvo atliktas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio Akademijos Bandymų stotyje 2021 m. Dirvožemis – karbonatingas giliau glėjiškas išplautžemis (IDg4-k) (Calc(ar)i Endohypogleyic Luvisol) (LVg-n-w-cc). Atliktas dviejų veiksmų lauko eksperimentas vasarinių kviečių 'Wicki' pasėlyje. Veiksny A – žemės dirbimo technologija: 1) be žemės dirbimo; 2) beariminis žemės dirbimas. Veiksny B – biologiniai preparatai ir jų mišiniai. Eksperimento variantai – 1) Kontrolė be biologinių preparatų; 2) Ruinex 1 l ha⁻¹; 3) Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; 4) Azofix 1 l ha⁻¹; 5) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; 6) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; 7) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Bacto C 0,5 l ha⁻¹. Eksperimento laukeliai 60 m² išdėstyti randomizuotai 4 pakartojimais. Tyrimų tikslas buvo įvertinti žemės dirbimo technologijos ir biologinės kilmės produktų įtaka vasarinių miežių (*Hordeum Vulgare* L.) produktyvumui. Tyrimai parodė, kad pasėlyje be žemės dirbimo vasarinių miežių produktyvumo rodikliai buvo reikšmingai geresni palyginus su supaprastinto žemės dirbimo pasėlio rodikliais. Biologinis preparatas Penergetic k ir mišiniai su juo skatino miežių krūmijimąsi, o trijų preparatų mišinys didino varpos ilgį, grūdų skaičių ir masę varpoje bei 1000 grūdų masę.

Biologiniai preparatai, produktyvumas, žemės dirbimas

Įvadas

Žemės dirbimas turi didelę įtaką agroekosistemoms. Supratimas apie dirvožemio ekosistemos struktūrą ir funkcijas taikant įvairaus intensyvumo žemės dirbimo sistemas ar sėją į neįdirbtą dirvą yra esminė sąlyga bet kuriai ateities ūkininkavimo sistemai. Labai svarbu išaiškinti ne tik trumpalaikį, bet ir ilgalaikį žemės dirbimo poveikį dirvožemio ekosistemai. Intensyvus žemės ūkis, pagrįstas didelio kiekio trąšų ir pesticidų naudojimu, paskatino fizinę, cheminę ir biologinę dirvožemio degradaciją, sumažino dirvožemio biologinę įvairovę ir agrocenozės biotą, išplito piktžolės ir kenkėjai, padidėjo šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimas ir aplinkos tarša visame pasaulyje (Li et al., 2007; Tripolskaja, Sidlauskas 2010; Chojnacka, 2015).

Lietuvos derlinguose dirvožemiuose daugiausia auginami javai ir rapsai, todėl susikaupia daug šalutinės produkcijos – šiaudų, kurie dažnai panaudojami trąšai (Arlauskienė ir kt., 2009). Šiuose ūkiuose šiaudų kaip šalutinės produkcijos sukaupiama iki 6 t ha⁻¹ ir daugiau ir gerai jeigu šiaudai panaudojami kaip organinė trąša. Problema atsiranda tada, kai norima tuos šiaudus kuo greičiau įjungti į dirvožemio organinius junginius, nes esant dideliame kiekiui šiaudų tai yra problematiška (Arlauskienė ir kt., 2014). Šiaudų panaudojimo tręšimui technologija dažnai nėra kompleksiskai subalansuota. Biologinių procesų dirvožemyje pobūdis, kryptys ir mastai javų popjūtinio laikotarpio mažai Lietuvoje tyrinėti. Tad pasigendama žinių, apie organinių medžiagų skaidymosi dėsningumų ir dirvožemio degradacijos mažinimo galimybes, kokią pasirinkti tinkamiausią šiaudų panaudojimo technologiją (Arlauskienė, 2014). Pastebima, kad intensyvus žemės dirbimas ir cheminių preparatų naudojimas išbalansuoja natūralius biologinius procesus dirvožemyje (Tripolskaja, 2010). Pastaraisiais metais dažnai kalbama apie pesticidų daromą neigiamą įtaką aplinkai. Laikui bėgant dirvožemis pradeda degraduoti, intensyviai naudojant augalų apsaugos priemones blogėja dirvožemio būklė, nes naikinant patogenus, sunaikinamos ir regeneratyvinės dirvos bakterijos (Carole et al., 2004; Montgomery, 2004). Kyla klausimas, kokiomis priemonėmis atgaivinti dirvožemį ir kaip išsaugoti augalų produktyvumą. Neatsitiktinai dažnai naudojami vis

labiau populiarėjantys biologiniai preparatai (Jakienė, Venskutonis, 2010; Chojnacka, 2015).

Tyrimų tikslas – įvertinti žemės dirbimo technologijos ir biologinės kilmės produktų įtaką vasarinių miežių (*Hordeum Vulgare* L.) produktyvumui

Tyrimų metodika

Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje įrengtas eksperimentas vykdomas nuo 2017 iki 2021 m. Straipsnyje pateikiami 2021 m. vykdytų tyrimų rezultatai. Dirvožemis – karbonatingas giliau glėjiškas išplautžemis (IDg4-k) (Calc(ar)i Endohypogleyic Luvisol) (LVg-n-w-cc).

Atliktas dviejų veiksmų lauko eksperimentas vasarinių miežių 'Orchella' pasėlyje. Veiksny A – žemės dirbimo technologija: 1) be žemės dirbimo; 2) beariminis žemės dirbimas. Veiksny B – biologiniai preparatai ir jų mišiniai. Eksperimento variantai – 1) Kontrolė be biologinių preparatų; 2) Ruinex 1 l ha⁻¹; 3) Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; 4) Azofix 1 l ha⁻¹; 5) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; 6) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; 7) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Bacto C 0,5 l ha⁻¹. Eksperimento laukeliai 60 m² išdėstyti randomizuotai 4 pakartojimais.

Pagal bandymo schemą ražienose išbertas kompensacinis azotas, nupurkšta skirtingais biologiniais preparatais ir jų mišiniais. Pusėje eksperimento, (esant apsiniaukusiam orui) augalinės liekanos tuoj pat (1 valandos bėgyje) įterptos 5–7 cm gyliu į dirvą, diskiniu skutikliu Cartier CR 300 (Väderstad) (supaprastinto žemės dirbimo technologija). Kita dalis paliekama nedirbta (be žemės dirbimo technologija) ir pasėjamas baltosios garstyčios ir šakninio ridiko tarpinis pasėlis.

Prieš sėją (balandžio 13 d.) tarpinis pasėlis buvo nupurkštas herbicidu Roundup Gold ST v. m. glifosatas 450 g l⁻¹, kadangi šakninis ridikas neišsėjo ir pradėjo vegetuoti. Pasėti vasariniai miežiai 'Orfila', 200 kg ha⁻¹. Balandžio mėn. 24 d. išberta amonio salietra 120 kg ha⁻¹. Gegužės mėn. 4 d. nupurkšta herbicidu Elegant 0,4 l ha⁻¹ 1 (veiklioji medžiaga: florasulamas 6,25 g l⁻¹ + 2,4-D 300 g l⁻¹) ir Trimmer 10 g ha⁻¹ (veiklioji medžiaga: tribenuronmetilas 500 g kg⁻¹). Fungicidai eksperimente nenaudoti.

Augalų aukštis įvertintas žydėjimo pabaigoje, kiekviename laukelyje pamatuota po 20 augalų, apskaičiuotas vidurkis.

Augalų sėklų derlingumas įvertintas, nuimant kombainu „Wintersteiger“ su svėrimo ir drėgnumo nustatymo sistema. Nustatytas augalų sėklų švarumas, derlius perskaičiuotas į standartinį javų 14 %, drėgnumo ir 100 % švarumo sėklų derlingumą $t\ ha^{-1}$.

Augalų biometrinių ir sėklų derliaus struktūros parametrų nustatymas. Prieš derliaus nuėmimą kiekviename bandymo laukelyje išpjauti $1\ m^2$ apskaitiniai ploteliai. Kiekvieno laukelio pėdai atnešami į laboratoriją. Iš kiekvieno pėdo atsitiktinai atrenkama 30 augalų tyrimams. Nustatyti kiekvieno augalo biometriniai ir derliaus struktūros rodikliai (augalų masė, augalų aukštis, javų varpos ilgis, grūdų skaičius ir masė varpoje, 1000 sėklų masė).

Tyrimų statistinis vertinimas: nustatytas pagal Fišerio kriterijų ir mažiausią esminį skirtumą $R_{0,05\ 95}$ proc. tikimybės lygiui ($P < 0,05$). Naudota dviejų veiksmų kompiuterinė programa ANOVA, (Tarakanovas, Raudonius, 2009).

Rezultatai ir aptarimas

Javų derlingumą apsprendžia susiformavęs pasėlio tankumas vegetacijos eigoje. Žemės dirbimo įtaka pasėlio tankumui buvo ypač reikšminga. Produktivių stiebų skaičius m^{-2} buvo esmingai 56,2 % didesnis pasėlyje be žemės dirbimo, palyginus su lėkščiuotu pasėliu (1 lentelė). Be žemės dirbimo pasėliuose, augalų tankumas prieš javapjūtę reikšmingai nesiskyrė panaudojus biologines priemones: Ruinex, Penergetic k bei jų mišinius Ruinex+Penergetic k abi normas ir Penergetic k + Azofix. Panašus augalų tankumas, kaip pasėlyje be biologinių priemonių buvo panaudojus trijų preparatų Ruinex + Penergetic k + Bacto C mišinį, bet esmingai mažesnis, (vidutiniškai 25,0 %), palyginus su ankščiau paminėtomis priemonėmis. Taikant supaprastintą žemės dirbimo technologiją, lėkščiavimą, daugiausiai produktyvių stiebų miežiai suformavo panaudojus mišinį Ruinex 1 l ha+ Penergetic k 0,1 l ha. Reikšmingai nesiskyrė produktyvių stiebų skaičius abiejų technologijų pasėliuose panaudojus mažesnę normą preparatų mišinį Ruinex 1 l ha+ Penergetic k 0,1 l ha.

Miežių varpų ilgiui žemės dirbimo technologijos įtaka nebuvo labai reikšminga, tik panaudojus preparatą Ruinex ir mišinį Penergetic k + Azofix varpos buvo esmingai 24,5 % ir 1,8 % ilgesnės be žemės dirbimo pasėliuose, nei supaprastintam dirbime. Grūdų skaičiui ir masei varpoje žemės dirbimo technologija esminės įtakos neturėjo. Pasėlyje be žemės dirbimo, mažiausias grūdų kiekis ir masė varpoje, buvo panaudojus preparatų mišinį Ruinex + Penergetic k didesnę normą bet reikšmingai nesiskyrė palyginus su kitų priemonių naudojimu. Daugiausiai grūdų užsimezgė ir didelė masė buvo panaudojus preparatų mišinį Ruinex + Penergetic k + Azofix ir Ruinex + Penergetic k + Bacto C.

Supaprastinto žemės dirbimo pasėliuose nustatyta didesnė biologinių priemonių naudojimo įtaka vidutiniam grūdų skaičiui ir masei miežių varpoje. Skirtingai, nei pasėlyje be žemės dirbimo čia ilgiausios miežių varpos buvo panaudojus mišinį Ruinex + Penergetic k, bet esmingai nesiskyrė naudojant kitus mišinius bei Penergetic k ne mišinyje. Pasėliuose be biologinių priemonių varpos buvo esmingai vidutiniškai 12,1 % ir 13,3 % trumpesnės palyginus su biologinių priemonių naudojimu. Biologinių preparatų mišinių naudojimas didino grūdų masę varpoje išskyrus mišinį Penergetic k + Azofix, bet nereikšmingai palyginus su pasėliu be biologinių priemonių. mišinį Penergetic k + Azofix, grūdų masė buvo mažiausia.

Žemės dirbimo technologijos esminė įtaka 1000 grūdų masei nustatyta tik vienu atveju: panaudojus mišinį Penergetic k + Azofix 40,2 %, palyginus su pasėliu kuriame taikyta supaprastinta technologija. Pasėliuose be žemės dirbimo ji buvo didesnė vidutiniškai 15,0 %, palyginus su lėkščiuotame pasėlyje 1000 grūdų mase. Pasėlyje be biologinių priemonių 1000 grūdų masė buvo esmingai mažesnė palyginus su naudojimu ne mišinyje Penergetic k 2,8 %, ir mišiniais Ruinex + Penergetic k 7,6 %, Ruinex + Penergetic k + Bacto C 8,4 %.

Supaprastinto žemės dirbimo technologijos pasėlyje panaudojus trijų preparatų Ruinex + Penergetic k + Bacto C mišinį 1000 grūdų masė buvo didžiausia, bet reikšmingai nesiskyrė palyginus su pasėliu be biologinių priemonių. mišinį Penergetic k + Azofix bet reikšmingai skyrėsi tik su trijų preparatų mišinio naudojimu.

1 lentelė. Žemės dirbimo technologijos ir biologinių preparatų įtaka vasarinių miežių produktyvumo rodikliams

Table 1. Influence of tillage technologies and biological preparations on spring barley productivity indicators

Biologiniai preparatai ir jų mišiniai <i>Biological preparations and their mixtures</i>	Be žemės dirbimo/ Without tillage				
	Produktivių stiebų skaičius $vnt\ m^{-2}$ / <i>Productive stems $vnt\ m^{-2}$</i>	Varpos ilgis cm / <i>Barley bell length cm</i>	Grūdų skaičius varpoje vnt / <i>Number of grains pcs</i>	Grūdų masė varpoje g / <i>Grain mass g</i>	1000 grūdų masė g / <i>1000 grain mass g</i>
1. Kontrolė (be biologinių priemonių) <i>without biological preparations (control)</i>	602bc	7,26bc	21,09a	0,99a	46,61ab
2. Ruinex	610bc	7,87a	20,99a	0,94a	44,91ab
3. Penergetic k	685ab	7,24bc	20,41a	0,98a	47,96a
4. Ruinex + Penergetic k -1	621abc	6,88c	21,07a	0,85a	48,47ab
5. Ruinex + Penergetic k -2	698a	7,57abc	18,54a	0,85a	47,34ab
6. Penergetic k + Azofix	643abc	7,76ab	21,27a	0,87a	50,44a
7. Ruinex + Penergetic k + BactoC	578c	7,55abc	21,62a	1,06a	50,88a

	Supaprastintas žemės dirbimas/ <i>Reduced tillage</i>				
1. Kontrolė (be biologinių priemonių) <i>without biological preparations (control)</i>	396bc*	7,75a	17,22bc	0,74ab	40,45ab
2. Ruinex	464ab*	6,32c*	16,81b	0,62b	42,69ab
3. Penergetic k	452b*	6,78bc	18,47abc	0,76ab	40,88ab
4. Ruinex + Penergetic k -1	518a	7,15abc	19,76abc	0,83ab	42,13ab
5. Ruinex + Penergetic k -2	461ab*	6,69bc	21,97a	0,73ab	43,03ab
6. Penergetic k + Azofix	379c*	6,53c*	18,11abc	0,66b	35,97b*
7. Ruinex + Penergetic k +BactoC	421bc*	7,36abc	21,45ab	0,99a	45,17a

Pastaba: Kontrolė be biologinių preparatų; R – Ruinex 1 l ha⁻¹; P – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; A – Azofix 1 l ha⁻¹; R+P – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; R+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; P+A – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 1 l ha⁻¹; R+P+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Bacto C 0,5 l ha⁻¹.

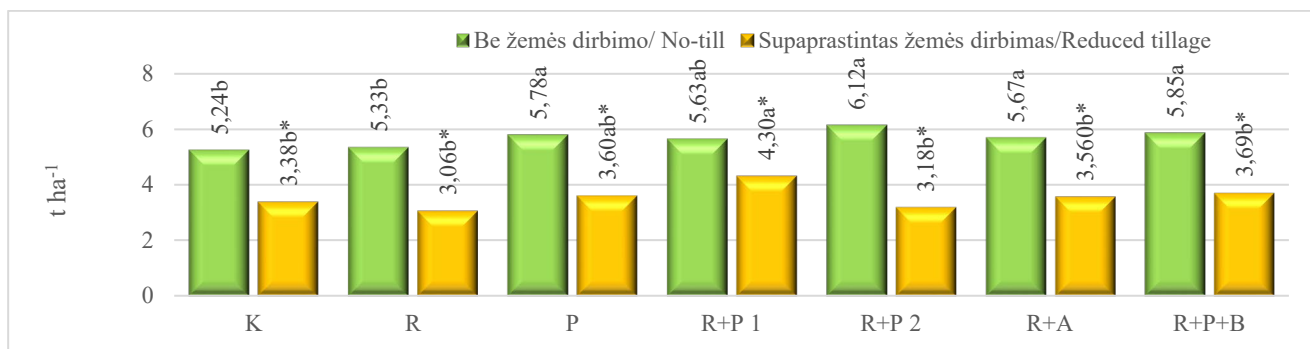
Žemės dirbimo technologijos (veiksny A) esminė įtaka * $P \leq 0.05 > 0.01$. Eksperimento vidurkiai pažymėti skirtingomis raidėmis (a, b, c...) žymi naudotų priemonių (biologinių preparatų) esminę įtaką (veiksny B), $P < 0.05$.

Note: Control without biological preparations; R – Ruinex 1 l ha⁻¹; P – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; A – Azofix 1 l ha⁻¹; R+P – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; R+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; P+A – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 1 l ha⁻¹; R+P+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹.

No significant influence of tillage technology (factor A) was * $P \leq 0.05 > 0.01$. Differences between averages (biological preparations (factor B)) not marked with the same letter (a, b, c...) are significant, $P < 0.05$

Žemės dirbimo technologija turėjo reikšmingos įtakos vasarinių miežių derlingumui (1 pav.). Pasėliuose, kuriuose miežiai auginti be žemės dirbimo ir pasėtas bastutinių augalų tarpinis pasėlis, derlingumas buvo vidutiniškai 1,6

karto didesnis. Biologinių priemonių įtaka be žemės dirbimo pasėlyje išsiskyrė naudojant juos mišiniuose ir vienkompentį Penergetic k, palyginus su pasėliu be biologinių priemonių.



1 pav. Vasarinių miežių derlingumas panaudojus biologinės kilmės produktus

Fig. 1. Productivity of spring barley using products of biological preparations

Pastaba: Kontrolė be biologinių preparatų; R – Ruinex 1 l ha⁻¹; P – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; A – Azofix 1 l ha⁻¹; R+P – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; R+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; P+A – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 1 l ha⁻¹; R+P+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Bacto C 0,5 l ha⁻¹.

Žemės dirbimo technologijos (veiksny A) esminė įtaka * $P \leq 0.05 > 0.01$. Eksperimento vidurkiai pažymėti skirtingomis raidėmis (a, b, c...) žymi naudotų priemonių (biologinių preparatų) esminę įtaką (veiksny B), $P < 0.05$.

Note: Control without biological preparations; R – Ruinex 1 l ha⁻¹; P – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; A – Azofix 1 l ha⁻¹; R+P – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; R+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; P+A – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 1 l ha⁻¹; R+P+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹.

No significant influence of tillage technology (factor A) was * $P \leq 0.05 > 0.01$. Differences between averages (biological preparations (factor B)) not marked with the same letter (a, b, c...) are significant, $P < 0.05$

Išvados

Supaprastino žemės dirbimo technologijos pasėliuose, derlingiausi miežiai buvo panaudojus mažesnę normą mišinio Ruinex + Penergetic k. Biologinių priemonių įtaka supaprastinto dirbimo pasėlyje buvo mažiau reikšminga. Reikšmingai derlingumu nesiskyrė miežiai panaudojus mišinius Ruinex + Azofix ir Ruinex + Penergetic k + Bacto C, preparatą Penergetic k ir auginant be biologinių priemonių.

1. Pasėlyje be žemės dirbimo vasarinių miežių produktyvumo rodikliai buvo reikšmingai geresni palyginus su supaprastinto žemės dirbimo pasėlio rodikliais. Biologinis preparatas Penergetic k ir mišiniai su juo skatino miežių krūmijimąsi, o trijų preparatų mišinys didino varpos ilgį, grūdų skaičių ir masę varpoje bei 1000 grūdų masę.

2. Biologinių priemonių naudojimas pagerina miežių vystymąsi ir jų produktyvumą ypač jeigu sudaromos sąlygos jų efektyvumui pasireikšti. Supaprastinto žemės dirbimo

pasėlyje miežių derlingumas buvo 1,6 karto reikšmingai mažesnis palyginus su pasėliu be žemės dirbimo, kuriame augintas bastutinių augalų tarpinis pasėlis. Taikant abi žemės dirbimo technologijas, biopreparatas Penergetic k ir mišiniai su juo reikšmingai didino miežių derlingumą, bet gerenė įtaka buvo pasėlyje be žemės dirbimo.

Literatūra

1. Arlauskienė, A.; Maikštėnienė, S.; Šlepetienė, A. (2009). Tarpinių pasėlių ir šiaudų įtaka vasarinių miežių mitybai azotu bei dirvožemio humuso sudėčiai. *Žemdirbystė/ Agriculture*, 96(2), 53–70.
2. Arlauskienė, A.; Velykis, A.; Šlepetienė, A.; Janušauskaitė, D. (2014). Javų šiaudų irimo skatinimas pirminės skaidymosi stadijose. Naujausios rekomendacijos žemės ir miškų ūkiui. p. 7–11.
3. Billard V.; Etienne P.; Jannin L.; Garnica M.; Cruz F.; Garcia-Mina J.-M. (2014). biostimulants derived from algae or humic acid induce similar responses in the mineral response and gene expression of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.), *J. Plant Growth Regul.*, 33, p. 305–316.
4. Carole T.M.; Pellegrino J.; Paster M.D. (2004). Opportunities in the industrial biobased products industry, *Appl. Biochem. Biotech.* Vol. 113. P. 871–885.
5. Chojnacka K. (2015). Innovative bio-products for agriculture. *Open Chem. Research Article*. Vol. 13. P. 932–937 (DOI: 10.1515/chem-2015-0111).
6. Jakienė E.; Venskutonis V. (2008). Augimo regulatoriai augalininkystėje. *Akademija*. 80 p.
7. Li B.Y.; Zhou D.M.; Cang L.; Zhang H.L.; Fan X.H.; Qin S.W. (2007). Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications, *Soil Till. Res.* Vol. 96. 166–173.
8. Montgomery R. (2004). Development of biobased products. *Bioresource. Technol.* Vol. 91. P. 1–29.
9. Saa S.; Olivos-Del R.A.; Castro S.; Brown P.H. (2015). Foliar application of microbial and plant based biostimulants increases growth and potassium uptake in almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb), *Front. Plant Sci.*, 23(87), 1–9.
10. Tarakanovas, P.; Raudonius, S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT – PLOT iš paketo Selekcija ir Irristat. *Akademija*, p. 57.
11. Tripolskaja L. (2010). Antrapogeninis poveikis cheminių elementų išplovimui iš dirvožemio. Monografija: Agroekosistemų komponentų valdymas. p. 280–288.
12. Tripolskaja, L.; Šidlauskas, G. (2010). Tarpinių pasėlių žaliajai trąšai ir šiaudų įtaka atmosferos kritulių filtracijai ir azoto išplovimui. *Žemdirbystė-Agriculture*, 97 (1), p. 83–92.

Algirdas Petrėtis, Lina Marija Butkevičienė, Vaida Steponavičienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė

Influence of Tillage Technology and Biological Products on Productivity of Spring Barley (*Hordeum Vulgare* L.)

Summary

The field experiment was conducted at the Experimental Station of Vytautas Magnus University Agriculture Academy in 2021. Soil – carbonate, deeper hellenic (IDg(ar)-i-Endohypogleyic Luvisol) (LVg-n-w-cc). A two-factor field experiment was conducted in the spring wheat 'Wicki' crop. Factor A – tillage technology: 1) without tillage; 2) no-till tillage. Factor B – Biological preparations and their mixtures. Experimental variants – 1) N8 – 8 kg of compensatory nitrogen to 1 t of straw, without biological preparations; 2) Ruinex 1 l ha⁻¹; 3) Penergetic k 0.2 l ha⁻¹; 4) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0.2 l ha⁻¹; 5) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0.5 l ha⁻¹; 6) Penergetic k 0.2 l ha⁻¹ + Azofix 1 l ha⁻¹; 7) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0.2 l ha⁻¹ + Bacto C 0.5 l ha⁻¹. The experimental fields of 60 m² are arranged randomized in 4 repetitions. The use of biological agents improves the development of barley and its productivity, especially if it is effective. The yield of barley in the simplified tillage crop was 1.6 times lower compared to the crop without the tillage, where the intermediate crop of bastut crops was grown. Using both tillage technologies, the biopreparation Penergetic k and mixtures with it significantly increased barley yield, but had a better effect on the crop without tillage.

Biological preparations, productivity, tillage systems

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Algirdas PETRĖTIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: algirdas.petrėtis@stud.vdu.lt

Algirdas PETRĖTIS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agronomy master of Science (MSc). Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 33, e-mail: algirdas.petrėtis@stud.vdu.lt

Lina Marija BUTKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 29, el. paštas: lina.butkeviciene@vdu.lt

Lina Marija BUTKEVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Biomedical Science, assoc. prof. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 29, e-mail: lina.butkeviciene@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Agriculture Science. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 11, e-mail: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Biomedical Science, professor. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 33, e-mail: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų srities daktarė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: lina.skinuliene@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Agriculture Science. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 11, e-mail: lina.skinuliene@vdu.lt

Biologinių preparatų ir žemės dirbimo technologijos įtaka dirvožemio savybėms vasarinių kviečių pasėlyje

Rūta Klevinskaitė, Lina Marija Butkevičienė, Vaida Steponavičienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Lauko eksperimentas buvo atliktas Vytauto Didžiojo universiteto žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje 2020 m. Dirvožemis – karbonatingas giliau glėjiškas išplautžemis (IDg4-k) (Calc(ar)i Endohypogleyic Luvisol) (LVg-n-w-cc). Atliktas dviejų veiksmų lauko eksperimentas vasarinių kviečių 'Wicki' pasėlyje. Veiksny A – žemės dirbimo technologija: 1) be žemės dirbimo; 2) beariminis žemės dirbimas. Veiksny B – biologiniai preparatai ir jų mišiniai. Eksperimento variantai – 1) N8 – kompensacinis azotas 8 kg t šiaudų, be biologinių preparatų; 2) Ruinex 1 l ha⁻¹; 3) Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; 4) Azofix 1 l ha⁻¹; 5) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; 6) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; 7) Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 1 l ha⁻¹; 8) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹. Eksperimento laukeliai 60 m² išdėstyti randomizuotai 4 pakartojimais. Tyrimų tikslas buvo įvertinti dirvožemio savybes naudojant skirtingus biologinius produktus bei palyginti biopreparatų poveikį be žemės dirbimo ir taikant bearimą žemės dirbimą.

Atlikto tyrimo metu buvo nustatyta, kad biologinių preparatų bei jų mišinių naudojimas be žemės dirbimo didino Corg. kiekį nuo 1,7 proc. iki 9,4 proc. dirvožemyje lyginant su kompensacinio azoto naudojimu, išskyrus biopreparatą Azofix. Atlikto tyrimo metu anglies ir azoto santykis svyravo nuo 11,3:1 iki 12,4:1. Daugiausiai vandenyje tirpios anglies buvo nustatyta variante be žemės dirbimo naudojant biopreparatų mišinį Ruinex + Penergetic k (0,248 g kg⁻¹). Mažiausiai judrių huminių medžiagų nustatyta panaudojus biologinės kilmės produktą Penergetic k (be žemės dirbimo 0,289 g kg⁻¹, beariminis žemės dirbimas 0,284 g kg⁻¹). Daugiausiai humuso susikaupė dirvožemyje, kuriame buvo naudojamas biologinių preparatų mišinys Ruinex + Penergetic k + Azofix (be žemės dirbimo 2,20 proc., beariminis žemės dirbimas 2,18 proc.).

Organinė ir labili dirvožemio anglis, azotas, humusas, žemės dirbimas

Įvadas

Intensyvus lauko augalų auginimas naudojant didelius mineralinių trąšų ir augalų apsaugos produktų kiekius neigiamai veikia dirvožemio fizikines ir chemines savybes ir tampa ribojančiu veiksmu siekiant potencialaus pasėlių derliaus. Be to, žemės dirbimo intensyvumas ir sunkiosios žemės ūkio technikos naudojimas keičia ir mechanines-fizines dirvožemio savybes. Dirvožemio aktyvumui gerinti ir augalų produktyvumui didinti naudojamos biologinės ir bioorganinės trąšos (Khan et al., 2009; Buragienė ir kt., 2011; Jakienė, Spruogis, 2015). Biologiniai preparatai naudojami dirvožemio biologiniams procesams stimuliuoti ir aktyvinti bei augalų produktyvumui didinti (Novickienė, 1994; Jakienė, 2011). Biologiniai preparatai yra sudaryti iš gyvų mikroorganizmų – įvairių rūšių dumblių, grybų ir bakterijų – kurie veikia kartu arba atskirai. Šie įvairūs mikroorganizmai gali mobilizuoti augalų mitybai svarbius elementus ir padidinti augalams maistinių medžiagų prieinamumą dirvožemyje per azoto fiksavimą, humifikaciją, mineralizaciją, fosforo išsiskyrimą ir kitus procesus (Subba Rao, 1993; Adesemoye, 2017; Kumar et al., 2017). Biologiniai preparatai taip pat gali užtikrinti ir agroekosistemų stabilumą bei atsparumą abiotiniams aplinkos veiksniams. Jie prisideda kuriant savitą žemdirbystės sistemą, kuri išlaiko pastovų pasėlio derlingumą neužteršiant aplinkos ir nesukelia žalos žmonėms (Brussaard et al., 2007). Ūkininkai taip pat turėtų atsakingai rinktis žemės dirbimo technologiją, atsižvelgdami į dirvožemį, auginamų pasėlių poreikius bei aplinkos veiksmus, nes netinkamai pasirinkta žemės dirbimo technologija gali sumažinti dirvožemio biologinę įvairovę, sutrikdyti dirvožemyje vykstančius biocheminius procesus ir sukelti dirvožemio eroziją (Zhang ir kt., 2008).

Tyrimų tikslas – įvertinti dirvožemio savybes naudojant skirtingus biologinius produktus bei palyginti biopreparatų poveikį be žemės dirbimo ir taikant bearimą žemės dirbimą.

Tyrimų metodika

Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje įrengtas eksperimentas vykdomas nuo 2017 m. iki 2021 m. Straipsnyje pateikiami 2020 m. vykdytų tyrimų rezultatai. Dirvožemis – karbonatingas giliau glėjiškas išplautžemis (IDg4-k) (Calc(ar)i Endohypogleyic Luvisol) (LVg-n-w-cc).

Atliktas dviejų veiksmų lauko eksperimentas vasarinių kviečių 'Wicki' pasėlyje. Veiksny A – žemės dirbimo technologija: 1) be žemės dirbimo; 2) beariminis žemės dirbimas. Veiksny B – biologiniai preparatai ir jų mišiniai. Eksperimento variantai – 1) N8 – kompensacinis azotas 8 kg t šiaudų, be biologinių preparatų; 2) Ruinex 1 l ha⁻¹; 3) Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; 4) Azofix 1 l ha⁻¹; 5) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; 6) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; 7) Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 1 l ha⁻¹; 8) Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹. Eksperimento laukeliai 60 m² išdėstyti randomizuotai 4 pakartojimais.

Po javų pjūties šiaudai visame bandymo plote susmulkinti ir paskleisti ražienoje. Ražiena palikta aukšta 20–25 cm. Ražienose išbertas kompensacinis azotas, nupurkšta skirtingais biologiniais preparatais ir jų mišiniais, beariminio žemės dirbimo lauko dalis sulėkščiuta. Pasėlis sulėkščiutas 5–7 cm gyliu, diskiniu skutikliu Cartier CR 300 (Vaderstad) (lėkščiuta 2 k.). Sėjos metu (kovo 28 d.) beariminės žemės dirbimo technologijos dirva dar kartą sulėkščiuta ir tręšta lokaliai kompleksinėmis trąšomis N16P16K16, 270 kg ha⁻¹. Pasėti vasariniai kviečiai 'Wicki', 320 kg ha⁻¹, 4–5 cm gyliu; sėkla nebeicuota. Balandžio mėn. 24 d. išberta amonio salietra 120 kg ha⁻¹. Gegužės mėn. 4 d. nupurkšta herbicidu Elegant 0,4 l ha⁻¹ (veiklioji medžiaga: florasulamas 6,25 g l⁻¹ + 2,4-D 300 g l⁻¹) ir Trimmer 10 g ha⁻¹ (veiklioji medžiaga: tribenuronmetilas 500 g kg⁻¹). Fungicidai eksperimente nenaudoti.

Dirvožemis agrocheminėms ir biologinėms analizėms paimtas agrocheminiais grąžtais, iš kiekvieno varianto

dešimties vietų 0–10 cm gylio, rudenį po derliaus nuėmimo prieš eksperimento įrengimą 2017 m. ir po tiriamų priemonių panaudojimo, (2020 m.). Analizės atliktos LAMMC cheminių tyrimų laboratorijoje.

Kauno hidrometeorologinės stoties meteorologinių stebėjimų duomenimis 2020 m. pavasaris buvo ypatingai sausas, kovo mėn. kritulių iškrito 27,0 proc. mažiau palyginus su daugiamečiu vidurkiu ir beveik visi iškrito pirmoje mėnesio pusėje. Balandžio mėn. kritulių iškrito tik 4,0 mm – 10 kartų mažiau palyginus su šio mėnesio standartine kritulių norma (41 mm). Gegužės mėn. kritulių iškrito (94,4 mm) 1,3 karto daugiau lyginant su standartine kritulių norma. Liepos mėn. kritulių iškrito tik 60,4 mm. Vidutinė kovo mėn. oro temperatūra buvo didesnė už daugiamečių vidutinę, tačiau nuo kovo 15 d. pasitaikė dienų su neigiamomis temperatūromis, keletą dienų buvo susiformavęs net žemės įšalas iki 4 cm. Balandžio mėn. oro temperatūros atitiko daugiamečius vidurkius. Gegužės mėn. oro temperatūra buvo 30 °C žemesnė negu daugiamečių vidurkis. Liepos mėn., kada vyksta javų branda oro temperatūra buvo 3,5 °C žemesnė.

Gauti tyrimo duomenys statistiškai įvertinti pagal Fišerio kriterijų ir mažiausią esminį skirtumą R0,05 95 proc. tikimybės lygiui ($P < 0,05$). Naudojantis kompiuterine 2 veiksmų programa ANOVA iš programų paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

Rezultatai ir aptarimas

Atlikus tyrimą buvo nustatyta, kad žemės dirbimo technologija neturėjo esminės įtakos organinės anglies kiekiui dirvožemyje (1 lentelė). Biologinių preparatų bei jų mišinių naudojimas be žemės dirbimo didino Corg. kiekį dirvožemyje lyginant su kompensacinio azoto naudojimu, išskyrus variantą, kuriame buvo naudojamas vienkomponeinis biopreparatas Azofix. Daugiausiai organinės anglies susikaupė dirvožemyje, kuriame buvo naudojamas biologinių preparatų mišinys Ruinex + Penergetic k + Azofix abiejų fonų pasėliuose. Be žemės dirbimo panaudojus biopreparatų mišinį Ruinex + Penergetic k + Azofix organinės anglies susikaupė esmingai daugiau 15,3 proc. lyginant su variantu, kuriame buvo naudojamas tik Azofix. Beariminės technologijos fone, biopreparato Azofix palyginus su kitais preparatais, buvo pastebėta, kad biopreparatų mišiniai Ruinex + Penergetic k (14,4 proc.), Ruinex + Azofix (13,5 proc.), Ruinex + Penergetic k + Azofix (14,4 proc.) esmingai didino organinės anglies kiekį dirvožemyje. Atlikto tyrimo metu anglies ir azoto santykis svyravo fone be žemės dirbimo nuo 11,3:1 iki 12,1:1, fone beariminės technologijos nuo 11,3:1 iki 12,4:1.

1 lentelė. Biologinių preparatų ir jų mišinių įtaka suminio azoto ir organinės anglies kiekiui bei jų santykiui dirvožemyje (%)

Table 1. Impact of biological preparation and their mixtures on the content of total nitrogen and organic carbon and their ratio in the soil (%).

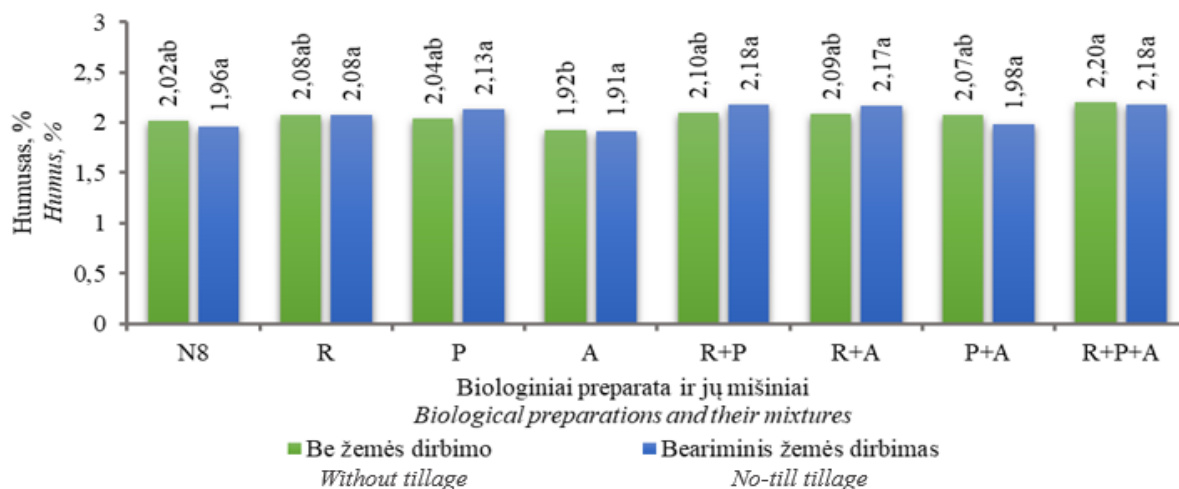
Eil. Nr./ No	Biologiniai preparatai ir jų mišiniai <i>Biological preparations and their mixtures</i>	Corg.	C:N	Corg.	C:N
		Be žemės dirbimo <i>Without tillage</i>		Beariminė technologija <i>No-till tillage</i>	
1.	Kompensacinis azotas 8 kg t šiaudų, be biologinių preparatų (kontrolė) / 8 kg of compensatory nitrogen to 1 t of straw, without biological preparations (control)	1,17ab	12,1:1	1,19ab	11,3:1
2.	Ruinex 1 l ha ⁻¹	1,21ab	12,1:1	1,21ab	11,5:1
3.	Penergetic k 200 ml ha ⁻¹	1,19ab	11,3:1	1,24ab	11,8:1
4.	Azofix 1 l ha ⁻¹	1,11b	11,9:1	1,11b	11,6:1
5.	Ruinex 1 l ha ⁻¹ + Penergetic k 200 ml ha ⁻¹	1,22ab	12,1:1	1,27a	12,4:1
6.	Ruinex 1 l ha ⁻¹ + Azofix 0,5 l ha ⁻¹	1,21ab	11,9:1	1,26a	12,3:1
7.	Penergetic k 200 ml ha ⁻¹ + Azofix 1 l ha ⁻¹	1,20ab	12,1:1	1,15ab	11,5:1
8.	Ruinex 1 l ha ⁻¹ + Penergetic k 200 ml ha ⁻¹ + Azofix 0,5 l ha ⁻¹	1,28a	11,7:1	1,27a	11,5:1

Pastaba: Žemės dirbimo technologijos (veiksny A) esminė įtaka nenustatyta, $P > 0,05$. Eksperimento vidurkiai pažymėti skirtingomis raidėmis (a, b, c...) žymi naudotų priemonių (biologinių preparatų) esminę įtaką (veiksny B), $P < 0,05$.

Note: No significant influence of tillage technology (factor A) was found, $P > 0.05$. Differences between averages (biological preparations (factor B)) not marked with the same letter (a, b, c...) are significant, $P < 0.05$

Analizuojant biologinių preparatų įtaką humuso kiekiui laukeliuose, kuriuose buvo taikomas beariminis žemės dirbimas, esminiai skirtumai tarp tirtų biologinių preparatų nenustatyti, tačiau daugiausiai humuso susikaupė naudojant

biologinių preparatų mišinius Ruinex + Penergetic k (2,18 proc.), Ruinex + Penergetic k + Azofix (2,18 proc.) bei Ruinex + Azofix (2,17 proc.) (1 pav.).



1 pav. Biologinių preparatų ir jų mišinių įtaka humuso kiekiui.

Fig. 1. Influence of biological preparations and their mixtures on humus amount.

Pastaba: N8 – kompensacinis azotas 8 kg t šiaudų, be biologinių preparatų; R – Ruinex 1 l ha⁻¹; P – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; A – Azofix 1 l ha⁻¹; R+P – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; R+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; P+A – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 1 l ha⁻¹; R+P+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹.

Žemės dirbimo technologijos (veiksny A) esminė įtaka nenustatyta, $P > 0,05$. Eksperimento vidurkiai pažymėti skirtingomis raidėmis (a, b, c...) žymi naudotų priemonių (biologinių preparatų) esminę įtaką (veiksny B), $P < 0,05$.

Note: N8 – 8 kg of compensatory nitrogen to 1 t of straw, without biological preparations; R – Ruinex 1 l ha⁻¹; P – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; A – Azofix 1 l ha⁻¹; R+P – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹; R+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹; P+A – Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 1 l ha⁻¹; R+P+A – Ruinex 1 l ha⁻¹ + Penergetic k 0,2 l ha⁻¹ + Azofix 0,5 l ha⁻¹.

No significant influence of tillage technology (factor A) was found, $P > 0.05$. Differences between averages (biological preparations (factor B)) not marked with the same letter (a, b, c...) are significant, $P < 0.05$

Galime pastebėti, kad biologinių preparatų bei jų mišinių naudojimas beariminėje technologijoje didino humuso atsargas dirvožemyje lyginant su kompensacinio azoto naudojimu išskyrus variantą, kuriame buvo naudojamas biopreparatas Azofix. Technologijoje be žemės dirbimo daugiausiai humuso buvo nustatyta laukelyje, kuriame buvo naudotas biopreparatų mišinys Ruinex + Penergetic k + Azofix net 2,20 proc. Lyginant su šiuo variantu esmingai 28 proc. mažiau humuso susikaupė variante, kuriame buvo naudojamas vienkomponeinis Azofix. Tarp kitų variantų esminiai skirtumai nenustatyti, tačiau galima pastebėti panašią tendenciją kaip ir su beariminiu žemės dirbimu: daugiau humuso susikaupė laukeliuose kuriuose buvo naudojami biologiniai preparatai ir jų mišiniai lyginant su kompensacinio azoto naudojimu išskyrus variantą, kuriame buvo naudojamas Azofix.

Išvados

1. Biologinių preparatų bei jų mišinių naudojimas be žemės dirbimo didino Corg. kiekį nuo 1,7 proc. iki 9,4 proc. dirvožemyje lyginant su kompensacinio azoto naudojimu, išskyrus biopreparatą Azofix. Atlikto tyrimo metu anglies ir azoto santykis svyravo nuo 11,3:1 iki 12,4:1.

2. Daugiausiai humuso susikaupė dirvožemyje, kuriame buvo naudojamas biologinių preparatų mišinys Ruinex + Penergetic k + Azofix (be žemės dirbimo 2,20 proc., beariminis žemės dirbimas 2,18 proc.).

Literatūra

1. Adesemoye, T. O. (2017). Introduction to biological products for crop production and protection p. 1–3. [Interaktyvus]. [žiūrėta: 2022-02-10] Prieiga per internetą: <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/ec3019.pdf>

2. Brussaard, L.; De Ruiter, P. C.; Brown, G. G. (2007). Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121, p. 233–244. [Interaktyvus]. [žiūrėta: 2022-02-10]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880906004476>

3. Buragienė, S.; Šarauskius, E.; Romanekas, K.; Adamavičienė, A.; Avižienytė, D.; Katkevičius, E. (2011). Skirtingų žemės dirbimo technologijų įtaka dirvožemio mechaninėms-fizikinėms savybėms. *Žemės ūkio inžinerija. Mokslo darbai*, t.43, Nr. 3, p. 25–42.

4. Jakienė E., Spruogis V. (2015). Biologinių preparatų ir bioorganinių trąšų naudojimas cukrinių runkelių pasėliuose. *Žemės ūkio mokslai*. T. 22. Nr. 3. p. 107–120.

5. Jakienė, E. (2011). Biologinių preparatų naudojimas cukrinių runkelių pasėlyje efektyvumas. *Žemės ūkio mokslai*, t 18(2), p. 64–71.

6. Khan, W.; Rayirath, U. P.; Subramanian, S.; Jithesh, M. N.; Rayorath, P.; Hodges, D. M.; Critchley, A. T.; Craigie, J. S.; Norrie, J.; Prithviraj, B. (2009). Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *J Plant Growth Regul* 28:386–399. [Interaktyvus]. [žiūrėta: 2022-02-10]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/225338767_Seaweed_Extracts_as_Biostimulants_of_Plant_Growth_and_Development

7. Kumar, R.; Kumawat, N.; Sahu, Y. K. (2017). Role of biofertilizers in agriculture. *Pop Kheti*. Vol. 5, Issue-4 (October-December). [Interaktyvus]. [žiūrėta 2022-02-10]. Prieiga per internetą: <http://www.popularkheti.info/>

8. Novickienė, L. (1994). Augalų augimą, vystymąsi ir produktyvumą reguliuojančių fitohormonų ir retardantų analogų kūrimo fiziologiniai pagrindai. Vilnius. p. 74–83.

9. Subba Rao, N., S. (1993). Biofertilizers in Agriculture and Forestry. 3rd ed. New Delhi: International Science Publisher. 242 p.

10. Tarakanovas, P.; Raudonius, S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT – PLOT iš paketo Selekcija ir Irristat. *Akademijs*, p. 57.

11. Zhang, J. H.; Nie, X. J.; Su, Z. A. (2008). Soil profile properties in relation to soil redistribution by intense tillage on a steep hillslope. *Soil Sci. Soc.* 72 (6), p. 1767–1773.

Rūta Klevinskaitė, Lina Marija Butkevičienė, Vaida Steponavičienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė

Influence of Biological Preparations and Tillage Technology on Soil Properties in Spring wheat Crops

Summary

The field experiment was conducted at the Experimental Station of Vytautas Magnus University Agriculture Academy in 2020. Soil – carbonate, deeper hellenic (IDg4-k) (Calc(ar)i-Endohypogleyic Luvisol) (LVg-n-w-cc). A two-factor field experiment was conducted in the spring wheat ‘Wicki’ crop. Factor A – tillage technology: 1) without tillage; 2) no-till tillage. Factor B – Biological preparations and their mixtures. Experimental variants – 1) N8 – 8 kg of compensatory nitrogen to 1 t of straw, without biological preparations; 2) Ruinex 1 l ha-1; 3) Azofix 1 l ha-1; 4) Ruinex 1 l ha-1 + Azofix 0.5 l ha-1; 5) Ruinex 1 l ha-1 + Azofix 0.5 l ha-1; 6) Ruinex 1 l ha-1 + Azofix 1 l ha-1; 7) Ruinex 1 l ha-1 + Azofix 0.5 l ha-1. The experimental fields of 60 m2 are arranged randomized in 4 repetitions. The aim of the experiment was to evaluate soil properties using different biological products and to compare the effects of biopreparations without tillage and no-till tillage. During the investigation was found that the use of biological preparations and their mixtures without tillage has increased Corg. from 1.7% up to 9.4 percent in soil compared to the use of compensatory nitrogen, with the exception of the biopreparation Azofix. In the study, the ratio of carbon to nitrogen ranged from 11.3:1 to 12.4:1. The highest water-soluble carbon was found in the non-tillage variant using the biopreparation mixture Ruinex + Azofix (0.248 g kg-1). The least mobile humic substances were found using the product of biological origin Ruinex + Azofix (without tillage 0.289 g kg-1, no-till tillage 0.284 g kg-1). Most of the humus was accumulated in the soil in which the mixture of biological preparations Ruinex + Azofix was used (2.20% without tillage, 2.18% without tillage).

Organic and labile soil carbon, nitrogen, humus, soil tillage

Gauta 2022 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Rūta KLEVINSKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agroekosistemos studijų programos magistras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: ruta.klevinskaite@stud.vdu.lt

Rūta KLEVINSKAITĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agroecosystems master of Science (MSc). Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 33, e-mail: ruta.klevinskaite@stud.vdu.lt

Lina Marija BUTKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 29, el. paštas: lina.butkeviciene@vdu.lt

Lina Marija BUTKEVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Biomedical Science, assoc. prof. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 29, e-mail: lina.butkeviciene@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Agriculture Science. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 11, e-mail: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Biomedical Science, professor. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 33, e-mail: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų sritys daktarė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: lina.skinuliene@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Agriculture Science. Address: Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania; telephone numbers: (+370 37) 75 22 11, e-mail: lina.skinuliene@vdu.lt

Skirtingo žemės dirbimo poveikis vasarinių kviečių pasėlio piktžolėtumui

Alfredas Sinkevičius, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė, Vaida Steponavičienė,
Darija Jodaugienė, Aušra Sinkevičienė, Rokas Plepys

Vytauto Didžiojo universitetas

Iš vasarinių miglinių javų, patys reikliausi yra vasariniai kviečiai. Vasarinių kviečių šaknų sistema yra gana skurdi palyginus su kitais vasariniais javais, todėl jie sunkiai pasiima maisto medžiagas iš dirvožemio. Vasariniai kviečiai prastai krūmijasi, sunkiai stelbia piktžoles, tačiau gan atsparūs išgulimui. Lauko tyrimai atlikti Biržų rajone Medeikių kaime ūkininkui Rokui Plepiui priklausančiame lauke. Skirtingo žemės dirbimo poveikio piktžolių sėklų kiekiui dirvožemyje vasarinių kviečių pasėlyje tyrimai atlikti 2020 metais. Tyrimo tikslas – įvertinti bei palyginti skirtingo žemės dirbimo poveikį vasarinių kviečių pasėlio piktžolių sėklų kiekiui dirvožemyje. Tirta vasarinių kviečių veislė 'Triso'. Žemės dirbimo būdai: 1) GA – gilus arimas pavasarį 23–25 cm gyliu, sekus purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu (kontrolė, gilus arimas); 2) SA – sekus arimas pavasarį 13–16 cm gyliu, sekus purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu; 3) SN – gilus purenimas noraginiu purentuvu pavasarį 13–16 cm gyliu, sekus purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu; 4) SD – sekus purenimas diskiniu purentuvu pavasarį 7–9 cm gyliu, sekus purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu.

Viršutiniame tirtajame dirvožemio armens sluoksnyje bendras piktžolių sėklų skaičius nustatytas didesnis, prieš žemės dirbimą ir po derliaus nuėmimo sekliai artuose laukeliuose, lyginant su giliu arimu. Gilesniame (10–20 cm) ir apatiniame (20–30 cm) dirvožemio armens sluoksnyje prieš žemės dirbimą ir po derliaus nuėmimo sekliai purentose laukeliuose diskiniu purentuvu trumpaamžį ir bendras piktžolių skaičius nustatytas didesnis, lyginant su įprastiniu žemės dirbimu. Kituose laukeliuose nustatytos skirtingos tendencijos. Daugiametį piktžolių sėklos tirtuose dirvožemio sluoksniuose skirtinguose laukeliuose pasiskirstė netolygiai.

Kviečiai, supaprastintas žemės dirbimas, dirvožemio užterštumas piktžolių sėklomis

Įvadas

Įvairiose šalyse atlikta nemažai tyrimų su vasariniais kviečiais, tačiau ne visomis jų rekomendacijomis galima pasinaudoti, kadangi skiriasi dirvožemiai, veislės ir klimatinės sąlygos (Sosin, Gusev, 1993; Ingver, Kuk, 1995; Romanova, 1999).

Vienas iš pagrindinių žemės dirbimo supaprastinimo ir tiesioginės sėjos į neįdirbtą dirvą galimybes ribojančių veiksnių yra didesnis piktžolėtumas, kadangi atsisakius gilaus arimo ir gilaus purenimo, neišvengiamai padidėja piktžolių kiekis (Maikštėnienė, 1998; Pranaitis, 1999; Tørresen et al., 1999).

Norint, kad supaprastinus žemės dirbimą neišplistų piktžolės, javus reikia sėti optimaliu laiku ir naudoti herbicidus (Steponavičienė, 2017). Norvegijoje gauti tyrimų rezultatai rodo, kad supaprastintas žemės dirbimas, palyginti su giliu arimu, padidino dirvinės usnies (*Cirsium arvense* L.), paprastojo varpučio (*Elitrygia repens* L.), bekvapio šunramunio (*Tripleurospermum perforatum* L.), vienametės miglės (*Poa annua* L.) ir daržinės žliūgės (*Stellaria media* L.) išplitimą (Tørresen, et al., 2003).

Vasariniai kviečiai stelbia piktžoles sunkiausiai. Kviečių gebėjimas konkuruoti su piktžolėmis priklauso nuo daugelio veiksnių: agrotechninių priemonių, veislių, grūdų stambumo, sėjos normos ir laiko (Mohler, 2001). Kaip ir visiems augalams, taip ir piktžolėms reikalingos tam tikros sąlygos išgyventi. Visų piktžolių rūšių tankumui įtakos turi ir tarprūšinė konkurencija, priklausomumas nuo maisto medžiagų, drėgmės ir gaunamos šviesos kiekio. Nuo kultūrinių augalų stelbiamosios gebos ir tankumo priklauso piktžolių išsivystymas ir plitimas (Maikštėnienė ir kt., 2007).

Tyrimo tikslas – įvertinti bei palyginti skirtingo žemės dirbimo poveikį vasarinių kviečių pasėlio piktžolėtumui.

Tyrimo objektas – paprastojo kviečio (*Triticum aestivum* L.) vasarinės veislės 'Triso' pasėlis, kuriame taikyti skirtingi žemės dirbimai.

Tyrimų metodika

Stacionarus lauko eksperimentas atliktas 2020 m. Biržų rajone Medeikių kaime ūkininko Roko Plepio ūkyje.

Eksperimentas atliktas 4 pakartojimais. Iš viso buvo 16 kiekvieno augalo laukelių. Pradinis laukelių dydis – 120,4 m² (14 x 8,6 m), o apskaitomasis – 66 m² (10 x 6,6 m). Eksperimento variantų laukeliai išdėstyti randomizuotai. Laukelio apsauginė juosta – 4 m pločio, o tarp pakartojimų – 10 m pločio.

Žemės dirbimo būdai – GA – gilus arimas pavasarį 23–25 cm gyliu, sekus purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu (kontrolė, gilus arimas); SA – sekus arimas pavasarį 13–16 cm gyliu, sekus purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu; SN – gilus purenimas noraginiu purentuvu pavasarį 13–16 cm gyliu, sekus purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu; SD – sekus purenimas diskiniu purentuvu pavasarį 7–9 cm gyliu, sekus purenimas prieš sėją noraginiu kultivatoriumi 4–5 cm gyliu;

Taikyta augalų rotacija: 1) daugiametės žolės; 2) vasariniai kviečiai; 3) vasariniai kviečiai.

Taikytas tręšimas: N₁₀P₂₆K₂₆ trąšos 200 kg ha⁻¹ 2020 metų balandžio 20 d., amonio sulfatu N₂₁S₂₄ 150 kg ha⁻¹ balandžio 10 d., LEADER CEREALS mikroelementinės trąšos 1,00 l ha⁻¹ gegužės 8 d., amonio salietra N₃₄ 150 kg ha⁻¹ gegužės 25 d., LEADER CEREALS mikroelementinės trąšos ir MAREDO 125 SC 1,00 l ha⁻¹ ir 0,50 l ha⁻¹ birželio 24 d.

Naudoti herbicidai: Broadway Star 0,15 kg ha⁻¹ 2020 m. gegužės 20 d.

Dirvos užteršimas piktžolių sėklomis tirtas visuose laukeliuose po derliaus nuėmimo mažųjų ėminių metodu (Stancevičius, 1980). Piktžolių lietuviški ir lotyniški pavadinimai pateikti pagal Z. Gudžinską (Gudžinskas, 1999).

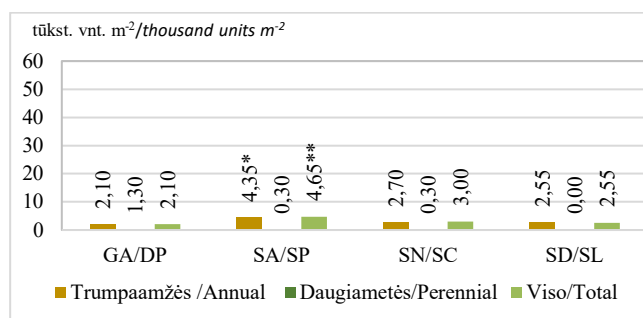
Tyrimo duomenys apdoroti dviejų veiksnių dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterines programas ANOVA ir GLM iš programos paketo SYSTAT 10.

Skirtumų tikimybės lygis įvertintas LSD testu: * $0,05 \leq P < 0,01$; ** $0,01 \leq P < 0,001$; *** $P \leq 0,001$.

Rezultatai ir aptarimas

Pasėliuose piktžolės nepageidautinos, nes stelbia kitus augalus, užstoja saulės šviesą,alina dirvožemį, platina ligas bei kenkėjus, apsunkina pasėlių priežiūros darbus, ir derliaus nuėmimą (Karklelienė, Deimantavičienė, 2006; Pekarskas, Spruogis, 2008; Špokienė, Jodaugienė, 2009).

Išanalizavus gautus duomenis nustatyta, kad viršutiniame 0–10 cm armens sluoksnyje prieš pavasarinį žemės dirbimą, laukeliuose kuriuose bus taikomos supaprastintos žemės dirbimo technologijos trumpaamžių ir bendras piktžolių sėklų kiekis nustatytas didesnis nuo 1,2 iki 2,2 karto, o daugiamečių mažesnis, lyginat su laukeliais kuriuose bus taikomas gilusis arimas pavasarį (1 pav.).



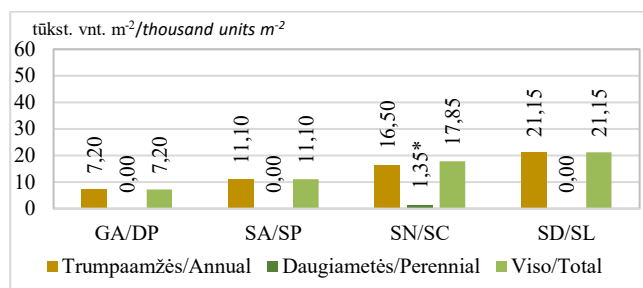
1 pav. Piktžolių sėklų kiekis dirvožemyje (0–10 cm) prieš vasarinių kviečių sėją

Fig. 1. The amount of weed seeds in the soil (0–10 cm) before sowing spring wheat

Pastaba: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$

Note: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$

Panašios tendencijos nustatytos ir gilesniame 10–20 cm tirname dirvožemio sluoksnyje (2 pav.).



2 pav. Piktžolių sėklų kiekis dirvožemyje (10–20 cm) prieš vasarinių kviečių sėją

Fig. 2. The amount of weed seeds in the soil (10–20 cm) before sowing spring wheat

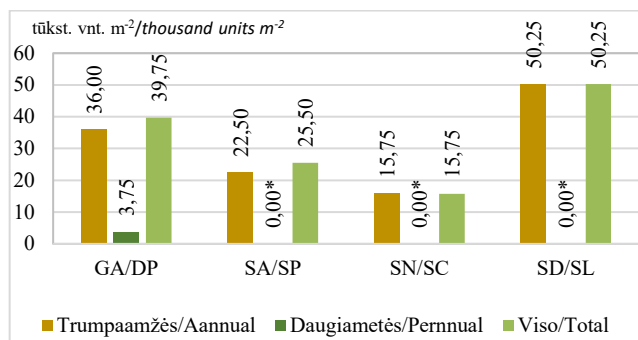
Pastaba: * – $P \leq 0,05$.

Note: * – $P \leq 0,05$.

Gilesniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje trumpaamžių ir bendras piktžolių sėklų skaičius nustatytas didesnis nuo 1,5 iki 2,9 karto visuose laukeliuose kuriuose bus taikomos supaprastintos žemės dirbimo technologijos, lyginant su įprastiniu žemės dirbimu. Šiame tirname dirvožemio sluoksnyje daugiamečių piktžolės vyravo tik

laukeliuose kuriuose bus taikytas gilusis purenimas noraginiu parentuvu.

Apatiniame dirvožemio armens sluoksnyje (20–30 cm) laukeliuose kuriuose bus taikomas sekusis arimas, purenimas noraginiu parentuvu pavasarį trumpaamžių, daugiamečių ir bendras piktžolių skaičius nustatytas mažesnis, lyginant su tradiciniu žemės dirbimu (3 pav.).



3 pav. Piktžolių sėklų kiekis dirvožemyje (20–30 cm) prieš vasarinių kviečių sėją

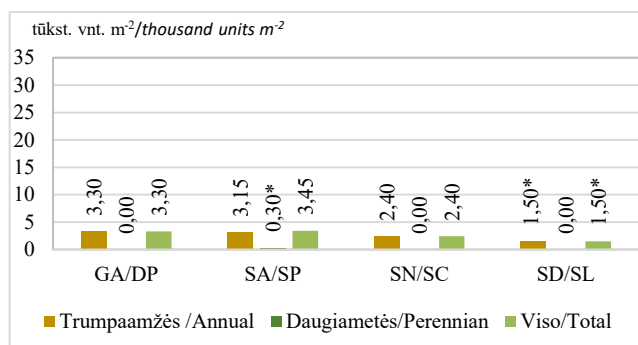
Fig. 3. The amount of weed seeds in the soil (20–30 cm) before sowing spring wheat

Pastaba: * – $P \leq 0,05$.

Note: * – $P \leq 0,05$.

Laukeliuose kuriuose bus taikomas sekusis purenimas diskiniu parentuvu pavasarį trumpaamžių ir bendras piktžolių sėklų skaičius nustatytas didesnis 1,3 ir 1,4 karto, o daugiamečių esmingai mažesnis, lyginant su įprastiniu žemės dirbimu.

Atlikus piktžolių sėklų sudėties tyrimus po derliaus nuėmimo, nustatyta, kad viršutiniame 0–10 cm armens sluoksnyje laukeliuose kuriuose taikomos supaprastintos žemės dirbimo technologijos trumpaamžių piktžolių sėklų kiekis nustatytas mažesnis nuo 4,5 iki 54,5 proc., lyginant su įprastiniu žemės dirbimu (4 pav.). Taikant sekusį purenimą diskiniu parentuvu trumpaamžių piktžolių sėklų dirvožemyje nustatyta esmingai mažiau 2,2 karto, lyginant su tradiciniu žemės dirbimu.



4 pav. Piktžolių sėklų kiekis dirvožemyje (0–10 cm) po vasarinių kviečių derliaus nuėmimo

Fig. 4. The amount of weed seeds in the soil (0–10 cm) after spring wheat harvest

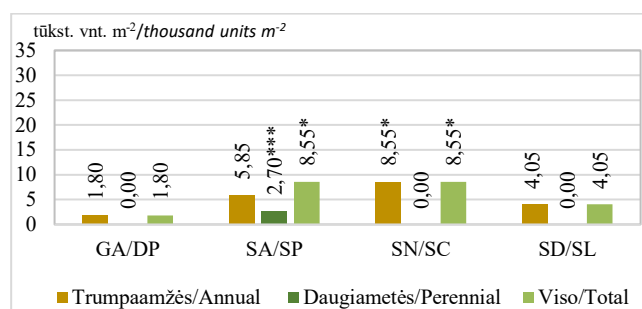
Pastaba: * – $P \leq 0,05$.

Note: * – $P \leq 0,05$.

Tyrimų rezultatai rodo, kad tirname dirvožemio sluoksnyje daugiamečių ir bendras piktžolių skaičius

nustatytas didesnis taikant seklią arimą, lyginant su įprastiniu žemės dirbimu. Kituose tirtuose laukuose daugiamečių piktžolių nenustatyta. Nustačius piktžolių bendrą kiekį dirvožemyje, taikant kitas supaprastintas žemės dirbimo sistemas piktžolių skaičius nustatytas mažesnis 1,4 ir 2,2 karto, lyginant su įprastiniu žemės dirbimu.

Išanalizavus gautus duomenis nustatyta, kad gilesniame 10–20 cm armens sluoksnyje laukuose kuriuose taikomos supaprastintos žemės dirbimo technologijos trumpaamžių ir bendras piktžolių kiekis nustatytas didesnis nuo 2,3 iki 4,8 karto, lyginant su laukeliais kuriuose taikomas gilusis arimas pavasarį (5 pav.).



5 pav. Piktžolių sėklų kiekis dirvožemyje (10–20 cm) po vasarinių kviečių derliaus nuėmimo

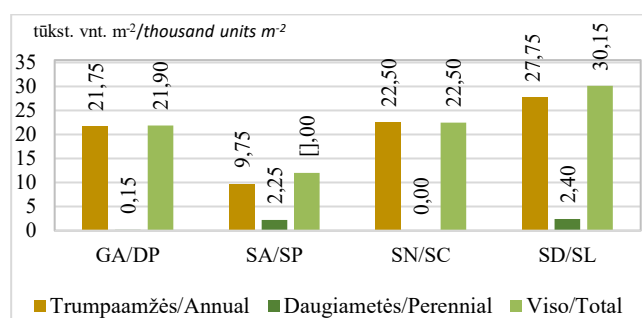
Fig. 5. The amount of weed seeds in the soil (10–20 cm) after spring wheat harvest

Pastaba: * – $P \leq 0,05$, *** – $P \leq 0,05$.

Note: : * – $P \leq 0,05$, *** – $P \leq 0,05$.

Šiame tirtame dirvožemio sluoksnyje daugiamečių piktžolių sėklų nustatyta esmingai daugiausia tik laukuose kuriuose taikytas sekliasis arimas.

Giliausiam 20–30 cm tirtame dirvožemio sluoksnyje laukuose kuriuose taikomas sekliasis arimas trumpaamžių ir bendras piktžolių skaičius nustatytas mažesnis, o daugiamečių didesnis, lyginant su tradiciniu žemės dirbimu (6 pav.).



6 pav. Piktžolių sėklų kiekis dirvožemyje (20–30 cm) po vasarinių kviečių derliaus nuėmimo

Fig. 6. The amount of weed seeds in the soil (20–30 cm) after spring wheat harvest

Pastaba: $P > 0,05$.

Note: $P > 0,05$.

Sekliame purenime diskiniu purentuvu ir giliame purenime noraginiu purentuvu trumpaamžių ir bendras piktžolių sėklų skaičius nustatytas didesnis nuo 3,4 iki 37,7 proc., lyginant su įprastiniu žemės dirbimu. Sekliame

purenime diskiniu purentuvu ir giliame purenime noraginiu purentuvu laukuose daugiamečių piktžolių sėklų nenustatyta.

Išvados

1. Viršutiniame tirtame dirvožemio sluoksnyje bendras piktžolių sėklų skaičius nustatytas didesnis, prieš žemės dirbimą ir po derliaus nuėmimo sekliai artuose laukuose, lyginant su giliu arimu.

2. Gilesniame (10–20 cm) ir apatiniame (20–30 cm) tirtame dirvožemio armens sluoksnyje prieš žemės dirbimą ir po vasarinių kviečių derliaus nuėmimo sekliai purentuose laukuose diskiniu purentuvu trumpaamžių ir bendras piktžolių sėklų skaičius nustatytas didesnis, lyginant su įprastiniu žemės dirbimu. Kituose laukuose nustatytos skirtingos tendencijos. Daugiamečių piktžolių sėklos tirtuose dirvožemio sluoksniuose skirtinguose laukuose pasiskirstė netolygiai.

Literatūra

- Gudžinskas, Z. (1999). Lietuvos induočiai augalai. Botanikos Inst. Leidykla.
- Ingver, A., Kuk, V. (1995). Spring and winter wheat programme in Estonia // Baltic American cereals production symposium, Vėcauce, June 19–22. p.10–12.
- Karklelienė, R., Deimantavičienė R. (2006). Biohumusai ir ekologinė daržininkystė: Baitai, 79 p.
- Maikštėnienė, S. (1998). Įprastinės ir minimalios žemės dirbimo sistemų įtaka pasėlių piktžolėtumui ir augalų produktyvumui sunkaus priemolio dirvoje. Žemės ūkio mokslai. Nr. 4. P. 12–20.
- Maikštėnienė, S.; Šlepetienė, A.; Masilionytė, L. (2007). Verstuvinio ir neverstuvinio pagrindinio žemės dirbimo poveikis glėbiškų rudžių savybėms ir agrosistemų energetiniam efektyvumui. Žemdirbystė, t. 94, nr. 1, p. 3–23.
- Mohler, V.; Hsam, S. L. K.; Zeller, F. J.; Wenzel, G. (2001). An STS marker distinguishing the rye-derived powdery mildew resistance alleles at the Pm8/Pm17 locus of common wheat. Plant breeding, 120(5), 448–450.
- Pekarskas, J., & Spruogis, V. (2008). Skirtingo tankumo ekologiškai ir intensyviai auginamų žieminių kviečių pasėlių piktžolėtumo tyrimai. Vagos., Nr. 81 (34)(2008).
- Pranaitis, K. (1999). Minimalus žemės dirbimas javų sėjomainoje vėliniame jauriniame priesmėlio dirvožemyje. Žemdirbystė-Agriculture. T. 67. P. 157–164.
- Romanova, M. N. (1999). Upravlenie formirovaniem vysokoj urožajnosti jarovyč zernovyč kul'tur dlja rešenija problemy proizvodstva kačestvennogo zerna v Zapadnoj časti central'nogo regiona Rosii: avtoref. dis. dokt. s.-ch. nauk. – Moskva, 43 p.
- Sosin, A. N., Gusev, V. A. (1993). Optimizacija technologii vyrašėvanija jarovoj megkoj pšenicy // Zemledelija. No. 5, s. 21–22. – Rus.
- Stancevičius, A. (1980). Nauja racionali metodika piktžolių sėklų kiekiui dirvoje nustatyti. Agronomija, Melioracija ir Hidrotechnika: LŽŪA Mokslo Darbų Rinkiny; Lithuanian University of Agriculture: Kaunas, Lithuania, 74–75.
- Steponavičienė, V. (2017). Sustainability of agroecosystem and carbon sequestration as effect of long-term complex measures: doctoral dissertation. Aleksandras Stulginskis University, p. 63–64 (in Lithuanian).
- Špokienė, N.; Jodaugienė, D. (2009). Piktžolės ir jų naikimo būdai. Akademija, 59–72 p.
- Torresen, K. S., Skuterud, A. E., Wesenthb, H. J. (1999). Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. I. Grain yield and weed development. Crop Protection. Vol. 18. P. 595–603.
- Torresen, K. S., Skuterud, R., Tandsaethe, H. J., Bredesen Hagemo, M. (2003). Long term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effects on weed flora, weed seedbank and grain yield. Crop Protection. Vol. 22. P. 185–200.

Alfredas Sinkevičius, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė, Vaida Steponavičienė, Darija Jodaugienė, Aušra Sinkevičienė, Rokas Plepys

Effect of Tillages on Weediness of Spring Wheat Crop

Summary

Place of experiment: Stationary field experiment was conducted at Rokas Plepys farm in Medeikiai village, Biržai district in 2020. Research objective – evaluate and compare the effect of different tillage methods on the productivity, yield, grain quality indicators. The aim of the study was to evaluate and compare the effect of different tillage on the weediness of spring wheat crops. Tillage methods: 1) DP – Deep plowing in the spring, 23–25 cm. depth, shallow loosening of the sowing using a cultivator, 4–5 cm. depth (control, deep plowing); 2.) SP – shallow plowing in the spring, 13–16 cm. depth, shallow loosening before sowing with a cultivator, 4–5 cm. depth; 3.) SC – deep loosening with a coulter cultivator in the spring, 13–16 cm depth, shallow loosening before sowing with a cultivator, 4–5 cm. depth; 4.) SL – shallow loosening with a disc harrow in the spring, 7–9 cm, depth, shallow loosening before sowing with a cultivator, 4–5 cm. depth.

Results: in the upper layer (0–10 cm) of the studied soil, the total number of weeds was found to be higher, in shallowly close fields before tillage and after harvest (SP), compared to deep plowing (DP). In the deeper (10–20 cm) and deepest (20–30 cm) studied soil layer before cultivation and after harvesting in shallowly loosened soils (SL), the number of short-lived and total weeds was higher in comparison with conventional tillage (DP). Other fields set different tendencies. Seeds of perennial weeds were unevenly distributed in different fields in the studied soil layers.

Wheat, tillage systems, weed seedbank

Gauta 2022 m. balandžio mėn., atiduota spaudai 2022 m. balandžio mėn.

Alfredas SINKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų instituto Agronomijos studijų programos doktorantas. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. el.paštas: alfredas.sinkevicius@agrokoncernas.lt

Alfredas SINKEVIČIUS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agronomy PhD student of Science (MSc).; Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. e-mail: alfredas.sinkevicius@agrokoncernas.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Vaclovas BOGUŽAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Biomedical Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 29, e-mail: vaclovas.boguzas@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų srities daktarė, Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: lina.skinulienė@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Agriculture Science. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 11, e-mail: lina.skinulienė@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų daktaras, Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 11, el. paštas: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Vaida STEPONAVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Agriculture Science. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 11, e-mail: vaida.steponaviciene@vdu.lt

Darija JODAUGIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 29, el. paštas: darija.jodaugiene@vdu.lt

Darija JODAUGIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Biomedical Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 29, e-mail: darija.jodaugiene@vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktaras, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 29, el. paštas: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of Biomedical Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 29, e-mail: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Rokas PLEPYS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos bakalaurs. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: rokas.plepys@vdu.lt

Rokas PLEPYS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agronomy bachelor of Science (MSc). Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 33, e-mail: rokas.plepys@vdu.lt

The Analysis of Computer Software for Selection of the Optimal System of Effective Electricity Supply for Ukraine Autonomous Agricultural Objects

Mariia Duras

Zhytomyr Agrotechnical Professional College

The issues of substantiation of the expediency of using computer programs to ensure the optimal selection of parameters of renewable energy sources of autonomous agricultural facilities of Ukraine considers in the article. It is noted that the available software packages available for Ukraine do not sufficiently take into account the necessary factors in creating a combined energy supply system. There are given the characteristics of each type of programs and their analysis and comparison. The presented results of research on definition of optimum software complexes show advantages and lacks of each complex and prospects of their application in agrarian branch.

Computer programs, renewable energy sources, hybrid renewable energy sources, mathematical model of optimization.

Introduction

Nuclear, thermal, hydropower, solar, wind and biogas power plants are used in Ukraine at present.

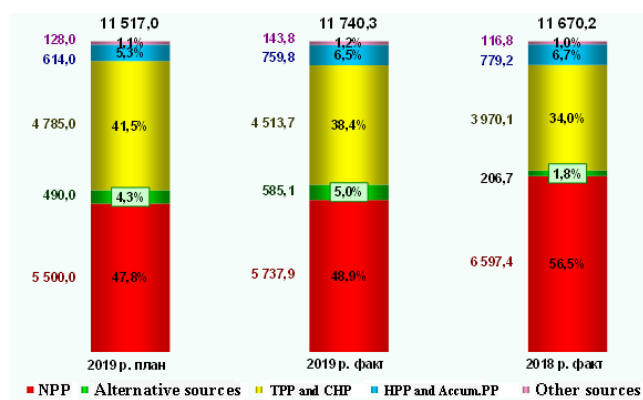


Fig. 1. Structure and volumes of electricity production in the UES of Ukraine in June 2018, 2019 (Information..., 2019)

This structure (Fig. 1) shows that the largest amount of energy from 2019 (and till now too) produced by nuclear (48.9%) and thermal (38.4%) power plants.

68 out of 75 TPP power units have exhausted their design resource and are in operation beyond the park service life, 2 – over the service life limit and 5 – over the park service life, in 2018, what we can see in the NERC annual report (Fig. 2) (Report..., 2018).

As of January 1, 2018, Ukrenenergo's maintenance crews were servicing 137 110-750 kV substations (substations) with a total installed capacity of over 78,700 MVA, as well as 21,300 km of 220-800 kV main and interstate power transmission lines (PL).

Ensuring the supply of electricity in remote agricultural areas is a complex task that requires comprehensive consideration and solution.

It is necessary to consider the need to create an alternative and reliable measures to ensure independent power sources (Дypac, 2017) in the agricultural sector and the country as a whole, considering the condition of nuclear reactors and the need for constant repairs for them.

Ukraine choose the course of development of alternative energy sources, that follows Based on the above and considering the obligations imposed on the state by the Paris Agreement and penalties for emissions into the

atmosphere of more than permissible CO₂. "Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035", where intensive attraction of investments in RES sector is planned on stage 2 up to 2025, contributes to the same (Energy..., 2017). It is planned to increase them in the structure of WPPE up to 25%, by 2035.

Figure 1 shows that Ukraine used nearly 5% of renewable energy sources at 2019 and it is not much bigger now

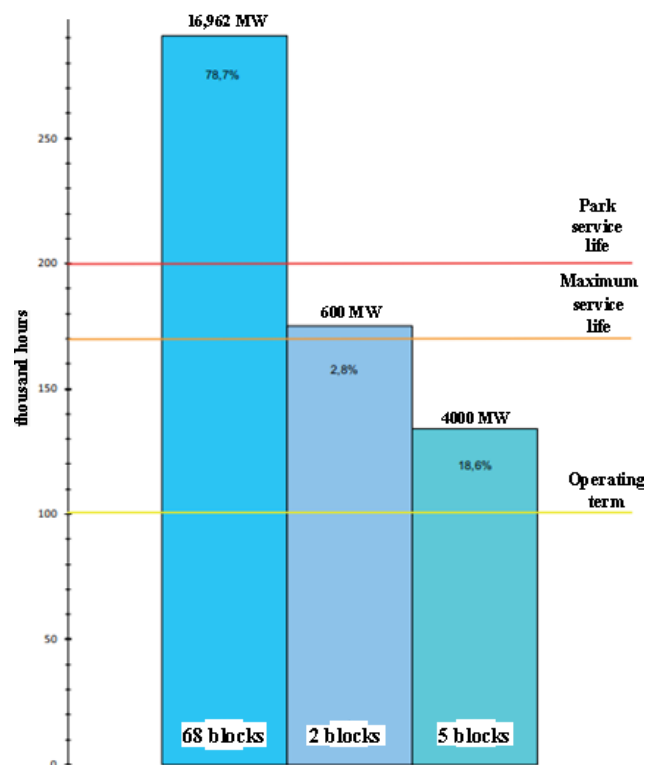


Fig.2. Technical condition of power units of power generating companies of thermal power plants in Ukraine by service life as of 01.01.2019.

The development of renewable sources must be implemented by broader methods and technologies. Therefore, it is necessary to involve software products that would facilitate the use of RES in various combinations. The aim of the article is to analyze the combination of the software products.

Methods

Methodologically, the study will be conducted by analyzing the dormant types of software packages available on the Ukrainian market. The existing and available for Ukraine programs should be analyzed, to determine the best version of the program. The criteria should be: the availability of the trial version, the cost of the program, the availability of the language equivalent and instructions for use, the interface of the program, the functionality of the program (the coverage of the necessary instruments and sources), the mathematical apparatus.

Each software product has its own characteristics that are used and available in the work. This paper discusses the main aspects used in the work of programs.

Software products have their own mathematical approaches, their own design interface, various input parameters, data sources for analysis, various output functions. Each of the product is decomposed into components and analyzed in comparison with others for a wide range of possibilities, in the study.

Results and Discussion

Some scientists consider the application of hybrid energy complexes based on RES in their works. For example, a monograph "Hybrid-Renewable Energy Systems in Microgrids: Integration, Developments and Control" was published (Hina, 2018) in 2018 and every year the topic of HES is gaining a wide mass (Zohuri, 2018), (Djamila, 2020).

Most systems are considered as a combination of solar and wind plants, theoretically (Ramirez Camargo et al., 2019), (Sajid et al., 2019), (Zahedi, 2014), (Tripanagnostopoulos et al., 2010), (Григораш et al., 2016), (Motaz et al., 2013) and practically (Кундас et al., 2012), (Дайчман, 2016), (Люкайтис et al., 2019), (Lawan et al., 2020), analyzing the peculiarities of the application of already established systems.

The most commonly used systems are those that combine solar photovoltaic panels and wind farms, at present. Systems are being developed that will use the most optimal sources of electricity (Weitemeyer et al., 2016), since RES consists of a larger list than SES and WES (Zohuri, 2018).

There are a sufficient number of programs in the world, with the help of which it is possible to select the optimal combination of renewable energy sources according to various parameters. There are also software packages for the calculation of a separate type of alternative energy sources without considering their combination with other sources.

TRNSYS (Transient system simulation program) is developed jointly in the United States, France, Germany – a system, one of the functions of which is the selection of the optimal combination of solar panels.

There are also applications that are used as online calculators. One such example is the solar power plant calculator on the website of Atmosfera.

The use of "HOMER" (Hybrid optimization modeling software), developed in the USA, is impossible (blocked by the company) because of sanctions to Russia and Crimea.

LEAP program (Long-range Energy Alternatives Planning System), Sweden (Stockholm Environment University) – available after registration in the system. It allows you to select and analyze the optimal power plants to reduce harmful emissions of the whole country, taking into account the harmful effects of motor vehicles, and takes into account the financial costs and the specifics of international tax obligations, considering different scenarios. The program can be the basis for selecting the current energy direction of a country, taking into account financial costs, environmental and other components. But she has a rather specific direction that is not useful for more local purposes while using by an individual consumer.

"Hybrid 2" can be found and downloaded from the website of Massachusetts Amherst University, but the drawback is that it cannot be installed on all operating systems that came out later than Windows XP, which is quite inconvenient and makes it impossible to work with the program. In addition, the program description itself already states that the code does not take into account short-term system fluctuations caused by system dynamics or component transients. It is also not possible to take into account HPPs, bio-gas plants, GeoPPs, and sea-wave and tidal systems.

The Canadian program RETScreen Expert allows you to calculate not only renewable energy sources, but also other objects: industrial, commercial, residential, agricultural. The application receives weather data from an integrated online database, using more than 20 sources. The user himself sets the alternative sources he proposes to install and the data of the financial costs he will incur in installation and operation. The program basically calculates the total amount of energy that the consumer will receive over a given period of operation and the reduction of emissions that will be generated as a result of implementing renewable energy sources. The advantage is a small amount of input data, the availability of free access to the Internet and the availability of versions of the program in Ukrainian and Russian. The disadvantages include a large number of factors not taken into account: the variable nature of the wind, the presence or absence of heliostat. The main disadvantage can be considered that the program calculates the entered data without offering options or scenarios for the combination of RES. The appearance of the program interface is shown in Figures 4,5. Its mathematical basis for calculating financial analyses uses formulas from Brealey and Myers (1991) or Garrison et al. (1990), and the risk analysis model is based on "Monte Carlo simulation".

IHOGA, Spain (University of Zaragoza), (Improved Hybrid Optimization by Genetic Algorithms) is a program developed in C++ to help select optimal combinations of RES. The program uses genetic algorithms developed by Dr. Rodolfo Dufo Lopez and others in its basis. Advantage is possibility to set priorities: mono-objective – if optimization is calculated financially (based on Monte Carlo simulation rule), or multi-objective – if optimization by several selected parameters, besides financial optimization, also CO₂ emissions into atmosphere, creation of work places during installation and maintenance of plants, etc. (based on Pareto algorithm).

The EnergyPRO program (Denmark) has a number of advantages and disadvantages. There is a wide range of

languages available. There are English, German, Danish and with rare updates Polish and Lithuanian. And the demo version has only English, Danish and German. The cost of the license depends on the modules connected by the customer, as well as the period for which the updates. The climatic data are selected from the CFSR – it is an

abbreviation of the climatic forecast of the reanalysis system. To calculate the data, the main object needed is a time series of data. This can be weather data, electricity prices, etc. From the data on the site and personal correspondence, the user has the right to purchase a software license permanently or for one year.

Table 1. Comparison of available software products

№	Comparison parameter	RETScreen	IHOGA	EnergyPRO
1	Variety of alternative sources that can be calculated	WPP, SPP, GeoPP, cogeneration plant from biogas plants, HPP, wave energy, tidal energy, ocean wave energy, fuel cell, solar collectors	SPP, WPP, HPP, Hydrogen plants	Cogeneration plant at biogas plants, SPP, Solar Collector, WPP.
2	Availability of free trial version	+	+	+
3	Availability of Ukrainian language	+	-	-
4	Necessity of instruction for studying		+	+
5	Possibility to add another type of alternative sources	+	-	-
6	No types of unconventional energy sources	Hydrogen plant	Cogeneration plant from biogas plants, wave energy, tidal energy, ocean wave energy, fuel cell, solar collectors	Hydropower plants, Hydrogen plants, Geopower plants, Wave energy, Tidal energy, Ocean wave energy, Fuel cell, Solar collectors

The software modules must be paid for in order to work. The remaining modules depend on the needs of the users.

Based on the above – the most available three main programs RETScreen, IHOGA and EnergyPRO, between which a comparative analysis was conducted. Table 1 shows a comparison of the three programs available in Ukraine according to different characteristics.

Table 2. Availability of coefficients used for optimization

№	Comparison coefficients	RETScreen	IHOGA	Energy PRO
1	Cco2 = gravimetric penalty for CO2 emissions	+	+	+
2	C _{av} = average generation cost	-	-	+
3	AE – annual return	+	-	+
4	NPC – total system cost	+	+	-
5	LPSP- probability of power loss	-	+	-
6	LCOE – present value cost per unit of energy supplied to customer	+	+	-

Each program has its own mathematical model of optimization. Optimization is carried out taking into account different aspects, so Table 2 shows the coefficients taken into account in the mathematical models of programs.

Consequently, among the above programs RETScreen has technical advantages of use, but there are disadvantages that are not considered: the variable nature of the wind, the presence or absence of heliostat; there is a need to translate the instructions for use. The purpose of the program is only to calculate the data input. No RES options or scenarios are offered. RETScreen facilitates financial accounts, but is not a key software product for selecting a profitable combination of sources.

The IHOGA and EnergyPRO programs have a modern algorithm and broad functionality, but there are elemental and mathematical limitations.

Conclusion

There are programs which by different parameters and characteristics offer the optimal selection of the combination of renewable energy sources to ensure the selection of the optimal system of efficient power supply for autonomous agricultural facilities in Ukraine, but the available programs do not meet the criteria of the greatest optimality and coverage of the existing range of renewable sources. Each of the programs has its own shortcomings. Therefore, in further research it is appropriate to consider options for improvement and functional features of the programs. The mathematical apparatus needs to be improved by covering more criteria expressed through mathematical optimization coefficients. The complex should take into account the majority of RES or be able to add different types of sources, while it is necessary to consider different parameters of installations, which can be designed and installed in small farms of Polesky region and Ukraine as a whole.

List of Literature

1. Djamila, R. (2020). Hybrid Renewable Energy Systems. Springer, Cham, 2020. 247p. Retrieved from: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-34021-6#about%20%20%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B0%20%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.%20%2023.03.2020>
2. Energy strategy of Ukraine for the period up to 2035. (2017). (Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>)
3. Hina, F. (2018). Hybrid-Renewable Energy Systems in Microgrids. Woodhead Publishing, 2018. 268 p. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/book/9780081024935/hybrid-renewable-energy-systems-in-microgrids>
4. Information on the main indicators of development of the fuel and energy sector of Ukraine for June and 6 months of 2019. (2019). Retrieved from: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?sessionId=DDDCB26C4A0B84BB3C087735C4458FD4.app1?art_id=245387828&cat_id=35081
5. Lawan, S. M., Abidin, A. Z. (2020). A Review of Hybrid Renewable Energy Systems Based on Wind and Solar Energy: Modeling, Design and Optimization. Retrieved from: <https://www.intechopen.com/books/wind-solar-hybrid-renewable-energy-system/a-review-of-hybrid-renewable-energy-systems-based-on-wind-and-solar-energy-modeling-design-and-optim>
6. Motaz, Amer, Namaane, A., M'Sirdi, N. K. (2013). Optimization of Hybrid Renewable Energy Systems (HRES) Using PSO for Cost Reduction. Energy Procedia. Volume 42, 2013. 318–327 p. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213017347>
7. Ramirez Camargo L., Nitsch F. (2019). Potential Analysis of Hybrid Renewable Energy Systems for Self-Sufficient Residential Use in Germany and the Czech Republic. Energies 12(21), 2019. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/21/4185/htm>
8. Report on the results of the National Commission for State Regulation of Energy and Utilities 2018. Retrieved from: https://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi_zvit_NKR_EKP_2018.pdf
9. Sajid A., Choon-Man J. (2019). Evaluation of PV-Wind Hybrid Energy System for a Small Island Retrieved from: <https://www.intechopen.com/books/wind-solar-hybrid-renewable-energy-system/evaluation-of-pv-wind-hybrid-energy-system-for-a-small-island>
10. Tripanagnostopoulos, Y., Souliotis, M., Th. Makris. (2010). Combined Solar and Wind Energy Systems Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/260832197_Combined_Solar_and_Wind_Energy_Systems
11. Weitemeyer, S., Kleinhans, D., Siemer, L., Agert, C. (2016). Optimal combination of energy storages for prospective power supply systems based on Renewable Energy Sources. The Journal of Energy Storage, 2016. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/308409945_Optimal_combination_of_energy_storages_for_prospective_power_supply_systems_based_on_Renewable_Energy_Sources
12. Zahedi, A. (2014). Sustainable Power Supply Using Solar Energy and Wind Power Combined with Energy Storage. Energy Procedia, Vol. 52, 2014. 642–650 p. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214009825>
13. Zohuri, B. (2018). Hybrid Energy Systems. Driving Reliable Renewable Sources of Energy Storage. Springer, Cham, 2018. 285 p. Retrieved from: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-70721-1>
14. Zohuri, B. (2018). Hybrid Renewable Energy Systems Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/321303215_Hybrid_Renewable_Energy_Systems
15. Григораш, О. В., Кривошей, А. А. (2016). АВТОНОМНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ. Научный журнал КубГАУ, №124(10), 2016. 1–12 с. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtonomnye-gibridnye-elektrostantsii/viewer>
16. Дайчман, Р. А. (2016). РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ОБОРУДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ (ГИБРИДНЫХ) СИСТЕМ АВТОНОМНОГО АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ, № 6 (48) Часть 2, 2016. 52–55 с. Retrieved from: <https://research-journal.org/technical/rekomendacii-po-vyboru-oborudovaniya-kombinirovannyx-gibridnyx-sistem-avtonomnogo-alternativnogo-elektrosnabzheniya/>
17. Дурац, М. В. (2017). Актуальний стан АЕС в енергопостачанні України. УНУС, 24-25.05.2017. с. 201–204.
18. Кундас, С. П., Шенк, Ю., Вайцехович, Н. Н. (2012). Гибридные технологии в использовании возобновляемых источников энергии. «Энергоэффективность», №2, 2012. 19–23 с. Retrieved from: http://energoeffekt.gov.by/downloads/publishing/201202_kundas.pdf
19. Люкайтис, В. Ю., Глушков, С. Ю. (2019). Автономные энергокомплексы, гибридные конструкции с применением возобновляемых источников энергии. Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. Том 2, Выпуск 2, 2019. 111–120 с. Retrieved from: <https://www.powerjournal.ru/jour/article/view/22/25#>

Mariia Duras

Kompiuterinės programinės įrangos, skirtos optimaliai efektyvaus elektros energijos tiekimo Ukrainos autonominiams žemės ūkio objektams parinkti, analizė

Santrauka

Straipsnyje aptariami kompiuterinių programų naudojimo tikslingumo klausimai, siekiant užtikrinti optimalų Ukrainos autonominių žemės ūkio įrenginių atsinaujančių energijos išteklių parametrų pasirinkimą. Dėmesys atkreiptinas, jog Ukrainoje turimuose programinės įrangos paketuose nepakankamai atsižvelgiama į būtinus veiksmus kuriant kombinuotą energijos tiekimo sistemą. Pateikiamos kiekvieno tipo programų charakteristikos ir jų analizė bei palyginimas. Pateikti optimalių programinės įrangos kompleksų apibrėžimo tyrimų rezultatai rodo kiekvieno komplekso privalumus ir trūkumus bei jų taikymo agrarinėje šakoje

Kompiuterinės programos, atsinaujančios energijos šaltiniai, hibridiniai atsinaujančios energijos šaltiniai, matematinis optimizavimo modelis

Received in March, 2022, submitted to printing in April, 2022

Mariia DURAS. Zhytomyr Agrotechnical Professional College, Department of Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, lecturer. Pokrovskaya street, 96, Zhytomyr, Ukraine.

ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA 2022
HUMAN AND NATURE SAFETY 2022

LEIDINĮ MAKETAVO:
Rasa Švobaitė

2022 04 20. Tiražas 70 egz. Užsakymo Nr. K22-014.

Išleido
Vytauto Didžiojo universitetas
K. Donelaičio g. 58, LT-44248, Kaunas
www.vdu.lt | leidyba@vdu.lt

Spausdino
UAB „Vitaė Litera“
Savanorių pr. 137, LT-44146, Kaunas
www.tuka.lt | info@tuka.lt