ISSN 2538-9122 (Online)
ISSN 1822-1823 (Print)
https://doi.org/10.7220/2538-9122.2023

ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA

HUMAN AND NATURE SAFETY

2023

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS
Vytautas Magnus University

ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA 2023

Mokslo straipsnių rinkinys

HUMAN AND NATURE SAFETY 2023

Selected papers

Kaunas, 2023

Apie leidinį

ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA

ISSN 1822-1823 (spausdintas)
ISSN 2538-9122 (internetinis)
https://doi.org/10.7220/2538-9122.2023

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS

Mokslo straipsnių rinkinys;
Išeina 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/10.7220/2538-9122.2023

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

© Vytauto Didžiojo universitetas, 2023
© Vytautas Magnus University, 2023

„Žmogaus ir gamtos sauga 2023“

mokslo straipsnių rinkinio

REDAKCINĖ KOLEGIJA

EDITORIAL BOARD

of the Selected Papers

"Human and Nature Safety 2023"

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

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

Nariai ***Members***

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

Dr. **Aivars Aboltins** (Latvia)

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

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

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

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

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

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

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

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

Dr. **Juozas Pekarskas (**Lithuania)

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

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

Akad. prof. dr. **Dainius Steponavičius** (Lithuania)

Straipsnių rinkinio „ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA 2023“ 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 2023” supported by:*

Faculty of Engineering of VMU Agriculture Academy

Faculty of Forest Sciences and Ecology of VMU Agriculture Academy

Mokslinių straipsnių recenzentai / *Reviewers of the articles*

Doc. dr. I. Adamonytė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Doc. dr. A. Amšiejus	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Dr. V. Bivainis	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Dr. S. Buragienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
I. Bručienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. L. Česonienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Dr. L. Česonienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Doc. dr. R. Čingienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Dr. habil. R. Daubaras	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. A. Dėdelė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Doc. dr. R. Domeika	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. habil. dr. R. Gražulevičienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. E. Jarienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. A. Jasinskas	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. E. Jotautienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Dr. N. Jurkonis	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Doc. dr. Z. Kriaučiūnienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. V. Marozas	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Akad. prof. habil. dr. A. S. Maruška	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Dr. R. Mieldažys	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Dr. J. Pekarskas	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. A. Radzevičius	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. habil. O. Ragažinskienė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. K. Romaneckas	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Prof. dr. habil. N. Savickienė	Lietuvos sveikatos mokslų universitetas	*Lithuanian University of Health Sciences*
Dr. D. Savickas	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Doc. dr. R. Skominas	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Dr. J. Stankevičiūtė	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Akad. prof. dr. D. Steponavičius	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Akad. prof. dr. E. Šarauskis	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Doc. dr. E. Vaiciukevičius	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Doc. dr. R. Vaisvalavičius	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Dr. G. Vasiliauskas	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*
Doc. dr. R. Zinkevičius	Vytauto Didžiojo universitetas	*Vytautas Magnus University*

TURINYS

BIOSISTEMŲ INŽINERIJA 8

BIOSYSTEM ENGINEERING

Daugianarių pasėlių vystymasis ir produktyvumas 9
Jovita Balandaitė, Rokas Jonaitis, Austėja Švereikaitė, Ugnius Ginelevičius, Kęstutis Romaneckas

Precizinė sėja pagal kintamą normą ir gylį 15
Rokas Stirbys, Marius Kazlauskas, Egidijus Šarauskis

Rapsų sėklų savybių įtaka aliejaus spaudimo technologinio proceso efektyvumui 21
Laimutė Jakubčionienė, Kristina Lekavičienė, Zita Kriaučiūnienė, Ernestas Zaleckas

Cheminio tirpalo priedo įtaka traktoriniu lauko purkštuvu išpurkštų lašelių nunešimui pavėjui 27
Jonas Balčiūnas, Tadas Jomantas, Kristina Lekavičienė, Dainius Steponavičius

Žieminių rapsų purškimo tyrimai, panaudojant specialią įrangą, skirtą purkšti po lapais 33
Greta Šinkūnaitė, Remigijus Zinkevičius

Mineralinių trąšų precizinio paskleidimo tyrimas 38
Aura Kairytė, Kristina Lekavičienė, Eglė Jotautienė

Auksiną gaminančios bakterijos paprastųjų saulėgrąžų *Helianthus annuus* L. sėklose 44
Odeta Buzaitė

Kviečių grūdų rūšiavimo oro sraute intensyvumo tyrimai 49
Simas Sokas, Edvardas Vaiciukevičius, Algirdas Jasinskas

Vasarinių kviečių „Kapitol“ grūdų biometrinių rodiklių įtakos jų vegetacijai bei derlingumui tyrimai 55
Kęstutis Stravinskas, Edvardas Vaiciukevičius

Ekologinė piktžolių kontrolė naudojant Kvick Finn sistemą 60
Rokas Plepys, Antanas Juostas, Eglė Jotautienė

Žemės ūkio produkciją gabenančių transporto priemonių įtakos triukšmo lygiui kelio aplinkoje tyrimas 66
Radvilė Sodaitienė, Gediminas Vasiliauskas

Gamybinio pastato vidaus triukšmo sklaidos į aplinką tyrimas 72
Rimvydė Šimkevičiūtė, Gediminas Vasiliauskas

Organinių trąšų precizinio paskleidimo dirvos paviršiuje tyrimas 78
Raminta Akranglienė, Eglė Jotautienė, Antanas Juostas

Amoniako emisijos mažinimo biodangomis efektyvumas iš tirštojo mėšlo 84
Ieva Knoknerienė, Rolandas Bleizgys

Aplinką tausojančios trąšų išbarstymo technologijos 90
Jurgita Milerienė, Eglė Jotautienė, Kristina Lekavičienė

Granuliuotų trąšų, pagamintų iš karvių, kiaulių ir paukščių mėšlo, fizikinių–mechaninių savybių palyginimas 96
Alina Krušinskaitė, Ramūnas Mieldažys

Žaliavinio pieno kokybinių rodiklių tyrimas 102
Viktorija Zujūtė, Rasa Čingienė

Pašalinių objektų valdymo priemonių diegimas pieno perdirbimo įmonėje 108
Jurgita Stadalnykienė, Rasa Čingienė, Aušra Steponavičienė

Oro taršos tyrimas gyvulininkystės ūkyje 113
Žygimantas Poškus, Rasa Čingienė

Dirbtinio rūko sistemos įtaka mikroklimatui karvidėje 118
Indrė Strelkauskaitė-Buivydienė, Rolandas Bleizgys

Ozono, kaupimosi ir irimo procesų eksperimentinėje kameroje tyrimas 124
Vaida Vasiliauskienė

Hidroenergijos atgavimo galimybės nuotekų tinkluose 130
Albertas Aukštakalnis, Algirdas Radzevičius

Slenkstinės daugiapakopės pralaidos techninės būklės kitimo analizė 136
Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius, Audrius Rutkevičius

APLINKA IR SVEIKATA 142

ENVIRONMENT AND HEALTH

Lietuvos universiteto Botanikos sodo įkūrimo ištakos ir mokslinė, studijų bei praktinė veikla, minint 100-ąsias metines 143
Ona Ragažinskienė, Nerijus Jurkonis

VDU Botanikos sodo vaistinių ir prrieskoninių augalų mokslo sektoriaus veikla, minint VDU Botanikos sodo 100-metį 148
Ona Ragažinskienė, Erika Šeinauskienė

Propolio ekstraktai: gamyba, kokybės analizė ir pritaikymas vietinio poveikio farmacinėse formose 153
Kristina Ramanauskienė, Asta Marija Inkėnienė

Bičių žiedadulkių tarša *Aspergillus* spp. grybais 157
Jolanta Sinkevičienė, Aušra Sinkevičiūtė

Vaistinių augalų, kuriuose kaupiasi rauginės medžiagos, lapų sausų metanolinių ekstraktų poveikis mikroorganizmams 161
Aurėja Kavaliauskaitė, Vita Raudonienė, Jurgita Švedienė, Kristina Ložienė

Rozmarino rūgšties nustatymas vaistinės melisos *(Melissa officinalis* L.*)* augalinėje žaliavoje, arbatose ir maisto papilduose efektyviosios skysčių chromatografijos metodu 166
Vaiva Juozapavičiūtė, Laura Rimkienė, Mindaugas Marksa

Šaltos plazmos taikymo saldžiosios stevijos *Stevia rebaudiana (Bertoni*) agronominių ir biocheminių savybių gerinimui perspektyvos 172
Augustė Judickaitė, Rasa Žūkienė

Šiuolaikinės biofilinės mokyklos projektavimo galimybių tyrimas: kūrybinio eksperimento mokyklose rezultatai 177
Rasa Zubrutė, Indrė Gražulevičiūtė-Vileniškė

EKOLOGIJA, DARNI MIŠKININKYSTĖ 183

ECOLOGY, SUSTAINABLE FORESTRY

Verpiko vienuolio (*Lymantria monacha*) paplitimas ir daroma žala Kuršių nerijoje, Juodkrantės girininkijoje 184
Donatas Norkus, Povilas Mulerčikas

Ekologinio žemės ūkio gamybos būdo įtaka paviršinio vandens būklei 190
Rasa Žolynaitė, Skirmantas Pocius, Laima Česonienė

Ekologinių sprendinių Galvės ežero irklavimo trasoje analizė, siekiant pagerinti jos įveiklinimą sporto reikmėms 196
Povilas Stankūnas, Daiva Šileikienė

Paviršinių vandens telkinių būklė Alytaus mieste ir rajone 202
Laima Janavičienė, Laima Česonienė

Grinkiškio miestelio nuotekų išvalymo efektyvumas 208
Robertas Poškus, Laima Česonienė

Chlorofilo sintezės pokyčių įtaka įvairių genotipų grikių (*fagopyrum esculentum* moench) produktyvumui 214
Danuta Romanovskaja, Almantas Ražukas, Rita Asakavičiūtė

Farming Impact on the Rate of Total Respirational Emissions of Agroecosystems 220
Ligita Baležentienė

Fungicidų poveikis žieminių kviečių kokybiniams ir holistiniams rodikliams 224
Rūta Žitkutė, Daiva Šileikienė

Farming Input on Carbon Footprint in Agroecosystems 230
Ligita Baležentienė

Tikrojo margainio (*Silybum marianum* L.) pasėlio piktžolėtumas taikant skirtingą sėjos būdą ir sėklos normą 234
Rita Pupalienė, Aiva Stankaitytė, Kamilė Jasnauskaitė

Evaluation of Adaptation Capacities of Some Invasive Species 239
Ligita Baležentienė

Terpėse su medžio plaušu auginamų agurkų biometrinių parametrų priklausomumas nuo elektrinio laidumo 243
Anželika Barkauskaitė, Lina Marija Butkevičienė, Rita Čepulienė, Lina Skinulienė, Vaida Steponavičienė, Rita Pupalienė

Javų stiebalūžės (*Oculimacula Yallundae, Oculimacula Acuformis*) kontrolė taikant skirtingą žemės dirbimą ir biostimuliatorius 249
Pijus Bardauskas, Lina Marija Butkevičienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė, Vaida Steponavičienė

Organinių mulčių įtaka piktžolių sėklų kiekiui valgomosios morkos pasėlyje 254
Karolina Jackevičienė, Alfredas Sinkevičius, Darija Jodaugienė, Aušra Sinkevičienė, Vaclovas Bogužas

Skirtingų organinių mulčių įtaka valgomosios morkos pasėliui 260
Karolina Jackevičienė, Aušra Sinkevičienė, Alfredas Sinkevičius, Darija Jodaugienė, Vaclovas Bogužas

Mielių paplitimas ir biologinė įvairovė chromu užterštame Klaipėdos miesto dirvožemyje 266
Jonas Žvirgždas, Algimantas Paškevičius, Loreta Levinskaitė

Biologinių preparatų ir įsėlinių tarpinių pasėlių įtaka dirvožemio fermentų aktyvumui ekologinėje žemdirbystėje 272
Arūnas Čmukas, Aušra Marcinkevičienė

Daugiafunkcių pasėlių produktyvumas 277
Aušra Rudinskienė, Aušra Marcinkevičienė

BIOSISTEMŲ INŽINERIJA

BIOSYSTEM ENGINEERING

DAUGIANARIŲ PASĖLIŲ VYSTYMASIS IR PRODUKTYVUMAS

Jovita Balandaitė, Rokas Jonaitis, Austėja Švereikaitė, Ugnius Ginelevičius, Kęstutis Romaneckas

Vytauto Didžiojo universitetas

Tyrimas atliktas 2022 metais VDU ŽŪA Bandymų stotyje. Lauko eksperimento dirvožemis – giliau glėjiškas pasotintas palvažemis. Tyrimo tikslas buvo nustatyti pasėlių įvairinimo poveikį jų produktyvumui. Tiriami pasėlių įvairinimo būdai: 1. Kukurūzų monopasėlis (KU); 2. Kanapių monopasėlis (KA); 3. Pupų monopasėlis (PU); 4. Kukurūzų ir kanapių dvinaris pasėlis (KU + KA); 5. Kukurūzų ir pupų dvinaris pasėlis (KU + PU); 6. Kanapių ir pupų dvinaris pasėlis (KA + PU); 7. Kukurūzų, kanapių ir pupų trinaris pasėlis (KU + KA + PU). Pasėlių įvairinimo intensyvumas neturėjo esminės įtakos tirtų augalų lapų asimiliaciniam plotui, tačiau didėjant pasėlio įvairinimo lygiui lapų asimiliacinis plotas turėjo tendenciją mažėti apie 1,5 karto. Didėjant įvairinimo intensyvumui, kukurūzų lapų chlorofilo indeksas esmingai didėjo, o kanapių ir pupų – kito nedėsningai. Esmingai didžiausia sausoji biomasė buvo nustatyta daugianario pasėlio.

Pasėlių įvairinimas, lapų asimiliacinis plotas ir chlorofilo indeksas, pasėlių biomasė.

Įvadas

Pupos (*Vicia faba, Faba vulgaris)* – tai pupinių (*Fabaceae*) šeimos vikių (*Vicia)* genties vienamečiai augalai, kurie buvo sutinkami dar prieš 2000 metų pr. Kr. Pietų Europoje, Vidužemio jūros pakrantėse. Pasaulyje jos plačiai auginamos dėl gero ekologinio ir ekonominio efekto tausojamajame žemės ūkyje. Lietuvoje jos yra žinomos kaip seniausios ir vienos iš baltymingiausių ankštinių (pupinių) augalų savo šeimoje (Lorestani et al., 2012; Šiuliauskas, 2015). Sėjamoji kanapė (*Cannabis sativa)* – magnolijūnų genties (*Cannabaceae)* šeimos augalas, kuris pasaulyje yra žinomas daugiau kaip šešis tūkstantmečius. Augalas turi pluoštinių, vaistinių ir maistinių savybių, o jo sėklose gausu krakmolo, aliejaus ir baltymų (Galasso et al., 2016). Kukurūzas *(Zea mays)* miglinių *(Poaceae)* šeimos C4 fotosintezės tipo augalas. Kukurūzai buvo auginami dar prieš 10 tūkst. metų Meksikos pietuose. Jungtinėse Amerikos valstijose jie auginami plačiausiai, o Lietuvoje auginami dažniausiai silosui arba grūdams (Murray, 2021). Kukurūzai, pupos, kanapės Lietuvoje yra žinomi kaip turintys didelį biomasės produktyvumo potencialą. Iš tokių daug biomasės auginančių augalų derliaus galima gaminti pašarus arba panaudoti energetiniams tikslams.

Norint užauginti tvarų ir didelį maisto kiekį, reikia imtis alternatyvių priemonių (Agegnehu et al., 2008). Lietuva yra priskiriama borealinio klimato juostai, kur vidutinė metinė oro temperatūra siekia 6–7 °C, o vegetacijos trukmė – 140–160 dienų. Kritulių kiekis per augalų vegetaciją siekia apie 300–500 mm. Tokiomis sąlygomis auginat didelį energetinį potencialą turinčius augalus (žirniai, vasariniai rapsai ir ypač kukurūzai), jiems dažniausiai nepavyksta užauginti pakankamai biomasės, kadangi jų vegetacijos trukmė yra per ilga (Kabat, 2002). Taigi, jeigu norime išauginti didelę biomasę, vienas iš pasirinkimų yra didinti augalų įvairovę pasėlyje – auginti daugianarius pasėlius, pasirenkant greičiau besivystančius žemės ūkio augalus. Kai mes turime didelę bioįvairovę, skirtingi augalai atlieka skirtingas funkcijas: apsaugo vieni kitus nuo ligų ar kenkėjų, naudoja skirtingus maisto medžiagų kiekius, palieka po savęs liekaninę biomasę, kurioje taip pat yra skirtingi kiekiai maisto medžiagų. Taip pat pasėjus daugianarius pasėlius mes gauname ne tik naudą augalams, bet ir naudą dirvožemiui – jis yra mažiau alinamas (Francis et al., 2017).

Daugianarių pasėlių kombinacijų yra labai įvairių. Lietuvoje nuo seno gerai žinoma vikių–avižų dvinaris pasėlis. Pakankamai mažai tirtas Lietuvoje ir kitose šalyse yra kanapių, kukurūzų ir pupų daugianaris pasėlis. Atlikus tyrimus jie prisidės prie daugiafunkcinių pasėlių auginimo populiarinimo ir jų svarbos įrodymo šių dienų aktualijose.

Tyrimų metodika

Eksperimento įrengimo vieta ir dirvožemio charakteristika. Stacionarus lauko eksperimentas buvo vykdomas 2022 metais VDU ŽŪA Bandymų stotyje (54º53N + 23º50'E). Bandymo lauko dirvožemis yra giliau glėjiškas prisotintas palvažemis *(Endohypogleyic-Eutric Planosol-Ple-gln-w)*. Eksperimento dirvožemis šarmiškas (pH 7,3 iki 7,8), mažo humusingumo (nuo 1,5 iki 1,7 proc.), turintis daug judriojo fosforo (nuo 189 iki 280 mg kg^{-1}), vidutinio kalingumo (nuo 97 iki 118 mg kg^{-1} ^{1}), suminio azoto kiekis nedidelis (nuo 0,08 iki 0,13%).

Eksperimento variantai. Eksperimente buvo auginami sėjamoji kanapė (*Cannabis sativa* L.), paprastasis kukurūzas (*Zea mays* L.) ir lauko pupa (*Vicia faba* L.). Jie buvo sėjami ir auginami kaip vienanaris, dvinaris ir trinaris pasėliai. Iš viso 7 pasėlių variantai (1 lentelė).

1 lentelė. Eksperimento variantai

Table 1. *Treatments of an experiment*

Įvairinimo lygis *Biodiversity level*	Varianto Nr. *Treatment* No.	Pasėliai *Crops*	Santrumpa *Abbreviation*
Vienanaris *Mono-crop*	1. 2. 3.	Kukurūzai *Maize* Kanapės *Hemp* Pupos *Faba bean*	KU KA PU
Dvinaris *Binary-crop*	4. 5. 6.	Kukurūzai + kanapės *Maize + Hemp* Kukurūzai + pupos *Maize + Faba bean* Kanapės + pupos *Hemp + Faba bean*	KU+KA KU+PU KA+PU
Trinaris *Ternary-crop*	7.	Kukurūzai + kanapės + pupos *Maize + Hemp + Faba bean*	KU+KA+PU

Pastaba. Duomenys VDU ŽŪA Bandymų stoties, 2022 m.
Note. VMU AA Experimental Station, 2022 m.

Laukeliai buvo išdėstyti atsitiktine tvarka, eksperimentas atliktas trimis pakartojimais. Iš viso eksperimente buvo 21 laukelis. Eksperimento pasėliai 2021 ir 2022 m. buvo atsėliuoti.

Tyrimo laikotarpio meteorologinės sąlygos. Lietuva priskiriama perteklinės drėgmės zonai, tačiau klimato kaita pastaraisiais metais vis dažniau atneša sausringas vasaras. Vidutinė metinė kritulių norma Lietuvoje siekia 600–650 mm, iš jų išgaruoja apie 500 mm. Vidutinė metinė temperatūra siekia 6–7 ºC (www.meteo.lt).

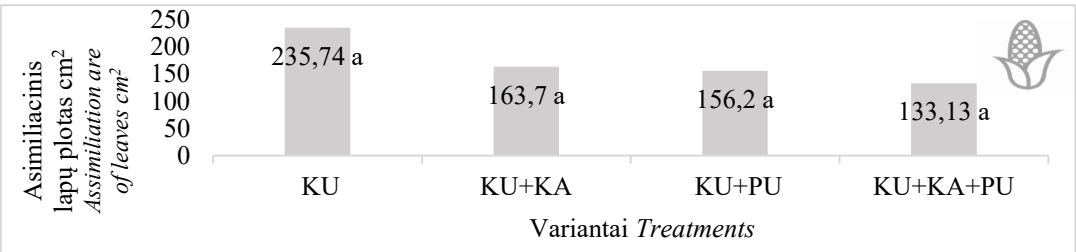
2022 m. vidutinė paros oro temperatūra vegetacijos pradžioje buvo 0,7 °C žemesnė už daugiametę vidutinę temperatūrą, o kritulių iškrito beveik 3 mm mažiau negu daugiametis vidurkis. Esant tokioms sąlygoms augti augalams buvo palanku. Gegužė išsiskyrė savo kritulių gausa ir turėjo palankias meteorologines sąlygas ne tik augti pagrindiniams augalams, bet ir dygti bei augti piktžolėms. Liepos mėn. buvo šiltas (17,9 °C) ir kritulių iškrito daugiau (11 mm) už daugiametį vidurkį (105,5 mm). Rugpjūtis stipriausiai išsiskyrė iš visų vegetacijos mėnesių, nes kritulių buvo beveik 50 proc. mažiau negu daugiametis vidurkis (38,7 mm). Temperatūra – atvirkščiai, buvo apie 30 proc. aukštesnė už daugiametį vidurkį (22,9 °C). Tokios oro sąlygos buvo palankios subręsti derliui ir jį nuimti.

Tyrimų analizės ir metodai

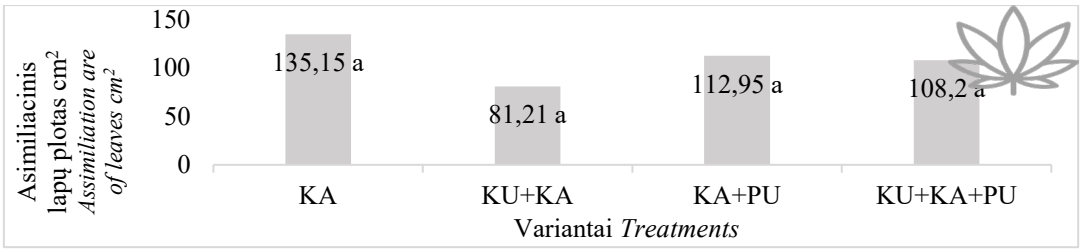
Lapų asimiliacinis plotas (cm^{-2}) nustatytas matuokliu Win Dias („Delta-T Devices“ Lts, JK.). Lapų chlorofilo indeksas nustatytas naudojantis CCM-200 plus matuokliu kurio matuojamas chlorofilo kiekio indekso vertės yra proporcingos bendrajam lapų chlorofilo kiekiui. Pasėlio biomasė buvo nustatyta nuimant derlių 1 m išilginėje eilutėje (pupų 2 eilutės), ne mažiau kaip iš 3 apskaitinio laukelio vietų. Iš viso sudaryti 36 ėminiai (pėdai). Biomasė džiovinta termostate 105 °C temperatūroj iki absoliučiai sauso drėgnio. Duomenys statistiškai įvertinti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu naudojantis ANOVA programa nustatinėjant esminio skirtumo ribas R_{05} ir R_{01} tikimybės lygiams pagal F kriterijų (Raudonius, 2017).

Tyrimu rezultatai ir analizė

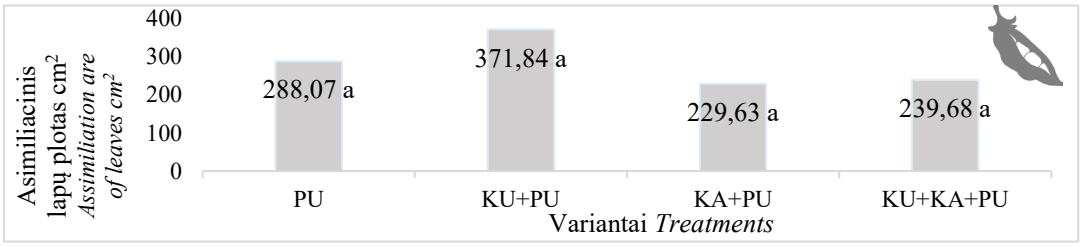
Lapų asimiliacinis plotas. Išmatavus lapų asimiliacinį plotą kukurūzuose paaiškėjo, kad didžiausias jis buvo vienanariame pasėlyje (235,74 cm^{-2}) (1 pav., A). Mažiausia asimiliacinį lapų plotą turėjo trinariame pasėlyje augę kukurūzai jis buvo apie 44 proc. mažesnis. Esminių skirtumų tarp variantų nenustatyta.



A)



B)



C)

Pastaba: KU – vienanaris kukurūzų pasėlis, KA – vienanaris kanapių pasėlis, PU – vienanaris pupų pasėlis, KU+KA – dvinaris kukurūzų ir kanapių pasėlis, KU+PU – dvinaris kukurūzų ir pupų pasėlis, KA+PU – dvinaris kanapių ir pupų pasėlis, KU+KA+PU – trinaris kukurūzų, kanapių ir pupų pasėlis. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), skirtumai yra esminiai ($P < 0,05$).
Note: KU – maize mono crop, KA – hemp mono crop, PU – faba bean mono crop, KU+KA – binary maize and hemp crop, KU+PU – binary maize and faba bean crop, KA+PU – binary hemp and faba bean crop, KU+KA+PU – ternary maize, hemp and faba bean crop. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c) are significant (P < 0.05).

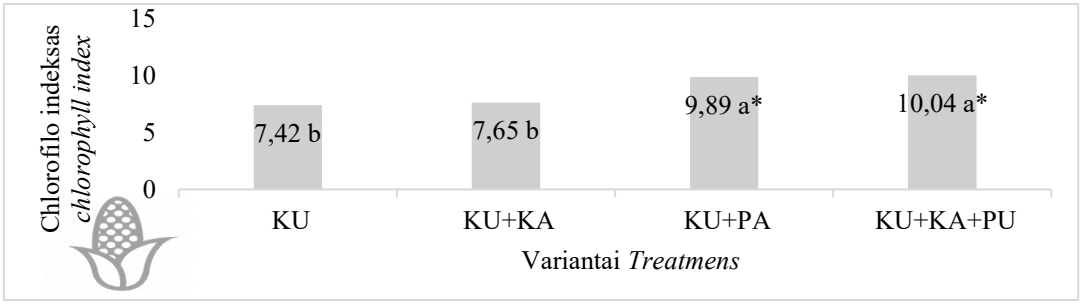
1 pav. Pasėlių įvairinimo poveikis kukurūzų (A), kanapių (B) ir pupų (C) asimiliaciniam lapų plotui. VDU ŽŪA Bandymų stotis, 2022 m.

Fig. 1. *Assimilative leaves area of maize (A), hemp (B) and faba bean crops (C). VMU AA Experimental Station, 2022 m.*

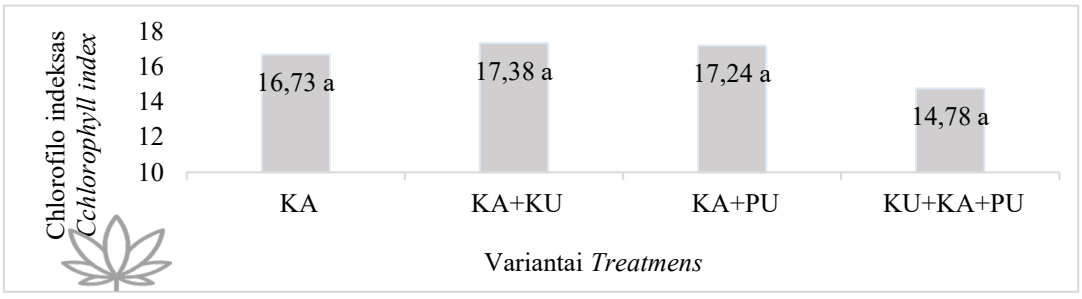
Kanapių lapų plotas esmingai taip pat nesiskyrė, tačiau didžiausias jis buvo kaip ir kukurūzuose – vienanariame pasėlyje (1 pav., B).

Skirtingai nei kukurūzai ir kanapės, didžiausias pupų lapų plotas buvo dvinariame su kukurūzais pasėlyje – 371,84 cm^{-2}. Mažiausias lapų plotas buvo nustatytas kanapių ir pupų dvinariame pasėlyje – 229,63 cm^{-2} . Tarp variantų esminių skirtumų nebuvo (1 pav., C).

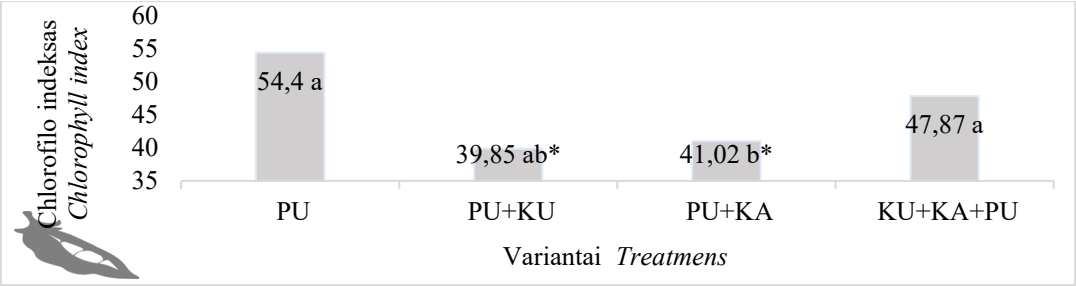
Chlorofilo indeksas. Analizuojant kukurūzų chlorofilo kiekį paaiškėjo, didžiausias jis buvo trinariame pasėlyje (10,04) ir dvinariame kukurūzų ir pupų pasėlyje (9,89). Abu šie rodikliai esmingai skyrėsi nuo kukurūzų vienanario pasėlio ir dvinario kukurūzų ir kanapių pasėlių (2 pav., A).



A)



B)



C)

Pastaba: KU – vienanaris kukurūzų pasėlis, KA – vienanaris kanapių pasėlis, PU – vienanaris pupų pasėlis, KU+KA – dvinaris kukurūzų ir kanapių pasėlis, KU+PU – dvinaris kukurūzų ir pupų pasėlis, KA+PU – dvinaris kanapių ir pupų pasėlis, KU+KA+PU – trinaris kukurūzų, kanapių ir pupų pasėlis. * – esminiai skirtumai esant 95 % tikimybės lygiui, tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), skirtumai yra esminiai (P < 0,05).

*Note: KU – maize mono crop, KA – hemp mono crop, PU – faba bean mono crop, KU+KA – binary maize and hemp crop, KU+PU – binary maize and faba bean crop, KA+PU – binary hemp and faba bean crop, KU+KA+PU – ternary maize, hemp and faba bean crop. * – significant differences at 95% probability level, differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c) are significant (P < 0.05).*

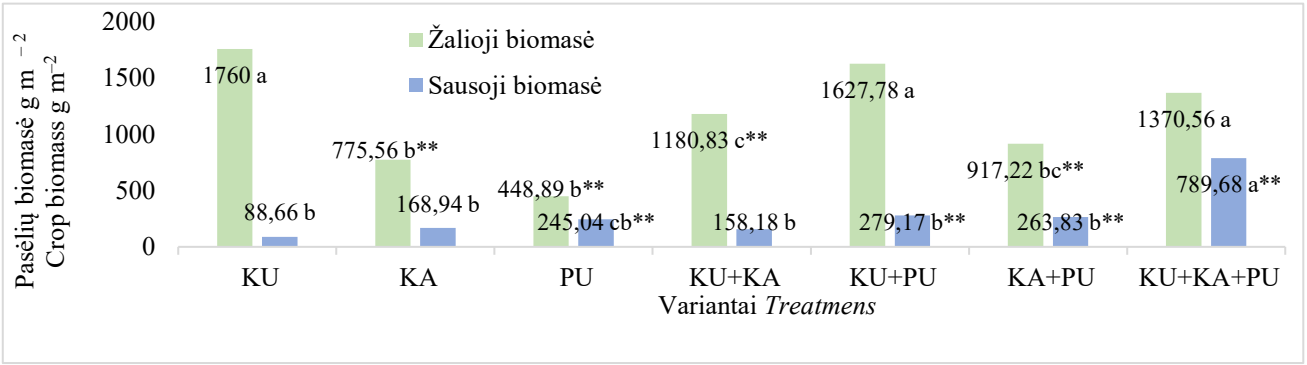
2 pav. Pasėlių įvairinimo poveikis kukurūzų (A), kanapių (B) ir pupų (C) chlorofilo indeksui**.** VDU ŽŪA Bandymų stotis, 2022 m.

Fig. 2. *Effect of multicroping on chlorophyll index of maize (A), hemp (B) and faba bean crops (C). VMU AA Experimental Station, 2022 m.*

Kanapių lapų chlorofilo indeksas esmingai nesiskyrė tarp variantų (2 pav., B). Aukščiausias indeksas buvo nustatytas dvinariame kanapių ir kukurūzų pasėlyje (17,38), mažiausias – trinariame, kuris skyrėsi nuo didžiausio apie 15 proc.

Didžiausias chlorofilo indeksas buvo pupų, augusių vienanariame pasėlyje (54,4) (2 pav., C) o mažiausias – dvinariuose pasėliuose su kukurūzais ir su kanapėmis. Lyginant su vienanariu pasėliu, jie skyrėsi beveik 30 proc. Trinariame pasėlyje gautas neženkliai didesnis chlorofilo indeksas nei vienanariame pasėlyje, tačiau su dvinariais pasėliais jis turėjo esminį skirtumą. Sausros sąlygomis Steiner et al. (2020) nustatė, kad pupose pirmoje vegetacijos pusėje chlorofilo indeksas siekė 30,1, tačiau mūsų eksperimente sąlygos buvo geros, todėl chlorofilo indeksas buvo aukštesnis.

Augalų biomasė. Neesmingai didžiausia biomasė buvo nustatyta vienanariame kukurūzų pasėlyje – 1760 g m^{-2} (3 pav.). Trinaris pasėlis užaugino 3 kartus daugiau žaliosios biomasės daugiau negu pupų vienanaris pasėlis. Taigi galima daryti išvadą, kad pupos padeda šalia esančiam augalui auginti biomasę ir tai patvirtina Shtaya et al (2021) atliktas tyrimas. Tyrime taip pat nustatyta, kad pupos, augdamos vienos užaugina mažesne biomasę, nei kad su augalai kompanionais.



Pastaba: KU – vienanaris kukurūzų pasėlis, KA – vienanaris kanapių pasėlis, PU – vienanaris pupų pasėlis, KU+KA – dvinaris kukurūzų ir kanapių pasėlis, KU+PU – dvinaris kukurūzų ir pupų pasėlis, KA+PU – dvinaris kanapių ir pupų pasėlis, KU+KA+PU – trinaris kukurūzų, kanapių ir pupų pasėlis. * – esminiai skirtumai esant 95 % tikimybės lygiui, ** – esminiai skirtumai, esant 99 % tikimybės lygiui, tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), skirtumai yra esminiai (P < 0,05).

*Note: KU – maize mono crop, KA – hemp mono crop, PU – faba bean mono crop, KU+KA – binary maize and hemp crop, KU+PU – binary maize and faba bean crop, KA+PU – binary hemp and faba bean crop, KU+KA+PU – ternary maize, hemp and faba bean crop. * – significant differences at 95% probability level, ** – significant differences at 99% probability level, differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c) are significant (P < 0.05).*

3 pav. Pasėlių įvairinimo poveikis pasėlių sausajai biomasei. VDU ŽŪA Bandymų stotis, 2022 m.

Fig. 3*. Effect of multicroping on crops dried biomass. VMU AA Experimental station, 2022*

Esmingai didžiausia biomasė buvo nustatyta trinariame pasėlyje 789,68 g m^{-2}. Kukurūzų vienanario pasėlio biomasė buvo mažiausia (86,66 g $m^{-2)}$ ir nuo trinario pasėlio skyrėsi beveik 10 kartų.

Išvados

1. Pasėlių įvairinimo intensyvumas neturėjo esminės įtakos tirtų augalų lapų asimiliaciniam plotui, tačiau didėjant pasėlio įvairinimo lygiui lapų asimiliacinis plotas turėjo tendenciją mažėti apie 1,5 karto. Mažiausias jis buvo trinariuose pasėliuose, išskyrus kanapes, kurių lapų chlorofilo indeksas kito nedėsningai dėl rūšiai būdingo mažo lapų ploto.
2. Didėjant įvairinimo intensyvumui, kukurūzų lapų chlorofilo indeksas esmingai mažėjo, o kanapių ir pupų – kito nedėsningai.
3. Kaip ir buvo tikėtasi, didžiausia sausoji biomasė buvo nustatyta daugianario pasėlio. Ji buvo esmingai didžiausia, palyginus su kitų variantų pasėlių sausosiomis biomasėmis.

Literatūra

1. Agegnehu G. (2008). Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean mixed intercropping. Agronomy for Sustainable Development. [interaktyvus] Vol. 28. P. 257–263. [žiūrėta 2023 02 22]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/237007876_Yield_potential_and_land-use_efficiency_of_wheat_and_faba_bean_mixed_intercropping_Agronomy_for_Sustainable_Development_28_257-263
2. Francis C. A., Porter P. (2017). Multicroping. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences (Second Edition).* [Interaktyvus] p. 29–33 [žiūrėta 2023 02 15]. Prieiga per internetą: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123948076000241.
3. Galasso, I., Russo, R., Mapelli, S., Pozoni, E., et al. (2016). Variability in Seed Traits in a Collection of Cannabis sativa L. *Genotypes. Frontiers in Plant Science*. Vol. 7, [interaktyvus] [žiūrėta: 2023 13 02]. Prieiga per internetą: https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2016.00688
4. Ganola, P. G., Ramadossa, B. R., Jaiswala, S., Chanb, C., Mollardc. R., Fabekb, H., Tullbekd, M., Jones, P., Sanchez-Hernandezb, D., Anderson, H., Chibbara, R. N. (2021). Faba bean meal, starch or protein fortification of durum wheat pasta differentially influence noodle composition, starch structure and in vitro digestibility. Food Chemistry. [interaktyvus] Vol. 349. [žiūrėta 2023 02 13]. Prieiga per internetą: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621001710.
5. Kabat P., Claussen M., Dirmeyer J. H. C, Gash L., Guenni M., Meybech R. A., Pielke C. J., Vorosmerty R. W. A., Hjutes S., Lutkemeier S., (2002). The Boreal Climate. *Vegetation, Water, Humans and the Climate: A New Perspective on an Interactive System*. [Ineteraktyvus] p. 93–155, chapter 7, [žiūrėta 2023 02 16]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/280530183_The_Boreal_Climate.
6. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. [interaktyvus]. [Žiūrėta 2023 03 03]. Prieiga: <http://www.meteo.lt/lt/krituliai>
7. Lorestani A. N., Ghari M. (2012). Mass modeling of Fava bean (*vica faba L.)* with some physical characteristics. Scientia Horticulturae. [Interaktyvus] Vol. 133. [žiūrėta 2023 02 20]. Prieeiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/236130593_Mass_Modeling_of_Fava_bean_vicia_faba_L_with_Some_Physical_Characteristics
8. Pudelko, K. et al. (2014). Allelopathic effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on monocot and dicot plant species. *Industrial Crops and Products*. Vol. 56*,* [interaktyvus], [žiūrėta: 2023 02 13]. Prieiga per internetą: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092666901400106X
9. Shtaya J. Y., Emeran A. A., Fernandez-Aparicio M., Qaoud A. H. Abdallah J., Rubiales D. (2022). Effects of crop mixtures on rust development on faba bean grown in Mediterranean climates. *Crop Protection*. [interaktyvus] Vol. 146. [žiūrėta 2023 02 13]. Prieiga per internetą: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219421001563?via%3Dihub
10. Steiner F., Oliveria C. E. D. S., Zoz T., Zuffo M. A. (2020). Co-Inoculation of Common Bean with Rhizobium and Azospirillum Enhance the Drought Tolerance. Journal of Plant Physiology. [interaktyvus] Vol. 67. P. 923–932. [žiūrėta 2023 02 22]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/343588303_Co-Inoculation_of_Common_Bean_with_Rhizobium_and_Azospirillum_Enhance_the_Drought_Tolerance
11. Šiuliauskas, A. A. (2015). Praktinė augalininkystė. Javai ir rapsai. Vilnius, p. 449–464.

12. Tarakanovas, P., Raudonius S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas Anova, Stat, Split-plot iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas, 57 p.

Jovita Balandaitė, Rokas Jonaitis, Austėja Švereikaitė, Ugnius Ginelevičius, Kęstutis Romaneckas

The Development and Productivity of Multi-Crops

The research was conducted in 2022 at the Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Experimental Station. The soil of the field experiment was light loam Planosol. The purpose of the study was to determine the impact of crop diversification level on crop development and productivity. Maize, hemp and faba bean mono-crops, maize-hemp, maize-faba bean and hemp-faba bean binary crops, maize-hemp-faba bean ternary crops were investigated. The intensity of crop diversification did not significantly affect the assimilation area of the studied crop leaves, but it usually decreased with increasing crop diversification level. As the intensity of diversification increased, the chlorophyll index of maize leaves decreased substantially, while that of hemp and faba beans varied irregularly. The highest dry biomass was found in the ternary crop. It was significantly the largest compared to all the experimental plots of other variants.

Crop diversification, leaves assimilation area and chlorophyll index, crop biomass.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Jovita BALANDAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros doktorantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r., el. paštas: jovita.balandaite@vdu.lt
Jovita BALANDAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, dr. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. e-mail: jovita.balandaite@vdu.lt
Rokas JONAITIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros studentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r., el. paštas: rokas.jonaitis@stud.vdu.lt
Rokas JONAITIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, stud. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. e-mail: rokas.jonaitis@stud.vdu.lt
Austėja ŠVEREIKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros doktorantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r., el. paštas: austeja.svereikaite@stud.vdu.lt
Austėja ŠVEREIKAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, dr. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. e-mail: austeja.svereikaite@stud.vdu.lt
Ugnius GINELEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros studentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r., el. paštas: ugnius.ginelevicius@stud.vdu.lt
Ugnius GINELEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, stud. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. e-mail: ugnius.ginelevicius@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, Akademija, Kauno r., el. paštas: kestutis.romaneckas@vdu.lt
Kęstutis ROMANECKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas r. e-mail: kestutis.romaneckas@vdu.lt

PRECIZINĖ SĖJA PAGAL KINTAMĄ NORMĄ IR GYLĮ

Rokas Stirbys, Marius Kazlauskas, Egidijus Šarauskis

Vytauto Didžiojo universitetas

Dirvožemio tausojimas, išteklių taupymas, augalininkystės produktų gamybos efektyvumo didinimas ir neigiamo poveikio aplinkai mažinimas yra svarbiausi kriterijai, verčiantys vis plačiau taikyti tausojančias precizines žemdirbystės technologijas. Šio darbo tikslas buvo ištirti precizinės sėjos pagal kintamą gylį įtaką žieminių kviečių derlingumo ir ekonominio efektyvumo rodikliams. Tyrimai atlikti taikant 3 skirtingus sėjos variantus: 1 – tradicinė sėja su pastoviu sėjos gyliu, 2 – precizinė sėja su kintama sėjos norma, bet pastoviu sėjos gyliu, 3 – precizinė sėja su kintama sėjos norma ir kintamu sėjos gyliu. Išmatavus dirvožemio elektrinio laidumo kintamumą, laukas buvo suskirstytas į 5 dirvožemio zonas (MZ). Žieminių kviečių derlingumo rezultatai parodė, kad mažiausią elektrinį laidumą turinčioje zonoje MZ5 derlingumas buvo esmingai mažesnis, lyginant su didesnio elektrinio laidumo zonomis MZ1–MZ4. Precizinės sėjos pagal kintamą normą ir kintamą gylį sąlyginis pelnas buvo vidutiniškai 5,9 % didesnis negu kontrolėje.

Kintamas sėjos gylis, kintama sėjos norma, elektrinis laidumas, dirvožemio zona, žieminiai kviečiai.

Įvadas

Siekiant optimizuoti sėklų sąnaudas ir prisitaikyti prie lauko kintamumo, dirvožemio tipo, dirvožemio struktūros ir granuliometrinės sudėties skirtumų ir kt. bei išlaikyti augalininkystės pelningumą, šiuolaikiniame žemės ūkyje jau pradedamos diegti precizinės sėjos arba kintamos normos sėjos ir kintamo sėjos gylio technologijos [1]. Precizinės žemės ūkio technologinės operacijos puikiai dera su Europos žaliuoju kursu, kurį įgyvendinant diegiamos naujos išmaniosios technologijos, mažinančios šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, skatinančios ekonomikos augimą, nedidinant išteklių naudojimo [2].

Sėklų daigumas, pasėlių vystymasis bei augalų derlingumas, priklausomai nuo dirvožemio kintamumo, gali skirtis įvairiose lauko vietose. Todėl siekiant geriau išnaudoti dirvožemio galimybes naudojama precizinė sėja, kuri taikant kintamą sėklų normą ir kintamą sėjos gylį leidžia sėją suderinti su lauko dirvožemio savybėmis ir užtikrinti gerą augalų derlingumą bei ekonominę naudą [1–4].

Pagrindinė precizinės sėjos kintamu gyliu problema yra dirvožemio atsparumas, kitaip tariant dirvožemio gebėjimas priešintis noragėlio įsigilinimui. Ši dirvožemio savybė kinta lauke priklausomai nuo kitų fizikinių ir mechaninių dirvožemio savybių. Dirvožemio tekstūra, drėgmės kiekis, tankumas, kietumas, poringumas ir kitos dirvožemio savybės daro reikšmingą įtaką sėjos noragėlių įsigilinimo procesui [5]. Vienas iš šios problemos sprendimo būdų galėtų būti lauko kintamumo žemėlapių sudarymas ir automatinio sėjos noragėlių spaudimo į dirvą reguliavimo panaudojimas [3,5].

Tikslioji žemdirbystė, kuomet taikomos sumaniosios technologijos ir išmanūs jutikliai turi geras ateities perspektyvas. Todėl sėkmingam naujų technologijų taikymui yra būtini plačios aprėpties moksliniai tyrimai [6]. Šio darbo tikslas buvo ištirti precizinės sėjos pagal kintamą gylį įtaką žieminių kviečių derlingumo ir ekonominio efektyvumo rodikliams.

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti 2021–2022 m. Panevėžio rajone, Naujamiesčio ūkininko ūkyje. Tyrimų lauko plotas 22,4 ha, koordinatės 55.674438 Š, 24.145699 R. Tyrimų pradžioje buvo atliktas lauko dirvožemio elektrinio laidumo skenavimas, siekiant nustatyti lauko dirvožemio kintamumą. Dirvožemio elektrinis laidumas išmatuotas skeneriu „EM38 – MK“. Skenavimas atliktas nekontaktuojant su dirvožemiu, bet traukiant skenerį lauko paviršiumi kas 24 m tarp važiavimų. Elektrinis laidumas matuotas 0–1,5 m gylio sluoksnyje.

Pagal gautus matavimų duomenis buvo sudarytas dirvožemio elektrinio laidumo žemėlapis. Eksperimentiniai tyrimai buvo vykdomi pagal 3 variantus: 1 – sėjant vienoda norma ir vienodu gyliu. Šis variantas buvo priimtas kaip kontrolinis (K), 2 – sėjant kintama norma (SKN), 3 – sėjant kintama norma ir kintamu gyliu (SKN+G). Atsižvelgus į lauko dirvožemio elektrinio laidumo skirtumus, laukas buvo suskirstytas į 5 dirvožemio valdymo zonas: pirmoji MZ1 zona, kurioje elektrinis laidumas buvo >28,6 $mS \cdot m^{-1}$ buvo prilyginta, kaip sunkiausia dirvožemio zona, MZ2 (27,3–28,6 $mS \cdot m^{-1}$) – pusiau sunki dirvožemio zona, MZ3 (25,7–27,3 $mS \cdot m^{-1}$) – vidutinio sunkumo dirvožemio zona, MZ4 (24,2–25,7 $mS \cdot m^{-1}$) – vidutinio lengvumo dirvožemio zona, MZ5 (22,6–24,2 $mS \cdot m^{-1}$) – labai lengva dirvožemio zona. Suskirsčius lauką pagal sėjos variantus ir MZ zonas, naudojant kompiuterinę programinę įrangą „Google Earth“ žemėlapyje sužymėti

45 ėminių paėmimo taškai. Visi trys variantai buvo kartojami po 3 kartus, iš kiekvieno pakartojimo buvo imama po 5 ėminius.

2021 m. rugsėjo 28 d. atlikta sėjos technologinė operacija. Sėta buvo su 6 m darbinio pločio tiesioginės sėjos sėjamąją „Horsch Avatar 6.16 SD“, ant kurios papildomai sumontuotas ISOBUS valdymo blokas, aukščio jutiklis ir hidraulinis valdymo blokas sėjos gylio palaikymo reguliavimui. Žieminiai kviečiai „Skagen“ pasėti 16,7 cm tarpueiliais, gylis buvo keičiamas automatiškai naudojant lauko gylio žemėlapį, sudarytą pagal tariamąjį elektrinį dirvožemio laidumą (ECa) ir pagal dirvožemio valdymo zonas (MZ).

a) b)

1 pav. Horsch Avatar 6.16 SD sėjamoji (a) su papildoma įranga (b) sėjos gyliui keisti: 1 – hidraulinė žarna; 2 – ISOBUS valdymo blokas; 3 – hidraulinis blokas; 4 – ISO standarto jungtis su 9 išvadais; 5 – dvikrypčiai hidrauliniai cilindrai

Fig. 1. *Horsch Avatar 6.16 SD seeder (a) with additional devices (b) for changing sowing depth: Hydraulic hose; 2 – ISOBUS control module; 3 – Hydraulic unit; 4 – ISO standard connector with 9 pins; 5 – Two-way hydraulic cylinder*

Po žieminių kviečių sėjos, praėjus dviem dienom, buvo išmatuotas sėklų įterpimo gylis visuose 45 ėminių ėmimo vietose, kiekvienoje vietoje 3 m spinduliu gylis buvo matuotas 14 skirtingų vietų. Sėklos guoliavietės gylis matuotas įterpiant metalinę liniuotę į guoliavietę ir spaudžiant ją tol, kol atsirems į sėklų guoliavietės dugną, kadangi sėklos buvo įterpiamos į noragėlių išbrėžtas vagutes.

Žieminių kviečių derlingumo rodikliams nustatyti prieš derliaus nuėmimą buvo paimti javų ėminiai. Visuose 45 vietose iš 1 m atsitiktinai parinktos vidutinio javų tankumo eilutės buvo išpjaunami žieminių kviečių stiebai. Išpjauti javai laboratorijoje buvo matuojami, nustatomas augalų aukštis, atlikus javų kūlimo procesą buvo apskaičiuotas žieminių kviečių derlingumas.

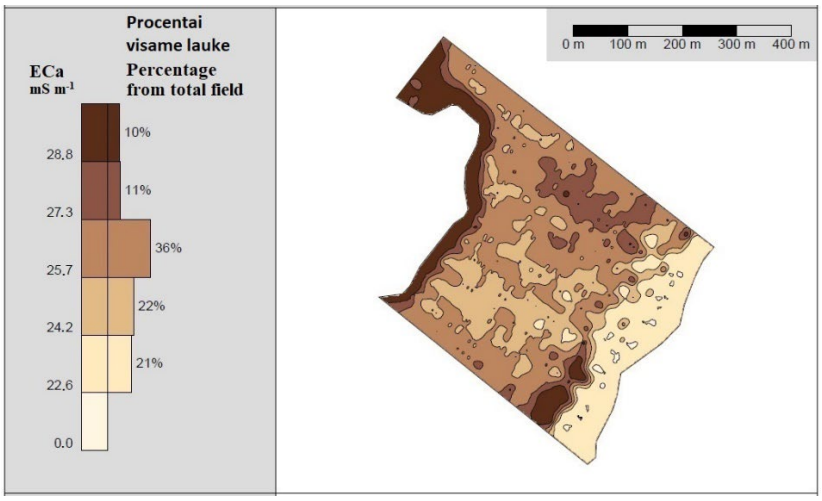
Ekonominis precizinės sėjos vertinimas buvo atliktas apskaičiuojant sąlyginį pelną. Palyginamasis vertinimas tarp skirtingų sėjos variantų yra labai svarbus norint pagrįsti vienos ar kitos precizinės sėjos technologijos privalumą, lyginant su kontrole. Nustačius augalų derlių buvo apskaičiuotos kiekvieno varianto galimos gauti pajamos iš vieno hektaro ir įvertinamos išlaidos sėklai ir augalų apsaugos priemonėms įsigyti. Kitos išlaidos nebuvo vertinamos, nes visiems variantams jos buvo vienodos. Sąlyginis pelnas buvo nustatytas įvertinant skirtumą tarp gaunamų pajamų ir išlaidų. Išanalizavus rinkos kainas buvo priimta, jog išlaidos žieminių kviečių sėklai įsigyti buvo 470 Eur·t^{-1}, išlaidos augalų apsaugai – 75,5 Eur·ha^{-1}, o parduodamų žieminių kviečių kaina – 340 Eur·t^{-1}.

Eksperimentiniais tyrimais nustatyti duomenys užfiksuoti ir surašyti į „MS Excel“ programinę įrangą, apdoroti naudojant vieno faktoriaus „ANOVA“, ir dviejų faktorių su pakartojimais „ANOVA“ funkcijas. Skaičiuojant Stjudento T testą priimtina, jog reikšmingumo skirtumas buvo $p < 0,05$. Apskaičiuoti pasikliauties intervalai, kurie stulpelių viršutinėje dalyje buvo pažymėti brūkšneliais. Visuose paveiksluose tomis pačiomis mažosiomis raidėmis pažymėti stulpeliai reiškia, kad esminio skirtumo nebuvo. Skirtingos raidės rodo, kad buvo esminis skirtumas tarp variantų.

Rezultatai ir aptarimas

Atlikus eksperimentinio tyrimų lauko skenavimą, pirmiausiai buvo sudarytas dirvožemio tariamojo elektrinio laidumo (ECa) žemėlapis (2 pav.), pagal kurį laukas suskirstytas į 5 valdymo zonas MZ. Vidutinio derlingumo dirvožemio zonoje MZ3 buvo taikyta vidutinė 162 kg ha^{-1} sėklos norma ir vidutinis 28,2 cm gylis.

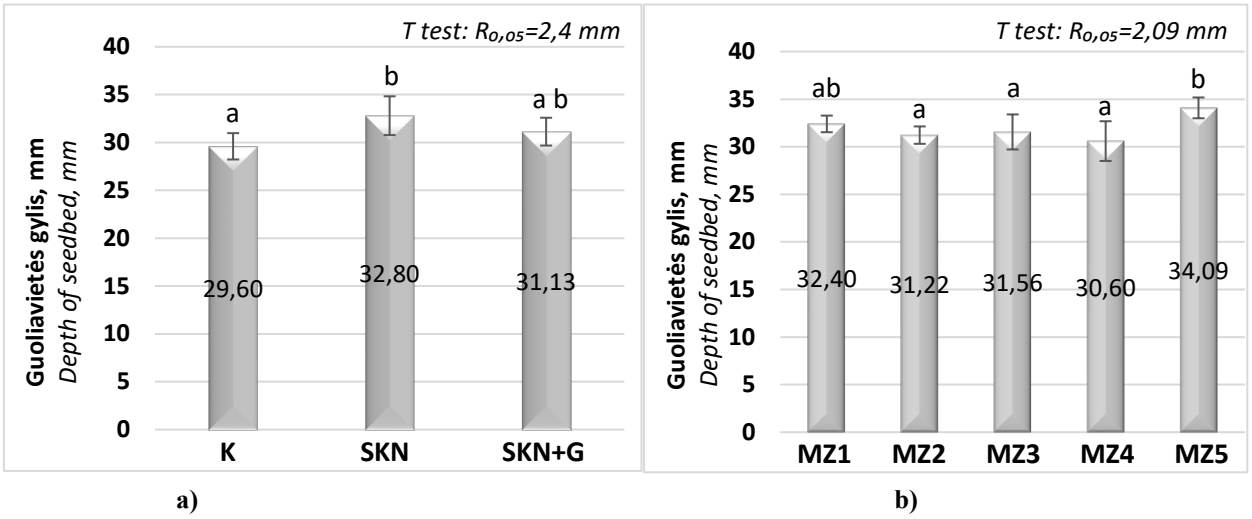
MZ1 ir MZ2 sėjos norma ir gylis buvo mažinami, atitinkamai 131 ir 138 kg ha^{-1}, 25,1 ir 26,3 cm, tuo tarpu MZ4 ir MZ5 norma ir gylis didinami –177 ir 193 kg ha^{-1}, 29,1 ir 30,7 cm.



2 pav. Dirvožemio tariamojo elektrinio laidumo (ECa) žemėlapis

Fig. 2. *Soil apparent electrical conductivity (ECa) map*

Išmatavus sėklų guoliavietės gylį ir atlikus gautų rezultatų statistinį vertinimą, nustatyta, sėklos guoliavietės gylis tarp sėjos variantų vidutiniškai varijavo nuo 29,6 iki 32,8 mm, o tarp dirvožemio valdymo zonų MZ nuo 30,6 iki 34,09 mm (3 pav.).



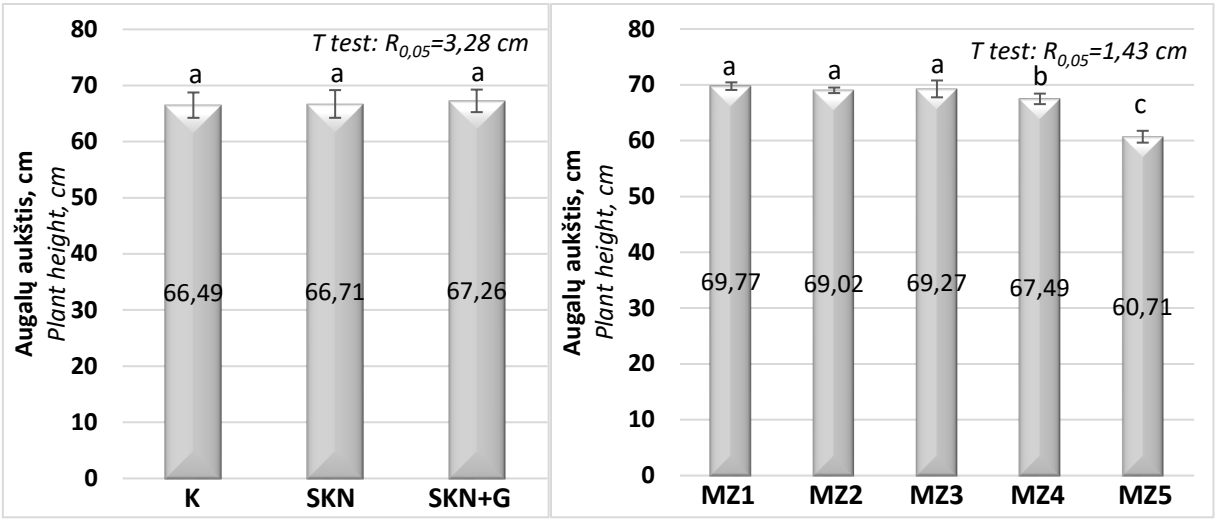
3 pav. Sėklos guoliavietės gylio priklausomybė: a) nuo sėjos varianto: K – kontrolė, SKN – sėja kintama norma, SKN+G – sėja kintama norma ir kintamu gyliu; b) nuo dirvožemio zonos MZ

Fig. 3. *Dependence of the depth of the seed bed: a) from the sowing variant: K – control, SKN – sowing with variable rate, SKN+G – sowing with variable rate and variable depth; b) from the soil management zone MZ*

Sėjos guoliavietės gylio rezultatų analizė pagal sėjos variantus parodė, kad esminis skirtumas buvo nustatytas tik tarp kontrolės K ir sėjos kintama norma SKN variantų. Skirtumas tarp jų buvo 3,2 mm, kas sudarė apie 9,76 % ir peržengė 2,4 mm esminio skirtumo ribą. Išanalizavus sėklos guoliavietės gylio priklausomybę nuo dirvožemio valdymo zonų, reikšmingas skirtumas buvo nustatytas tarp: MZ2 ir MZ5 (2,87 mm), MZ3 ir MZ5 (2,53 mm), MZ4 ir MZ5 (3,49 mm). Didžiausias guoliavietės gylis buvo nustatytas MZ5 (34,09 mm), kadangi šioje zonoje dirvožemis buvo labai lengvas, pagal dirvožemio granuliometrinę sudėtį, šioje vietoje buvo didžiausia dalis smėlio. Mažiausias guoliavietės gylis buvo MZ4 (30,6 mm). Sėklų guoliavietės gyliui pagal zonas įtakos taip pat turėjo ir tai, jog MZ zonos pateko į skirtingus sėjos variantus.

Augalų aukštis yra vienas iš svarbių rodiklių, leidžiančių spręsti ar augalai gerai vystosi ir ar jie yra sveiki. Vertinant augalų aukščio priklausomybę nuo sėjos varianto pastebima, jog reikšmingo augalų stiebų aukščio skirtumo tarp sėjos variantų nebuvo. Neesmingai žemiausi augalai užaugo K variante (66,49 cm), o aukščiausi SKN+G (67,26 cm). Augalų aukštis ryškiai neišsiskyrė nei viename variante dėl to, nes sėjos variantai pateko į

skirtingas dirvožemio tariamojo elektrinio laidumo zonas. Žieminių kviečių augalų stiebų aukštis pateiktas 4 pav.



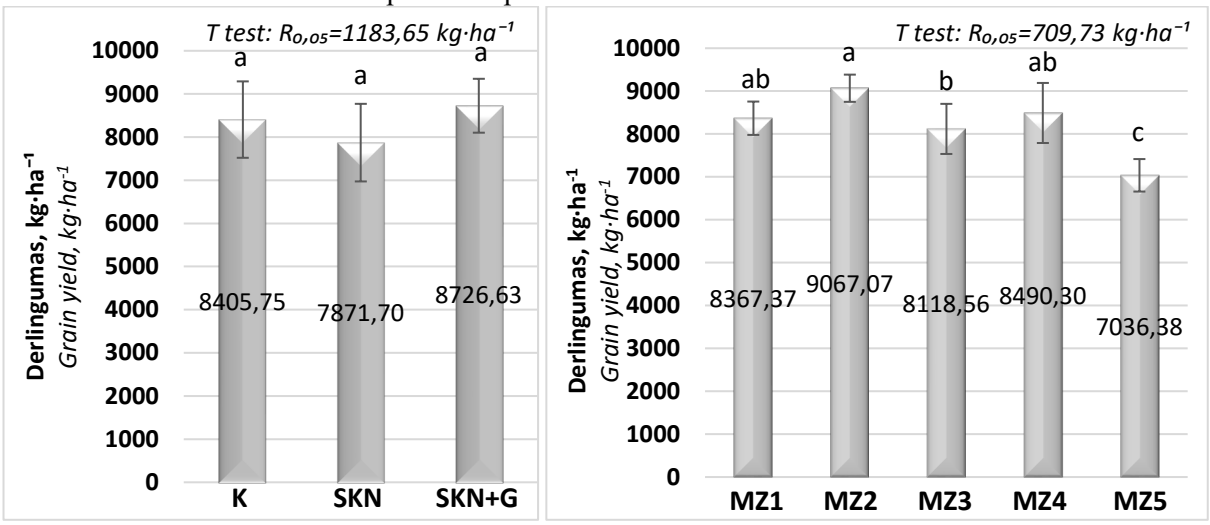
a) **b)**

4 pav. Augalų stiebų aukščio priklausomybė: a) nuo sėjos varianto: K – kontrolė, SKN – sėja kintama norma, SKN+G – sėja kintama norma ir kintamu gyliu; b) nuo dirvožemio zonos

Fig. 4. *Dependence of the height of plant stems: a) from the sowing variant: K – control, SKN – sowing with variable rate, SKN+G – sowing with variable rate and variable depth; b) from the soil management zone*

Vertinant augalų stiebų aukščio priklausomybę nuo dirvožemio MZ pastebėta, jog MZ4 ir MZ5 zonose augalų stiebai buvo esmingai žemesni lyginant su kitomis MZ zonomis, tuo tarpu tarp likusių (MZ1, MZ2 ir MZ3) zonų tarpusavyje esminio skirtumo nebuvo. Žemiausi augalai užaugo lengviausios dirvožemio sudėties ir mažiausio ECa (22,6–24,2 $mS \cdot m^{-1}$) MZ5 zonoje (60,71 cm), o aukščiausi sunkiausios sudėties ir didžiausio ECa (>28,6 $mS \cdot m^{-1}$) dirvožemio MZ1 zonoje (69,77 cm). Skirtumas tarp jų (MZ1 ir MZ5) 9,06 cm arba 12,99 %.

Auginant žemės ūkio augalus pats svarbiausias technologinis parametras yra augalų derlingumas, nes nuo jo labai priklauso ir kiti ekonominiai, socialiniai ir aplinkosauginiai rodikliai. Atlikus skirtingų sėjos variantų įtakos žieminių kviečių derlingumui skirtingose MZ zonose rezultatų analizę buvo nustatyta, kad derlingumas gali skirtis skirtingose dirvožemio zonose. Žieminių kviečių grūdų derlingumo priklausomybės nuo sėjos varianto ir dirvožemio MZ rezultatai pateikti 5 pav.



a) **b)**

5 pav. Žieminių kviečių grūdų derlingumo ($kg \cdot ha^{-1}$) priklausomybė: a) nuo sėjos varianto: K – kontrolė, SKN – sėja kintama norma, SKN+G – sėja kintama norma ir kintamu gyliu; b) nuo dirvožemio zonos

Fig. 5. *Dependence of winter wheat grain yield ($kg \cdot ha^{-1}$): a) from sowing variant: K – control, SKN – sowing with variable rate, SKN+G – sowing with variable rate and variable depth; b) from the soil management zone*

Analizuojant žieminių kviečių grūdų derlingumo priklausomybę nuo sėjos būdo, pastebėta, kad esminio derlingumo skirtumo tarp variantų nebuvo. Didžiausias derlingumas (8726,63 kg·ha^{-1}) buvo gautas SKN+G variante, kuriame buvo taikyta ir kintama sėjos norma ir kintamas sėjos gylis. Neesmingai mažiausias (7871,7 kg·ha^{-1}) žieminių kviečių grūdų derlingumas buvo nustatytas antrame SKN variante, kuriame taikyta tik kintama sėjos norma. Tačiau ryškesnis derlingumo skirtumas buvo pastebėtas vertinant dirvožemio zonas. Esminis derlingumo skirtumas buvo nustatytas tarp MZ2 ir MZ3. Nors sėjos norma MZ2 buvo mažesnė negu MZ3, tačiau žieminių kviečių grūdų derlingumas buvo esmingai didesnis. Skirtumas tarp šitų zonų buvo apie 950 kg ha^{-1}. Mažiausias derlingumas (7036,38 kg ha^{-1}) buvo gautas lengviausios sudėties dirvožemio MZ5 zonoje. Skirtumas lyginant su kitomis zonomis buvo esminis. Tai, kad zonose skyrėsi grūdų derlingumas priežasčių galėjo būti keletas, pirmiausiai lengvesnės sudėties dirvožemyje būna mažesnis augalų krūmijimasis [1]. Šioje MZ5 zonoje buvo sąlyginai mažiausias dirvožemio elektrinis laidumas, mažiausias dirvožemio derlingumas, dėl to augalai, lyginant su kitomis MZ, turėjo prastesnes sąlygas, ko pasėkoje žieminiai kviečiai buvo žemesni ir subrandino mažesnį grūdų derlių.

Greta augalų derlingumo kitas nemažiau svarbus veiksnys yra technologijos ekonominis efektyvumas. Atlikus skirtingų sėjos technologijų ekonominės naudos vertinimo analizę, kurios pagrindiniai rodikliai pateikti 1 lentelėje, buvo nustatytas visų trijų variantų sąlyginis pelnas.

1 lentelė. Ekonominės naudos vertinimas

Table 1. *Economic evaluation of profit*

Variantas *Variant*	Sėklos norma, kg·ha^{-1} *Seed rate, kg·ha^{-1}*	Išlaidos sėklai, Eur·ha^{-1} *Costs of seed, Eur·ha^{-1}*	Išlaidos augalų apsaugai, Eur·ha^{-1} *Costs for plant protection, Eur·ha^{-1}*	Visos išlaidos (sėklai, apsaugai), Eur·ha^{-1} *All costs (seed, protection), Eur·ha^{-1}*	Derlingumas, kg·ha^{-1} *Yield, kg·ha^{-1}*	Pajamos, Eur·ha^{-1} *Income, Eur·ha^{-1}*	Sąlyginis pelnas, Eur·ha^{-1} (pajamos – išlaidos) *Conditional profit, Eur·ha^{-1} (income – costs)*
K	162	76,14	75,5	612,14	8316,17	2827,50	2215,36
SKN	168,53	79,21	75,5	615,21	7717,22	2623,85	2008,64
SKN+G	162,24	76,25	75,5	612,25	8726,63	2967,05	2354,80

Atlikus precizinės sėjos variantų ekonominį vertinimą pastebėta, jog ekonomiškai naudingiausias buvo SKN+G variantas, kuris buvo apie 5,9 % pelningesnis, lyginant su kontroliniu K variantu ir apie 14,7 % pelningesnis, lyginant su SKN variantu.

Išvados

1. Guoliavietės gylio rezultatai parodė, kad sėjos gylis priklauso nuo dirvožemio savybių. Lengviausios sudėties ir mažiausio tariamojo elektrinio laidumo (ECa) MZ5 dirvožemio zonoje žieminių kviečių sėklos buvo įterptos vidutiniškai apie 7,76 % giliau nei kitose MZ zonose. Kintamos sėjos normos taikymas sėklų guoliavietės gyliui esminės įtakos neturėjo.
2. Žieminių kviečių stiebų aukštis skyrėsi priklausomai nuo dirvožemio MZ zonos. Sunkesnės sudėties dirvožemio zonose aukštis buvo esmingai apie 13,0 % didesnis negu lengviausios sudėties MZ5 zonoje.
4. Taikant sėjos kintama norma ir kintamu gyliu technologiją buvo gautas apie 320 kg ha^{-1} didesnis žieminių kviečių grūdų derlingumas negu taikant kontrolinę pastovios sėjos normos ir pastovaus gylio technologiją. Lengviausios sudėties dirvožemio zonoje, nors ir buvo taikyta didžiausia sėjos norma ir didžiausias sėjos gylis, žieminių kviečių grūdų derlingumas buvo esmingai mažesnis, lyginant su kitomis zonomis.
5. Ekonominės naudos analizė parodė, kad precizinės sėjos pagal kintamą normą ir kintamą gylį technologija buvo apie 5,9 % pelningesnė už kontrolinę sėją ir apie 14,7 % – lyginant su vien tik kintamos sėjos variantu.

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). Autoriai taip reiškia padėką VDU Žemės ūkio akademijos mokslininkams: prof. dr. Kęstučiui Romaneckui, prof. dr. Dainiui Steponavičiui, dr. Sidonai

Buragienei, dr. Vilmai Naujokienei ir dokt. Indrei Bručienei už pagalbą atliekant eksperimentinius tyrimus ir teikiant vertingas konsultacijas.

Literatūra

1. Šarauskis, E., Kazlauskas, M., Naujokienė, V., Bručienė, I., Steponavičius, D., Romaneckas, K. ir Jasinskas, A. (2022). Variable rate seeding in precision agriculture: Recent advances and future perspectives. *Agriculture, 12*(2), 305.
2. European commission. (2019). The European Green Deal COM/2019/640 Final. *Brussels, 11*(12), 2019.
3. Romaneckas, K., Steponavičius, D., Jasinskas, A., Kazlauskas, M., Naujokienė, V., Bručienė, I., . . . Šarauskis, E. (2022). How to analyze, detect and adjust variable seedbed depth in site-specific sowing systems: a case study. *Agronomy, 12*(5), 1092.
4. Munnaf, M. A., Haesaert, G., Van Meirvenne, M. ir Mouazen, A. M. (2020). Site-specific seeding using multi-sensor and data fusion techniques: A review. *Advances in agronomy*, *161*, 241–323.
5. Romaneckas, K., Buragienė, S., Kazlauskas, M., Steponavičius, D., Naujokienė, V., Bručienė, I. ir Šarauskis, E. (2023). Effects of Soil Electrical Conductivity and Physical Properties on Seeding Depth Maintenance and Winter Wheat Germination, Development and Productivity. *Agronomy, 13*(1), 190.
6. Steponavičius, D. (2020). Tikslioji žemdirbystė yra ūkininkavimo ateitis. *Lietuvos mokslų akademija.* Prieiga per internetą: https://www.lma.lt/uploads/Tikslioji%20zemdirbyste.pdf

Rokas Stirbys, Marius Kazlauskas, Egidijus Šarauskis

Precision Sowing by Variable Depth

Soil conservation, saving resources, increasing the production efficiency of crop production, and reducing the negative impact on the environment are the most important criteria that force the more and more widespread use of sustainable precision agriculture technologies. The aim of this work was to investigate the influence of precision sowing according to variable depth on winter wheat yield and economic efficiency indicators. Research was carried out using 3 different sowing options: 1 – traditional sowing with constant sowing depth, 2 – precision sowing with variable sowing rate but constant sowing depth, 3 – precision sowing with variable sowing rate and variable sowing depth. After measuring the variability of soil electrical conductivity, the field was divided into 5 soil zones (MZ). The yield results of winter wheat showed that the yield in the zone with the lowest electrical conductivity MZ5 was significantly lower compared to the zones with higher electrical conductivity MZ1-MZ4. The conditional profit of precision sowing according to variable rate and variable depth was on average 5.9% higher than in the control.

Variable sowing depth, variable sowing rate, apparent electrical conductivity, soil zone, winter wheat.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Rokas STIRBYS. 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. 8 37 752357, el. paštas: rokas.stirbys@vdu.lt
Rokas STIRBYS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 37 752357, e-mail: rokas.stirbys@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. +370 612 40119, 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: Studentu g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 612 40119, e-mail marius.kazlauskas@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. +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: Studentu g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 37 752357, e-mail: egidijus.sarauskis@vdu.lt

RAPSŲ SĖKLŲ SAVYBIŲ ĮTAKA ALIEJAUS SPAUDIMO TECHNOLOGINIO PROCESO EFEKTYVUMUI

Laimutė Jakubčionienė, Kristina Lekavičienė, Zita Kriaučiūnienė, Ernestas Zaleckas

Vytauto Didžiojo universitetas

Nėra tiksliai žinoma, kodėl technologinio proceso metu, spaudžiant rapsų sėklas, ne visada išspaudžiamas optimalus aliejaus kiekis. Nėra pilnai aišku, kokios rapsų sėklų savybės daro įtaką rapsų sėklų aliejaus spaudimui. Todėl, išsikeltas darbo tikslas – ištirti rapsų sėklų savybių įtaką spaudimo technologiniam procesui agronominiu, cheminiu ir inžineriniu aspektais. Eksperimentiniais tyrimais nustatyta skirtingų rapsų sėklų mėginių (mėginiai, iš kurių išspaudžiamas optimalus aliejaus kiekis ir mėginiai, kuriuos spaudžiant presas kemšasi) drėgnumas, 1000-čio sėklų masė, švarumas, aliejaus kiekis, spaudimo jėga. Tyrimais nustatyta, kad skirtingų mėginių drėgnumas panašus, apie 5,86 %. Vidutiniai tyrimo duomenys rodo, kad mėginių, kur nepakankama aliejaus išeiga (mažiau, kaip 300 l aliejaus iš 1 t sėklų), sėklos yra stambesnės, švaresnės, aliejaus kiekis didesnis bei ženkliai didesnė sėklų spaudimo jėga negu mėginių, kai optimali aliejaus išeiga (ne mažiau, kaip 300 l aliejaus iš 1 t sėklų). Pagal gautus rezultatus galima daryti išvadą, kad stambesnėse sėklose yra didesnis aliejaus kiekis, kurio perteklius technologinio proceso metu sulipdo sėklas ir kemša presą, nes per mažai priemaišų sėklose, kurios sugertų perteklinį aliejų. Padidinti priemaišų kiekį sėklose nėra ekonomiškai naudinga, todėl svarbu ieškoti kitų technologinių procesų, kurių pagalba pagerėtų aliejaus išeiga. Vienas iš ateities tyrimų perspektyvų, sėklas paveikti ultragarsu.

Rapsų sėklos, sėklų savybės, aliejus, spaudimas, jėga.

Įvadas

Augaliniai aliejai yra viena iš svarbiausių atsinaujinančių produktų grupių dėl jų prieinamumo ir plataus pritaikymo spektro (Szubert, 2018). Augaliniai aliejai išgaunami iš įvairių augalų, tokių kaip sojos pupelės, rapsai, saulėgrąžos, palmės, kokosai ir kt. (Gunstone, 2011). Rapsų aliejus yra vienas plačiausiai naudojamų augalinių aliejų. Statistika rodo, kad rapsų aliejaus gamybos apimtis visame pasaulyje nuo 2012/13 iki 2020/21 padidėjo apie 12 %. 2020–2021 m. pasaulinė rapsų aliejaus gamybos apimtis siekė kiek daugiau nei 29 mln. metrinių tonų (World agricultural production, 2022).

Rapsas (*Brassica napus L.*) yra augalinis aliejinis augalas, kuris plačiai naudojamas kaip priemonė sėjomainai ir tręšimui, aliejaus ir baltymų šaltinis maistui ir pramonei ir išspaudas gyvuliams šerti (Vasiliauskas and Liakas, 2021; Raboanatahiry et al., 2021). Rapsai yra ne tik pagrindinis maistinio aliejaus šaltinis bei perspektyvus augalas biodyzelino gamyboje, kuris yra atsinaujinanti ir tvari alternatyva iškastiniam kurui (Tian et al., 2020; Vasiliauskas and Liakas, 2021). Taip pat skirtingai nuo iškastinio kuro, kurio ištekliai yra riboti ir senkantys ištekliai, augalinį aliejų galima papildyti žemės ūkyje. Dėl to jie yra tvarūs ir atsinaujinantys ištekliai, kuriuos galima gaminti dideliu mastu (Singh S.P. and Singh D., 2010). Rapsų aliejaus biodyzelinas daro mažesnį poveikį aplinkai nei tradicinis iškastinis kuras, nes išskiria mažiau šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir kitų teršalų (Tian et al., 2020; Vasiliauskas and Liakas, 2021). Tačiau pasaulyje vis plačiau taikomi apribojimai perdirbamoms rapsų sėkloms. Jų perdirbimo procesai griežčiau dokumentuojami siekiant stebėti gamybos eigą ir gerinant rapsų produktų kokybę (Mikulionienė et al., 2006).

Rapsų aliejus, dėl savo sudėtyje turinčių riebalų rūgščių komponentų, pasižymi unikaliomis cheminėmis savybėmis ir galimybe aliejų naudoti žmonių mityboje (Piravi-Vanak, 2020). Teigiama, kad aliejaus atskyrimas nuo aliejinių augalų sėklų yra svarbi perdirbimo operacija, kadangi taikomas procesas turi tiesioginį poveikį baltymų ir aliejaus, gaunamo iš aliejinių augalų sėklų, kokybei ir kiekiui (Ionescu et al., 2014). Tačiau gamybos technologinio proceso metu, spaudžiant rapsų sėklas, ne visada išspaudžiamas optimalus aliejaus kiekis, kadangi spaudimo presai kemšasi. Procesai ir reiškiniai, vykstantys aliejinių medžiagų presavimo procese, yra labai sudėtingi. Norint optimizuoti presavimo procesą, naudinga žinoti pagrindinius kintamuosius, turinčius įtakos aliejaus išgavimui ir kokybei (Ionescu et al., 2014). Taigi, nėra tiksliai žinoma, kodėl technologinio proceso metu, spaudžiant rapsų sėklas, ne visada išspaudžiamas optimalus aliejaus kiekis ir kokios rapsų sėklų savybės daro įtaką rapsų sėklų aliejaus spaudimui. Labai svarbu žinoti rapsų sėklų savybes ir išsiaiškinti, kodėl gamybos procesas ar jo dalis netinkama aliejaus atskyrimui, bei pateikti pasiūlymus, kaip pagerinti gamybos procesą.

Darbo tikslas – ištirti rapsų sėklų savybių įtaką spaudimo technologiniam procesui agronominiu, cheminiu ir inžineriniu aspektais.

Tyrimų metodika

Tyrimų objektas – rapsų sėklos. Tyrimo metu paimti iš gamybos linijos skirtingi rapsų sėklų mėginiai: 4 mėginiai, iš kurių išspaudžiamas optimalus aliejaus kiekis (ne mažiau, kaip 300 l aliejaus iš 1 t sėklų) ir 4 mėginiai, kuriuos spaudžiant presas kemšasi ir išspaudžiamas aliejaus kiekis yra mažiau, kaip 300 l iš 1 t sėklų. Tyrimai vykdyti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje.

Rapsų sėklų drėgnumo nustatymas. Rapsų sėklų drėgnumas nustatytas sėklas džiovinant džiovinimo spintoje 105 ºC temperatūroje iki tol kol produkto masė nebekinta. Atlikti 3 pakartojimai. Gautas skirtumas, tarp pradinės ir galutinės masės, perskaičiuojamas į procentus.

*Skirtingo subrendimo laipsnio rapsų sėklų švarumo pokyčių nustatymas***.** Tyrimas atliktas naudojantis laboratoriniu mechaniniu sėklų dalytuvu (Rationel Kornservice, Danija) (1 pav.), lenta, sietais, svarstyklėmis, liniuote, lupa ir skirtuku.

Sėklų švarumui nustatyti paimtas mėginys supilamas į specialų laboratorinį sėklų dalytuvą (1 pav.) ir dalijamas tol kol stalčiuje lieka švarumo analizei reikiamas sėklų kiekis, kurį sudaro apie 50 g. Tuomet kiekvienas mėginys sijojamas atitinkamais sietais. Sėklos, kurios lieka ant sieto, supilamos į vieną lėkštutę, išbirusios pro sieto skylutes – į kitą lėkštutę. Kiekvienos lėkštutės turinys išpilamas ant stalo ir skirtukais atskiriamos rapsų sėklos, šiukšlinės priemaišos ir piktžolių sėklos. Bandymai kartojami 3 kartus.

1 pav. Mechaninis sėklų mėginių dalytuvas (Rationel Kornservice, Danija)

Fig 1*. Mechanical distributor of seed samples (Rationel Kornservice, Denmark)*

Rapsų sėklų švarumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\check{S} = \frac{M_1 \cdot 100}{M}, \qquad (1)$$

čia $\check{S}$ – grūdų (sėklų) švarumas, %;
M – mėginio masė prieš valymą, g;
M_1 – mėginio masė po valymo, g.

*1000-čio sėklų masės nustatymas***.** Rapsų sėklų mėginiai tiriami po sėklų švarumo nustatymo. Naudojami atskirti absoliučiai švarūs sėklų mėginai. 1000-čio sėklų masės tyrimams naudota tiksli sėklų skaičiuoklė (Elmor, Šveicarija), kuri veikia pagal fotoelektroninį jutiklinį metodą. Prietaiso sėklų skaičiavimo diapazonas – nuo 0,3 iki 15,0 mm.

Prietaisas su specialiais konteineriais skaičiuojamoms sėkloms: 1) smulkioms sėkloms (pvz. piktžolių, rapsų ir kt.) skaičiuoti; 2) vidutinio dydžio sėkloms (pvz., javų ir kt.) skaičiuoti; 3) stambioms sėkloms (pvz., kukurūzų, žirnių ir kt.) skaičiuoti. 1000-čio sėklų masės tyrimai vykdyti 3 pakartojimais. Iš kiekvieno mėginio paimti du ėminiai ir paskaičiuota po 2 mėginius po 1000 sėklų. 1000-čio sėklų mėginiai pasverti elektroninėmis svarstyklėmis (Sartorius, Vokietija).

Aliejaus kiekio dalies rapsų sėklose nustatymas. Aliejaus kiekis rapsų sėklose nustatytas vadovaujantis standartu – LST EN ISO 659:2009. Sėklos 8 valandas ekstrahuojamos n-heksanu Sokslete. Tirpiklis iš dalies pašalinamas rotaciniame vakuuminiame garintuve, likutis perkeliamas į iš anksto pasvertą stiklinį indą, o likusi tirpiklio dalis pašalinama azoto srove iki pastovios masės, kad būtų galima nustatyti aliejaus kiekį. Tyrimai atlikti 3 pakartojimais.

Rapsų sėklų spaudimo jėgos nustatymas. Rapsų sėklų spaudimo jėgos nustatymui naudotas medžiagų mechaninių savybių tyrimų įrenginys „Instron 5960“ su programine įranga „Bluehill“. Rapsų sėklos spaudžiamos 9,90 mm skersmens spaudikliu (2 pav.).

2 pav. Medžiagų mechaninių savybių tyrimų įrenginys „Instron 5960"

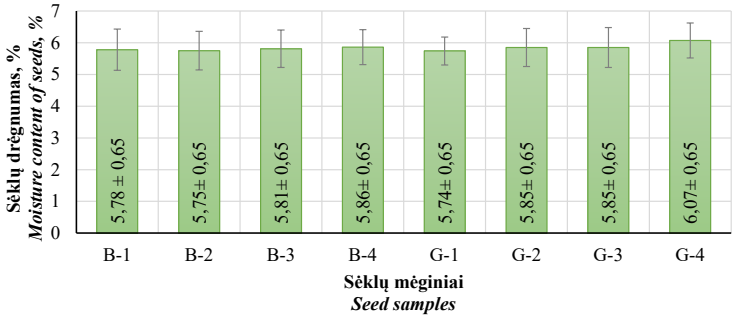
Fig 2. *Instron 5960 device for testing mechanical properties of materials*

Medžiagų mechaninių savybių tyrimų metu buvo spaudžiama 4 g sėklų. Atlikti 3 pakartojimai.

Statistinis vertinimas. Tyrimo duomenis apdoroti Microsoft Office Excel programa, naudojant Stjudento *t*-testą, kai gautų duomenų reikšmingumo lygis yra 0,05.

Rezultatai ir aptarimas

Rapsų sėklų savybės, galinčios turėti įtakos aliejaus gavybos proceso efektyvumui, yra sėklų drėgnumas, švarumas, 1000-čio sėklų masė, aliejaus kiekis ir aliejaus sudėtis. Pirmiausia buvo atliktas rapsų sėklų drėgnumo tyrimas (3 pav.), kurio metu buvo tiriami blogi mėginiai, kurių sėklos užkemša presą (B), ir geri mėginiai, kurių sėklų aliejaus išeiga pakankama (G).

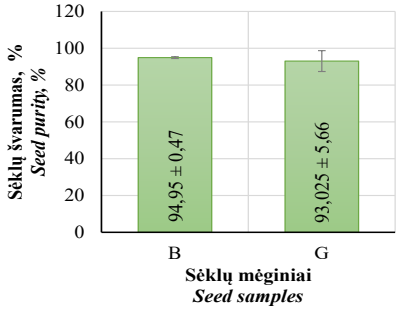


3 pav. Rapsų sėklų drėgnumas: B – blogų mėginių, kai presas kemšasi; G – gerų mėginių, kai yra pakankama aliejaus išeiga

Fig 3*. Moisture content of rape seeds: B – bad samples when the press is jammed; G for good samples with sufficient oil yield*

Įvertinus tyrimo duomenis nustatyta, kad drėgnumas tiek gerų, tiek blogų mėginių buvo panašus ir svyravo nuo 5,75 iki 6,07 %. Skirtingų mėginių drėgnumas vidutiniškai siekė apie 5,86 %.

Iš atliktų rapsų sėklų švarumo tyrimų rezultatų (4 pav.) galima pastebėti, kad blogų rapsų sėklų mėginių švarumas buvo 2,03 % didesnis, nei gerų rapsų sėklų mėginių švarumas. Blogų mėginių švarumas siekė 94,95 ± 0,47 %, o gerų – 93,025 ± 5,66 %. Tai galėjo turėti įtakos mėginių paėmimas iš skirtingų pasėlių dalių ar partijų. Taip pat galėjo būti didesnis švarumas blogų rapsų sėklų, kadangi greičiausiai jos yra rūšiuojamos griežčiau arba efektyviau nei gerų rapsų sėklos.

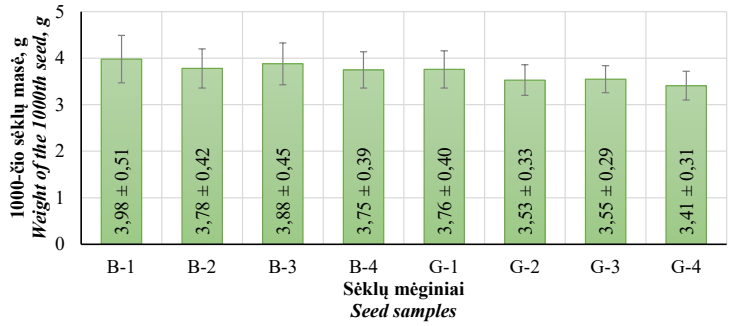


4 pav. Rapsų sėklų švarumas: B – blogų mėginių, kai presas kemšasi; G – gerų mėginių, kai yra pakankama aliejaus išeiga

Fig 4*. Purity of rapeseed: B – bad samples when the press is jammed; G for good samples with sufficient oil yield*

Vertinant 1000-čio rapsų sėklų masės duomenų rezultatus (5 pav.) pastebėta, kad visų blogų mėginių (B1–B4) vidutinė 1000-čio sėklų masė, kuri siekė 3,85 ± 0,44 g, buvo 7,41 % didesnė nei visų gerų mėginių

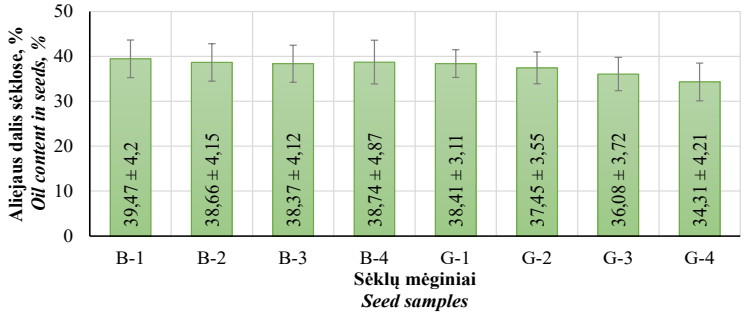
(G1–G4) vidutinė 1000-čio sėklų masė, kurios reikšmė siekė – 3,56 ± 0,33 g. Blogų mėginių 1000-čio rapsų sėklų masė svyravo nuo 3,75 ± 0,39 g iki 3,98 ± 0,51 g, o gerų mėginių – nuo 3,41 ± 0,31 g iki 3,76 ± 0,40 g. Galima teigti, kad blogų mėginių sėklos yra didesnės nei gerų mėginių rapsų sėklos.



5 pav. 1000-čio rapsų sėklų masė: B – blogų mėginių, kai presas kemšasi; G – gerų mėginių, kai yra pakankama aliejaus išeiga

***Fig 5**. Mass of 1000 rapeseeds: B – bad samples when the press is jammed; G for good samples with sufficient oil yield*

Rapsų sėklose esančios aliejaus dalies tyrimo duomenys pateikti 6 paveiksle. Iš tyrimo duomenų galima matyti, kad aliejaus dalis rapsų sėklose yra apie 5,79 % didesnė bloguose mėginiuose, negu geruose sėklų mėginiuose. Aliejaus dalis bloguose rapsų sėklų mėginiuose užfiksuojama nuo 38,37 ± 4,12 iki 39,47 ± 4,2 %, o geruose mėginiuose – nuo 34,31 ± 4,21 iki 38,41 ± 3,11 %.

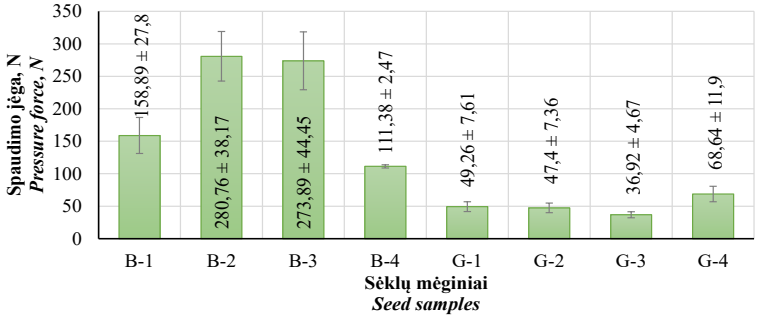


6 pav. Aliejaus dalis rapsų sėklose: B – blogų mėginių, kai presas kemšasi; G – gerų mėginių, kai yra pakankama aliejaus išeiga

***Fig 6**. Oil fraction in rapeseed: B – bad samples when the press is jammed; G for good samples with sufficient oil yield*

1000-čio sėklų masės ir aliejaus dalies sėklose skirtumą tarp blogų ir gerų mėginių gali lemti keli veiksniai, tokie kaip genetiniai skirtumai, augimo ir vystymosi metu aplinkos sąlygos bei derliaus nuėmimo ir perdirbimo metodais.

Rapsų sėklų spaudimo jėgos tyrimo duomenys pateikti 7 paveiksle. Iš tyrimo duomenų rezultatų nustatyta, kad didžiausia spaudimo jėga užfiksuota B-2 ir B-3 sėklų mėginiuose, atitinkamai jų duomenys siekė – 280,76 ± 38,17 N ir 273,89 ± 44,45 N. Mažiausia jėga tarp blogų mėginių buvo B-4 mėginyje (111,38 ± 2,47 N). Tarp gerų sėklų mėginių rezultatai buvo vienodesni ir spaudimo jėga siekė nuo 36,92 ± 4,67 iki 69,64 ± 11,9.



7 pav. Rapsų sėklų spaudimo jėga: B – blogų mėginių, kai presas kemšasi; G – gerų mėginių, kai yra pakankama aliejaus išeiga

***Fig 7.** Rapeseed seed pressing force: B – bad samples when the press is jammed; G for good samples with sufficient oil yield*

Vidutinė blogų mėginių spaudimo jėgos reikšmė yra apie 206,23 ± 28,22 N, o tai yra 75,49 % daugiau negu gerų mėginių vidutinė reikšmė, kuri siekė apie 50,55 ± 7,89 N. Tai rodo, kad gerų mėginių sėklos buvo minkštesnės ir aliejus spaudžiamas lengviau, prireikiant mažesnės spaudimo jėgos.

Remiantis tyrimo duomenimis buvo nustatyta, kad rapsų sėklos iš mėginių, kurių aliejaus išeiga buvo nepakankama, buvo didesnės, švaresnės ir turinčios didesnį aliejaus kiekį, palyginti su optimalaus aliejaus derlingumo mėginiais. Be to, tyrimas parodė, kad sėklų spaudimo jėga mėginiuose, kurių aliejaus dalis buvo nepakankama, buvo žymiai didesnis ir siekė apie 75,49 %. Tai rodo, kad stambesnėse sėklose yra didesnis kiekis aliejaus ir technologinio proceso metu dalis aliejaus sulipina sėklas, todėl galima manyti kad dėl to kemšasi presas ir nepavyksta išspausti optimalaus aliejaus kiekio. Taip yra dėl to, kad stambesnėse sėklose yra per mažai priemaišų, kurios galėtų sugerti perteklinį aliejų. Padidinti priemaišų kiekį sėklose nėra ekonomiškai naudinga, nes tai gali padidinti išlaidas ir sukelti kitas problemas, pavyzdžiui, blogesnę aliejaus kokybę. Todėl svarbu ieškoti alternatyvių technologinių procesų, kurie galėtų pagerinti aliejaus išeigą. Vienas iš būdų yra ultragarso panaudojimas sėkloms, tačiau prieš pradėdami naudoti šią technologiją, svarbu atlikti daugiau tyrimų, kad būtų galima nustatyti jos efektyvumą, saugumą ir ekonominę naudingumą.

Išvados

1. Iš tyrimo duomenų nustatyta, kad skirtingų rapsų sėklų mėginių vidutinis drėgnumas yra panašus ir siekia apie 5,86 %. Blogų rapsų sėklų mėginių švarumas (94,95 ± 0,47 %) buvo 2,03 % didesnis, nei gerų rapsų sėklų mėginių švarumas – 93,025 ± 5,66 %. Vertinat aliejaus dalį rapsų sėklose nustatyta, kad bloguose mėginiuose yra apie 5,79 % didesnis kiekis aliejaus (nuo 38,37 ± 4,12 iki 39,47 ± 4,2 %), negu gerų sėklų mėginiuose (nuo 34,31 ± 4,21 iki 38,41 ± 3,11 %). Vidutinė blogų mėginių spaudimo jėgos reikšmė (apie 206,23 ± 28,22 N) yra 75,49 % didesnė negu gerų mėginių vidutinė reikšmė, kuri siekė apie 50,55 ± 7,89 N.
2. Nustatyta, kad stambesnėse sėklose yra didesnis aliejaus kiekis, o perteklinis aliejus sukelia problemą technologinio proceso metu, sulipdydamas sėklas ir kimšdamas presą, kadangi per mažai priemaišų sėklose, kurios galėtų sugerti perteklinį aliejų.
3. Atsižvelgiant į tyrimo duomenis reikia tobulinti technologinį procesą ir ieškoti naujų perspektyvių būdų mažinti proceso netobulumus, kad būtų galima pagerinti aliejaus išeigą ir aliejaus kokybę. Vienas iš perspektyvių būdų yra ultragarso panaudojimas sėkloms.

Literatūra

1. Gunstone F. D. (2011). Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. John Wiley & Sons. 376 p.
2. Ionescu M., Voicu G., Biris S. S., Dincă M., Ungureanu N. (2014). Parameters influencing the screw pressing process of oilseed materials. Conference TE-RE-RD Paper.
3. LST EN ISO 659:2009 – Aliejingosios sėklos. Aliejaus kiekio nustatymas (pamatinis metodas).
4. Mikulionienė S., Schöne F., Jeroch H., Kusaitė B. (2006). Rapsų sėklų ir kai kurių jų produktų cheminiai tyrimai. Veterinarija ir zootechnika. T. 36 (58).
5. Piravi-Vanak Z. (2020). Chapter 38 – Cold pressed colza oil. Editor(s): Mohamed Fawzy Ramadan.
6. Raboanatahiry N.; Li H.; Yu L.; Li M. (2021). Rapeseed (Brassica napus): Processing, Utilization, and Genetic Improvement. Agronomy, 11, 1776. https://doi.org/10.3390/agronomy11091776.
7. Singh S.P., Singh D. (2010). Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14, Issue 1. P. 200-216. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.017.
8. Szubert K. (2018). Synthesis of organofunctional silane from rapeseed oil and its application as a coating material. Cellulose 25, 6269–6278. https://doi.org/10.1007/s10570-018-2018-6.
9. Vasiliauskas V., Liakas V. (2021). Tirtų trąšų įtaka žieminių rapsų derlingumui. 19-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos straipsnių rinkinys. VDU ŽŪA. – P. 555–560.
10. World agricultural production. (2022). World Rapeseed Production 2022/2023. [žiūrėta 2022-12-02]. Prieiga per internetą: <http://www.worldagriculturalproduction.com/crops/rapeseed.aspx#:~:text=September%202022,(*)%20was%2073.84%20million%20tons>

Laimutė Jakubčionienė, Kristina Lekavičienė, Zita Kriaučiūnienė, Ernestas Zaleckas

Influence of Rapeseed Properties on the Efficiency of the Oil Extraction Process

It is not known exactly why the technological process, when pressing the rapeseed seeds, does not always squeeze the optimum amount of oil. It is not fully clear what properties of rapeseed seeds affect rapeseed seed oil pressure. Therefore, the aim of the work is to investigate the influence of rape seed properties on the technological process of agronomic, chemical and engineering. Experimental studies have found different rapeseed seed samples (samples that squeeze the optimum amount of oil and samples that are pressed by the press), the mass of 1000 seeds, cleanliness, oil, pressure. Studies have shown that the humidity of different samples is similar, about 5.86%. Medium testing shows that the seeds are larger, cleaner, oil higher and significantly higher seed pressure than samples than samples when optimal oil yield. According to the results, it can be concluded that larger seeds contain higher levels of oil, which excesses during the technological process stuck the seeds and clogs, as too little impurities in seeds that absorb excess oil. Increasing the amount of impurities in seeds is not economically beneficial, so it is important to look for other technological processes to improve oil yield. One of the prospects for future research, the seeds are affected by ultrasound.

Rapeseed seeds, seed properties, oil, pressing, force.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Laimutė JAKUBČIONIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 752357, el. paštas: jak.laima@gmail.com
Laimutė JAKUBČIONIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentu 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. (+370 37) 752357, e-mail: jak.laima@gmail.com
Dr. Kristina LEKAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 75 23 57, el. paštas: kristina.lekaviciene@vdu.lt
Dr. Kristina LEKAVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752357, e-mail: kristina.lekaviciene@vdu.lt
Dr. 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. +370 37 752357, el. paštas: zita.kriauciuniene@vdu.lt
Dr. 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 dist. (+370 37) 752357, e-mail: zita.kriauciuniene@vdu.lt
dr. Ernestas ZALECKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros vyresnysis mokslo darbuotojas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 752357, el. paštas: ernestas.zaleckas@vdu.lt
Dr. Ernestas ZALECKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, senior researcher. Address: Studentų 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752357, e-mail: ernestas.zaleckas@vdu.lt

CHEMINIO TIRPALO PRIEDO ĮTAKA TRAKTORINIU LAUKO PURKŠTUVU IŠPURKŠTŲ LAŠELIŲ NUNEŠIMUI PAVĖJUI

Jonas Balčiūnas, Tadas Jomantas, Kristina Lekavičienė, Dainius Steponavičius

Vytauto Didžiojo universitetas

Viena svarbiausių technologinių operacijų auginant žemės ūkio augalus yra purškimas. Tikslus augalų apipurškimas įvairiomis apsaugos priemonėmis, augimo reguliatoriais ir skystomis trąšomis, užtikrina didesnį ir geresnės kokybės derlių. Viena iš didžiausių problemų purškimo metu yra lašelių dreifas, t y. lašeliai nunešti vėjo už purškimo zonos ribų. 2022 m. VDU ŽŪA, naudojant išpurškiamų lašelių dreifo tyrimų stendą bei pakabinamą traktorinį lauko purkštuvą, buvo atlikti vėjo greičio įtakos lašelių dreifui tyrimai. Purkšta inžektoriniais purkštukais (purškimo kampas – 120°, našumas – 1,82 l min^{-1}, purškimo slėgis – 4 bar). Tirtas purškiamų lašelių dreifą mažinančio priedo efektyvumas, priklausomai nuo šoninio vėjo greičio. Nustatyta, kad didžiausią poveikį purkštuvais išpurškiamų lašelių dreifui turi vėjo stiprumas. Išpurkštų vandens lašelių srautą veikiant 2 m s^{-1} greičio šoniniu oro srautu, 2 m atstumu nuo purkštuvo purškimo zonos, lašelių dreifas buvo 6 kartus mažesnis nei pučiant 10 m s^{-1} greičio oro srautui. Purškiant cheminio priedo (0,1 % koncentracijos) tirpalą, šoninio oro srauto greitį padidinus nuo 2 m s^{-1} iki 10 m s^{-1}, lašelių dreifas sumažėjo 8 kartus.

Purškimas, lašelių dreifas, purkštukai, vėjo greitis, lašelių dreifą mažinantis priedas.

Įvadas

Augalų apsaugos priemonių naudojimas yra neatsiejama priemonė siekiant didesnio ir kokybiškesnio derliaus. Labiausiai paplitusi augalų apsaugos priemonė yra pesticidai. Tačiau naudojant didelį kiekį pesticidų yra daromas neigiamas poveikis aplinkai (Hassan, El Nemr, 2020). Yra daugybė kriterijų, kurie įtakoja purškiamų lašelių sklaidą, bet svarbiausias kriterijus yra vėjo sukeliamas dreifas. Remiantis JAV aplinkos apsaugos agentūra (EPA) dreifo sąvoka apibūdinama, kaip išpurkštų lašelių judėjimo trajektorijos ore pakitimas ir nusileidimas, po purškimo proceso, į kitą vietą, negu buvo numatyta, kitaip tariant, už purškimo zonos ribų (Preftakes et al., 2019). Nunešti pesticidų lašeliai dažnai kaupiasi dirvos paviršiuje ar kituose dirvožemio sluoksniuose ir yra išplaunami į gruntinius vandenis (Wolejko et al., 2020). Taip pat, kai kurie lašeliai yra nunešami į greta esančius laukus ir padaro neigiamą poveikį ten augantiems augalams. Todėl purškimo operacijos nerekomenduojama atlikti, kai vėjo greitis didesnis negu 4 m s^{-1} (Tepper, 2017). Kaip ir buvo minėta anksčiau įvairių augalų apsaugos priemonių naudojimas kelia pavojų aplinkai ir gali turėti neigiamos įtakos žmonių sveikatai, todėl mokslininkai įvairiomis priemonėmis stengiasi sumažinti nunešamų lašelių kiekį. Šios priemonės gali būti skirstomos į technines, technologines, organizacines ir chemines (Jomantas et al., 2023).

Kalbant apie technines priemones dreifo įtakai mažinti yra labai svarbu tinkamas purkštukų parinkimas. Tolygus purškiamo skysčio paskleidimas ir tinkamas augalo paviršiaus padengimas yra esminiai aspektai pasirenkant purkštukus (Kluza et al., 2019). Dažniausiai naudojami purkštukai žemės ūkyje yra hidrauliniai plokščiasraučiai plyšiniai ir kūginio srauto purkštukai, kurie atitinkamai sukuria plokščius ir kūginės formos lašelius (Makhnenko et al., 2021). Dar viena priemonė sumažinanti dreifo įtaką yra skydai, kurie montuojami ant purkštuvo sijos. Skydai ne tik sumažina dreifą, bet ir padeda valdyti ir reguliuoti purkštukais išpurkšto skysčio kryptį nepaisant veikiamo vėjo greičio (Roten et al., 2014).

Ne mažesnę įtaką turi ir tinkamas purkštuvo reguliavimas. Tokie technologiniai purkštuvų parametrai kaip: purkštuvo sijos aukštis virš augalų, purškimo kampas, purškiamų lašelių judėjimo greitis įtakoja purškiamų skysčio lašelių dreifą (Al Heidary et al., 2014). Taip pat sumažinti neigiamam dreifo poveikiui galima pasirenkant purkštukus, kurie išpurškia stambesnius lašelius (Grella et al., 2020). Atlikus tyrimus buvo pastebėta, jog purškiant stambesniais lašeliais ir sumažinus purkštuvo sijos aukštį purškiamų lašelių nunešimas už purškimo zonos sumažėjo (Balsari et al., 2017). Dažniausiai praktikoje sijos aukštis parenkamas 0,5 m virš purškiamų augalų. Mažesni lašeliai susidaro tada, kai yra didelis purškiamo skysčio slėgis (He et al., 2022).

Organizacinės priemonės yra labai svarbios užtikrinant mažesnį neigiamą dreifo poveikį purškimo procesui. Pagal ES direktyvą 2009/128/CE siekiant užtikrinti tinkamą augalų apsaugos produktų naudojimą, svarbu atlikti reguliarią techninę purkštuvų apžiūrą Europoje (Vanella et al., 2011). Pagal ISO standartą buvo priimti standartai dėl purškiamų lašelių dreifo matavimo metodų (ISO 228:2005) ir dreifo įtaką mažinančios purškimo įrangos klasifikavimo (ISO 22369-1:2006; ISO 22369-2:2010). Taip pat būtina atsižvelgti ir į aplinkos sąlygas planuojant purškimo darbus, kaip pavyzdžiui aukšta oro temperatūra (virš 30 ºC) ir maža

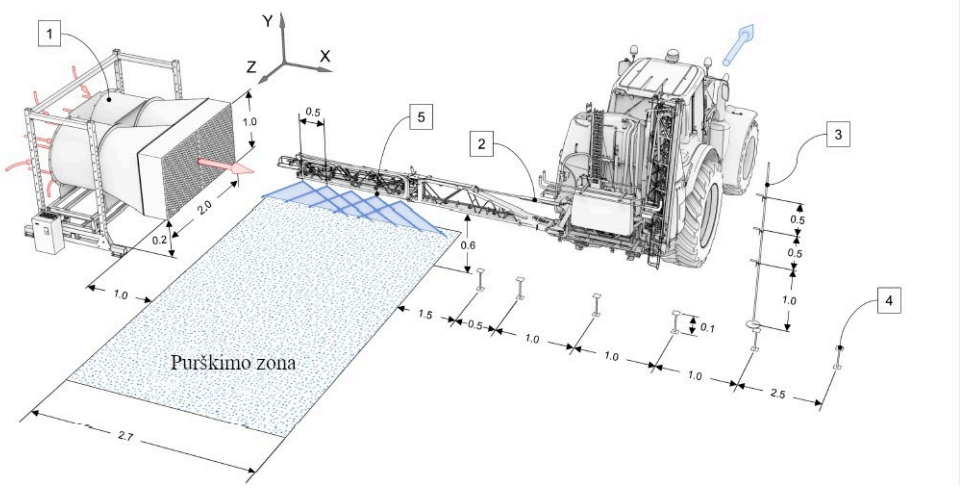
santykinė drėgmė (mažiau nei 60 %) prisideda prie lašelių garavimo ir jų skersmens mažėjimo, o dėl atsiradusio dreifo didėja jų nunešimas (Xue et al., 2021).

Purškiamų lašelių dreifą mažinantis priedas, pakeisdamas purškiamo tirpalo fizines ir chemines savybes, padeda susidaryti didesnio skersmens lašeliams, kurie yra mažiau veikiami dreifo (Katzman et al., 2021). Atlikus tyrimus su vandeniu buvo pastebėta, jog įmaišius šių priedų buvo išpurškiami stambesni ir vienodesnio skersmens lašeliai. Todėl yra teigiama, jog naudojant šias priemones lašelių dreifas gali sumažinti nuo 20 iki 50 % (Hofman, Solseng, 2001).

Tyrimų tikslas – ištirti purškiamų lašelių dreifą mažinančio priedo įtaką lauko purkštuvu išpurkšto skysčio lašelių nunešimui pavėjui (dreifui), priklausomai nuo šoninio vėjo greičio.

Tyrimų metodika

Siekiant ištirti purškiamų lašelių dreifą mažinančio priedo efektyvumą lauko sąlygomis, tyrimai buvo atliekami dienos metu nuo 10:00 iki 16:00 val. Oro temperatūra atliekant bandymus siekė 10 ± 2 ºC, o santykinis oro drėgnis – 75 ± 4 %. Tyrimuose naudotas stendas (1 pav.) buvo suprojektuotas ir pagamintas specialiai lauko tyrimams. Stendas susideda iš dviejų ašinių ventiliatorių ML 1004 DT, kurių dešimties plastikinių menčių sparnuočių skersmuo – 1000 mm, (Electrovent, Italija) ir elektros variklių 7SM3 160L4, (galia 15 kW, veleno sukimosi dažnis 1465 min^{-1}) (Smem Monza, Italija), dviejų deflektorių ir oro srauto lygintuvo (2 m pločio, 1 m aukščio, 0,25 ilgio). Oro srauto greitis keičiamas didinant arba mažinant ašinių ventiliatorių elektros variklių sūkių dažnį, naudojant tinklo įtampos dažnių keitiklius Delta VDF-C2000. Oro srauto greitis keičiamas nuo 2 m s^{-1} iki 10 m s^{-1}, kas 2 m s^{-1}.



1 pav. Lauko purkštuvų tyrimo stendas: 1 – du ašiniai ventiliatoriai su tinklo įtampos dažnio keitikliais ir 0,25 m ilgio oro srauto lygintuvu; 2 – purkštuvo sija; 3 – vertikalaus lašelių dreifo pasiskirstymo nustatymo strypas su vandeniui jautrių lapelių laikikliais; 4 – horizontalaus lašelių dreifo pasiskirstymo nustatymo stoveliai su vandeniui jautraus popieriaus laikikliais; 5 – purkštukai

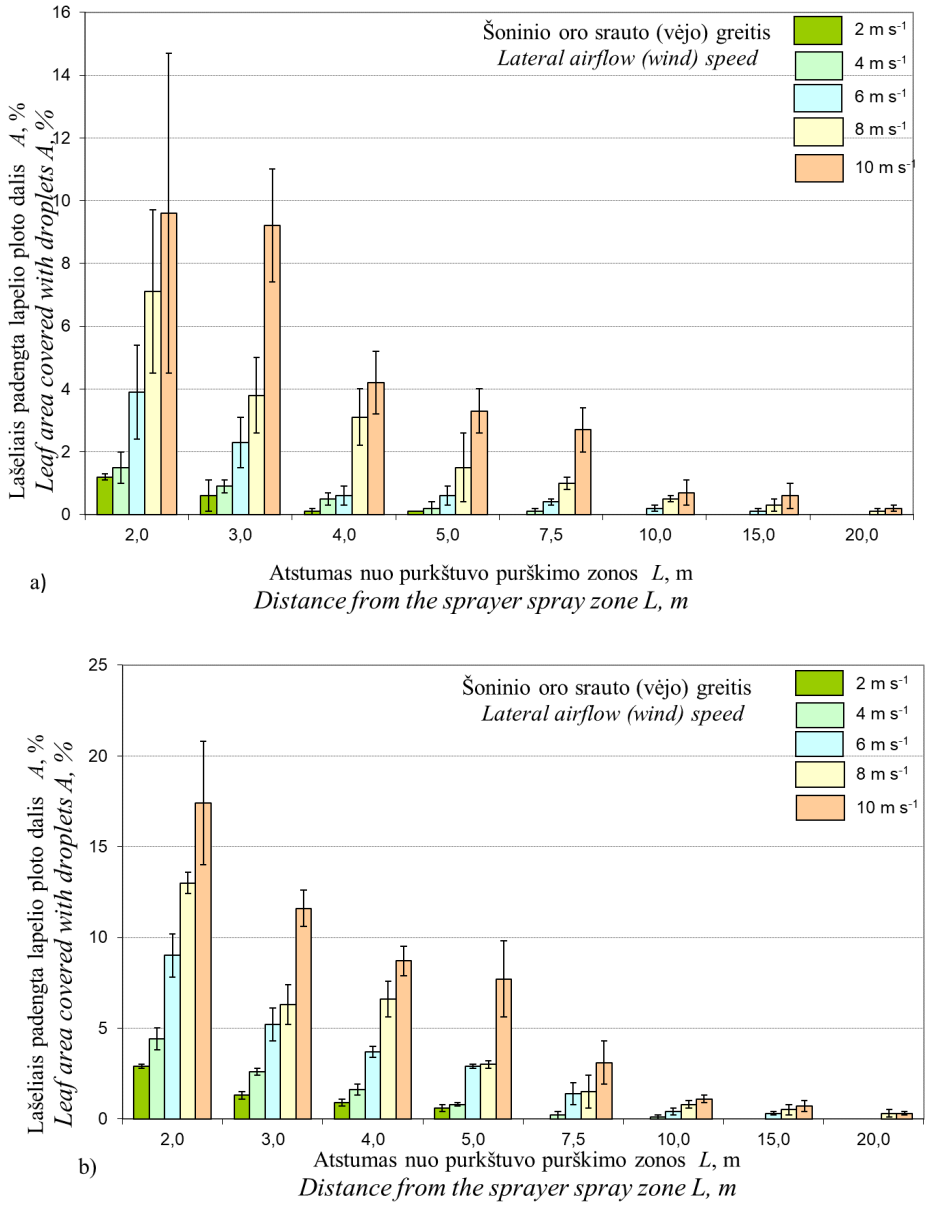
Fig. 1. *Outdoor sprayer test bench: 1 – two axial fans with voltage frequency converters and a 0.25 m air flow straightener; 2 – boom; 3 – rod for determining the distribution of vertical droplet drift with holders for water-sensitive papers; 4 – stands for determining the distribution of horizontal droplet drift with holders of water-sensitive paper; 5 – nozzles*

Tyrime buvo pasirinktas naudoti vienas naujai sukurtas purškiamų lašelių dreifą mažinantis priedas (benzeno sulfono rūgštis, kalcio druska 37 %, butanolis 15 %), o kaip kontrolė naudotas vanduo. Traktorinio purkštuvo talpa buvo užpildyta 0,1 % koncentracijos tirpalo. Horizontalia (*x* ašies) kryptimi lašelių nunešimui stebėti buvo sumontuoti stoveliai (4) su 10 cm aukštyje pritvirtintais jautriais vandeniui lapeliais (1 pav.). Stoveliai nuo purškimo zonos išdėstyti 2; 3; 4; 5; 7,5; 10; 15 ir 20 m atstumais (laikantis ISO 22866:2005 standarto reikalavimų). Atliekant purškimą, purkštuvo sija (2) nuo žemės paviršiaus buvo pakelta 0,5 m atstumu. Po kiekvieno bandymo skysčio lašeliais padengti lapeliai buvo surenkami, išdžiovinami, nuskenuojami ir analizuojami DepositScan kompiuterine programa. Analizės metu buvo vertinami lašelių skaičius (vnt. cm^{-2}) ir lašeliais padengtas lapelių plotas (%). Tyrimai pakartoti po tris kartus, apskaičiuoti aritmetiniai vidurkiai ir jų pasikliauties intervalai (95 % tikimybės). Lauko tyrimams naudotas pneumohidraulinis inžektorinis purkštukas Lechler IDK 120-04 (purškimo kampas – 120°, našumas –

1,82 l min^{-1}, purškimo slėgis – 4 bar). Atliekant tyrimą ant purškimo sijos buvo sumontuoti penki vienodi purkštukai, kurie purškimo metu sudarė 2,7 m pločio purškimo zoną. Traktoriaus važiavimo greitis purškimo metu buvo 5 km h^{-1}.

Rezultatai ir aptarimas

Sumontavus ant purkštuvo sijos inžektorinius purkštukus, buvo tiriamas purškiamų lašelių dreifą mažinantis preparatas. Pastebėta, jog padidinus šoninio oro srauto greitį nuo 2 m s^{-1} iki 10 m s^{-1}, 2 m atstumu nuo purškimo zonos esančio lapelio (1 cm^2 ploto) padengimas padidėjo nuo 1,2 ± 0,1 % iki 9,6 ± 5,1 % (2 pav.). Taip pat padidinus šoninio oro srauto greitį iki ribinio (4 m s^{-1}) galima pastebėti, kad lašelių ant lapelių galima aptikti už 7,5 m atstumo nuo purškimo zonos. Esant 2 m s^{-1} šoninio oro srauto greičiui, lašeliai nenunešami toliau kaip 5 m.

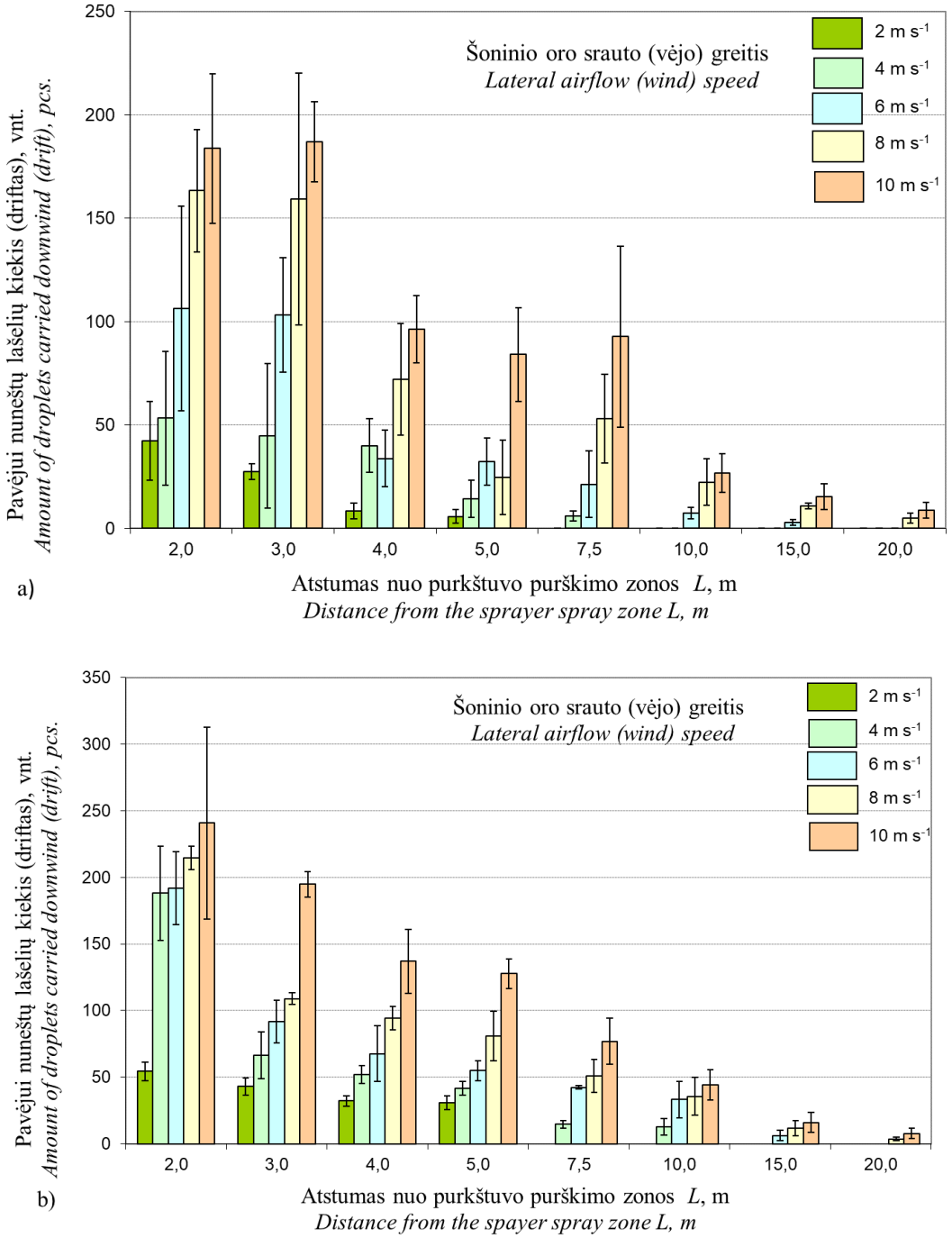


2 pav. Šoninio oro srauto greičio įtaka lapelių padengimui lašeliais (%), purškiant vandens ir lašelių dreifą mažinančio preparato tirpalą (0,1 % koncentracijos) (a) ir vandenį (b)

Fig. 2. *Effect of lateral airflow velocity on leaf droplet coverage (%) by spraying a solution of water and droplet drift reducing agent (0.1% concentration) (b) and water (b)*

Kaip kontrolės priemonę panaudojus vandenį ir atlikus purškimą tokiomis pačiomis sąlygomis pastebėta, jog lapelių padengimas 1 cm2 plote 2 m atstumu nuo purškimo zonos esant 2 m s^{-1} ir 10 m s^{-1} šoninio oro srauto greičiui padidėjo nuo 2,9 ± 0,1% iki 17,4 ± 3,4%.

Pagal lašelių skaičių ant kolektoriaus 1 cm2 plote, padidinus oro srauto greitį nuo 2 m s^{-1} iki 10 m s^{-1}, lašelių kiekis padidėjo nuo 42,3 ± 19,1 vnt. iki 183,7± 36,2 vnt. Tai apie 4,3 karto daugiau nunešamų lašelių (3 pav.). Purškimui naudojant vandenį pastebėta, jog nuo purškimo zonos ant 2 m atstumu esančio lapelio 1 cm^2 plote esant 2 m s^{-1} oro srauto greičiui galima aptikti 54,3 ± 7,2 vnt. lašelių, o purškimo metu esant 10 m s^{-1} oro srauto greičiui tuo pačiu atstumu nuo purškimo zonos lašelių skaičius 1 cm^2 plote padidėjo iki 240,7 ± 72,0 vnt.



3 pav. Šoninio oro srauto greičio įtaka pavėjui nunešamų lašelių kiekiui (vnt. cm^{-2}), purškiant vandens ir lašelių dreifą mažinančio preparato tirpalą (0,1 % koncentracijos) (a) ir vandenį (b)

Fig. 3 *Influence of lateral airflow velocity on the number of droplets carried downwind (units cm^{-2}) by spraying a solution of water and a droplet drift reducing agent (0.1% concentration) (b) and water (b)*

Išvados

1. Panaudojus purškiamų lašelių dreifą mažinantį priedą pastebėtas ženklus lašelių dreifo sumažėjimas, lyginant su vandeniu. Tuomet esant 2 m s^{-1} oro srauto greičiui, 2 m atstumu nuo purškimo zonos lapelių (1 cm^2) plote padengimas sumažėjo nuo 2,9 ± 0,1% iki 1,2 ± 0,1%, o esant 10 m s^{-1} oro srauto greičiui padengiamas plotas sumažėjo nuo 17,4 ± 3,4% iki 9,6 ± 5,1%.
2. Purškimo metu naudojant purškiamų lašelių dreifą mažinantį priedą, kai oro srauto greitis 2 m s^{-1}, lašelių skaičius 2 m atstumu 1 cm^2 plote sumažėjo neženkliai nuo 54,3 ± 7,2 vnt. iki 42,3 ± 19,1 vnt., tačiau to pačio ploto padengimas sumažėjo dvigubai.
3. Nustatyta, kad didžiausią poveikį purkštuvais išpurškiamų lašelių dreifui turi vėjo greitis. Išpurkštų vandens lašelių srautą veikiant 2 m s^{-1} greičio šoniniu oro srautu, 2 m atstumu nuo purkštuvo purškimo zonos, lašelių dreifas buvo 6 kartus mažesnis nei pučiant 10 m s^{-1} greičio oro srautui. Purškiant cheminio priedo (0,1% koncentracijos) tirpalą, šoninio oro srauto greitį padidinus nuo 2 m s^{-1} iki 10 m s^{-1}, lašelių dreifas sumažėjo 8 kartus.

Literatūra

1. Al Heidary M.; Douzals, J.P.; Sinfort, C.; Vallet, A. (2014). Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers: A literature review. Crop. Prot., 63, 120–130.
2. Balsari, P.; Gil, E.; Marucco, P.; Van de Zande, J.C.; Nuyttens, D.; Herbst, A.; Gallart, M. (2017). Field-crop-sprayer potential drift measured using test bench: Effects of boom height and nozzle type. Biosyst. Eng., 154, 3–13.
3. Grella, M.; Marucco, P.; Balafoutis, A.T.; Balsari, P. (2020). Spray drift generated in vineyard during under-row weed control and suckering: Evaluation of direct and indirect drift-reducing techniques. Sustainability, 12, 5068.
4. Hassaan, M.A.; El Nemr A. (2020). Pesticide pollutions: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. Egyptian Journal of Aquatic Research, 46, 207–220.
5. He, Y.; Wu, J.; Fu, H.; Sun, Z.; Fang, H.; Wang, W. (2022). Quantitative analysis of droplet size distribution in plant protection spray based on machine learning method. Water, 14, 175.
6. Hofman, V.; Solseng, E. (2001). Reducing Spray Drift; North Dakota State University: Fargo, ND, USA.
7. Jomantas, T.; Lekavičienė, K.; Steponavičius, D.; Andriušis, A.; Zaleckas, E.; Zinkevičius, R.; Popescu, C.V.; Salcenu, C.; Ignatavičius, J.; Kemzūraitė, A. (2023). The Influence of Newly Developed Spray Drift Reduction Agents on Drifts Mitigations by Means of Wind Tunnel and Field Evaluation Methods. Agriculture, 13, 349.
8. Katzman, D.; Bohbot-Raviv, Y.; Dubowski, Y. (2021). Does polyacrylamide-based adjuvant actually reduce primary drift of airborne pesticides. Sci. Total Environ., 775, 145816.
9. Kluza, P.A.; Kuna-Broniowska, I.; Parafiniuk, S. (2019). Modeling and prediction of the uniformity of spray liquid coverage from flat fan spray nozzles. Sustainability, 11, 6716.
10. Makhnenko, I.; Alonzi, E.R.; Fredericks, S.A.; Colby, C.M.; Dutcher, C.S. (2021). A review of liquid sheet breakup: Perspectives from agricultural sprays. J. Aerosol Sci., 157, 105805.
11. Preftakes, J.C.; Schleter, J.J.; Kruger, G.R.; Weaver, D.K.; Peterson, K.D. (2019). Effect of insecticide formulation and adjuvant combination on agricultural spray drift. PeerJ, 7, 7136.
12. Roten, R.L.; Post, S.L.; Werner, A.; Hewitt, A.J.; Safa, M. (2016). Volumetric validation of mass balance using a computational phase Doppler approach for disc core nozzles. Crop. Prot., 79, 128–134.
13. Vanella, G.; Salyani, M.; Balsari, P. (2011). Effect of the nozzle adaptor of sprayer calibrator on flow rate measurements. Crop. Prot., 30, 1043–1047.
14. Wolejko, E.; Jablonska-Trypuc, A.; Wydro, U.; Butarewicz, A. (2020). Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides – A review. Applied Soil Ecology, 147, 103356.
15. Xue, S.; Xi, X.; Lan, Z.; Wen, R.; Ma, X. (2021). Longitudinal drift behaviours and spatial transport efficiency for spraying pesticide droplets. Int. J. Heat Mass Transf., 177, 121516.

Padėka: Straipsnis parengtas įgyvendinant projektą ES EUREKA: Nr. 01.2.2-MITA-K-702-10-0001 „Preparatų, skirtų augalų apsaugos produktų nunešimui pavėjui mažinti, tyrimai ir naujos formuliacijos vystymas“ (angl. *Anti-drift agent's research and new formulation development*) pagal priemonę Nr. 01.2.2- MITA-K-702 „MTEP rezultatų komercinimo ir tarptautiškumo skatinimas“.

Jonas Balčiūnas, Tadas Jomantas, Kristina Lekavičienė, Dainius Steponavičius

Influence of Chemical Additives on Spray Drift of Solution Sprayed by a Tractor-Type Field Sprayer

Spraying is one of the most important technological operations in crop production. Accurate spraying of plants with a variety of pesticides, growth regulators and liquid fertilisers ensures higher and better quality yields. One of the biggest problems in spraying is spray drift, i.e. droplets being carried by the wind outside the spray zone. In 2022, studies on the effect of wind speed on spray drift were carried out using a spray drift test stand and a tractor-mounted field sprayer. Spraying was carried out with injector nozzles (spray angle 120°, flow rate 1.82 l min^{-1}, spray pressure 4 bar). The effectiveness of the additive reducing the drift of spray droplets has been investigated as a function of lateral wind speed. It was found that the wind velocity has the greatest effect on the drift of droplets sprayed by the nozzles. When the sprayed water droplets were exposed to a lateral wind flow of 2 m s^{-1} at a distance of 2 m from the spray zone, the droplet drift was 6 times lower than when the wind was blowing at a speed of 10 m s^{-1}. When spraying a solution of a chemical additive (0.1 % conc.), the spray drift was reduced 8 times by increasing the lateral air velocity from 2 m s^{-1} to 10 m s^{-1}.

Spraying, spray drift, nozzles, wind velocity, droplet drift reducing additive.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Jonas BALČIŪNAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r., +370 630 86542, el. paštas: jonas.balciunas2@vdu.lt
Jonas BALČIŪNAS. 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. +370 630 86542, jonas.balciunas2@vdu.lt
Tadas JOMANTAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros technologijos mokslų doktorantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r., +370 657 54119, el. paštas: tadas.jomantas@vdu.lt
Tadas JOMANTAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, PhD of technological sciences. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas r. Tel. +37063086542, tadas.jomantas@vdu.lt
Kristina LEKAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r., +37067305748, el. paštas: kristina.lekaviciene@vdu.lt
Kristina LEKAVIČIENĖ. 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. +370 673 05748, kristina.lekaviciene@vdu.lt
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

ŽIEMINIŲ RAPSŲ PURŠKIMO TYRIMAI, PANAUDOJANT SPECIALIĄ ĮRANGĄ, SKIRTĄ PURKŠTI PO LAPAIS

Greta Šinkūnaitė, Remigijus Zinkevičius

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 specialūs įtaisai.

Straipsnyje pateikiami žieminių rapsų purškimo tyrimų rezultatai, panaudojant specialią įrangą, skirtą purkšti po kultūrinių augalų lapais. Nustatyta, kad, naudojant specialią įrangą, skirtą purkšti po kultūrinių augalų lapais, pasiekiamas geresnis sunkiai prieinamų vietų (apatinės lapų pusės, arčiau dirvos paviršiaus esančios stiebo dalys) padengimas. Naudojant specialią įrangą, skirtą purkšti po kultūrinių augalų lapais, apatinėje žieminių rapsų dalyje pesticidų lašeliais padengtas plotas buvo 25,9 proc., o vidurinėje dalyje – nuo 4,4 proc. iki 35,0 proc. didesnis, negu kontrolėje (įprastas purškimas). Viršutinėje žieminių rapsų dalyje, naudojant specialią įrangą, skirtą purkšti po kultūrinių augalų lapais, pesticidų lašeliais padengtas plotas buvo net devynis kartus mažesnis, negu kontrolėje (įprastas purškimas).

Purškimas, padengimas, speciali įranga 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.

Firmos „Lechler“ sukurti įtaisai Dropleg^{UL} pesticidams po kultūrinių augalų lapais išpurkšti gali laisvai švytuoti skersai augalų eilių, tačiau purškimo agregato važiavimo kryptimi jie yra stabilūs. Šie įtaisai yra tvirti, lankstūs ir lengvi, nes sveria tik apie 400 g. Prie purkštuvo sijos įtaisai tvirtinami universalia montavimo plokštele. 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.

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.

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 purkštuvas Hardi Twin.

Heinkel ir kiti tyrėjai, apskritai, pozityviai vertina įtaisų Dropleg naudojimą purškiant fungicidus vėlesniuose rapsų augimo tarpsniuose.

Haberlah-Korr ir kitų tyrimai rodo, kad, fungicidams išpurkšti naudojant Dropleg įtaisus, ženkliai sumažėja bičių kontaktai su augalų apsaugos produktais.

Dicke ir Göge tyrimai rodo, naudojant Dropleg įtaisus su specialiuose laikikliuose įtvirtintais dviem deflektoriniais purkštukais, ženkliai sumažėja augalų apsaugos produktų likučiai bičių lizduose.

Hausmann ir kitų tyrimai rodo, kad naudojant specialią įrangą Dropleg yra sumažinamas nepageidaujamas šalutinis poveikis rapsų apdulkintojams vabzdžiams, sumažėja pesticidų likučių kiekis purškiamų augalų žiedadulkėse ir nektare, o šiuo būdu paskleisti fungicidai veikia panašiai kaip ir išpurkšti įprastai.

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 apatinė pusė 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 purkštuvas su inžektoriniais pneumohidrauliniais 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. Neuhoff, 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 prieštaringi.

R. Zinkevičiaus ir P. Šniaukos tyrimai rodo, kad, ankstyvuose 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 ± 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 ± 39,1 proc. Atitinkamai kontroliniame variante biologiniu preparatu buvo padengiama tik 0,1 ± 0,1 proc. viršutinių lapų apatinės dalies ploto, o naudojant įtaisus Dropleg^{UL} ir tris purkštukus – 1,5 ± 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 ± 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 ± 2,45 proc. Kontroliniame variante biologiniu preparatu buvo padengiama 7,8 ± 5,9 proc. bulvių stiebų ploto, naudojant įtaisus Dropleg^{UL} ir tris purkštukus – tik 3,6 ± 2,3 proc. Kontroliniame variante daug geriau buvo padengiama viršutinių lapų išorinė dalis (atitinkamai 75,2 ± 5,3 proc. ir 11,6 ± 5,5 proc.).

Tyrimų tikslas ir objektas – ištirti žieminių rapsų padengimo kokybę, naudojant įvairią pesticidų išpurškimo techniką ir gautus rezultatus palyginti su kontrole (įprastu purškimu).

Tyrimų metodika

Tyrimai buvo vykdomi 2022 m. birželio mėnesį Anykščių rajone, Gintaro Šinkūno ūkyje, INV1024 veislės žieminių rapsų pasėlyje. Pesticidams išpurkšti buvo naudotas prikabinamas hidraulinis lauko purkštuvas Kverneland Rau Ikarus S38 (1 pav.) su universaliais plyšiniais plokščiasraučiais purkštukais Hardi ISO F-04-110 (kontrolė) ir dviem įtaisais Lechler Dropleg^{UL}, kuriuose, panaudojant laikiklius TwinSpayCap, buvo montuojama po du deflektorinius purkštukus Lechler FT-90-02.

1 pav. Tyrimuose naudotas pesticidų purškimo agregatas žieminių rapsų pasėlyje

Fig. 1 *Pesticide spraying unit used in trials in a winter oilseed rape crop*

Esant 4 bar darbiniam slėgiui per universalius plyšinius plokščiasraučius purkštukus Hardi ISO F-04-110 (kontrolė) ir du deflektorinius purkštukus Lechler FT-90-02 per minutę buvo išpurškiamas vienodas (1,82 l) skysčio kiekis. Agregatui važiuojant 10 km/h greičiu, buvo išpurškiama 200 l/ha skysčio.

Žieminių rapsų padengimo kokybei nustatyti buvo naudojami specialūs vandeniui jautraus popieriaus lapeliai. Jie ant žieminių rapsų buvo pritvirtinti penkiose skirtingose vietose: augalo apačioje, vidurinėje dalyje kairėje, viduryje ir dešinėje bei viršuje. Purkštuvo sija buvo nustatyta tokiame aukštyje, kad atstumas nuo universalių plyšinių plokščiasraučių purkštukų Hardi ISO F-04-110 iki žieminių rapsų viršutinės dalies būtų 50 cm, o įtaisai Lechler Dropleg^{UL} įsiskverbtų į pasėlį tiek, kad atstumas nuo laikikliuose TwinSprayCap sumontuotų deflektorinių Lechler FT-90-02 iki dirvos paviršiaus būtų apie 44 cm. Vėjo greitis bandymų metu buvo 0,9 m/s, o oro temperatūra 19,6 °C.

Pesticidų lašeliais padengtas plotas buvo nustatomas naudojant rastrinių vaizdų apdorojimo kompiuterinę programą DepositScan. Vieno kvadratinio centimetro plotelyje buvo išskiriamas mėlyna spalva nuo nusėdusių pesticidų lašelių nusidažęs plotas procentais.

Rezultatai ir aptarimas

Augalų apsaugos produktų išpurškimo kokybė priklauso nuo daugybės veiksnių. Tai yra purkštuvo techniniai reguliavimai, lašelių susidarymas ir judėjimas, augalų apsaugos produkto ir tirpalo (produktas + vanduo) fizinės ir cheminės savybės, apipurškiamas augalas ir klimatinės sąlygos.

Siekiant užtikrinti pakankamą augalų apsaugos produkto biologinį veiksmingumą, ant 1 cm^2 apipurškiamo paviršiaus tolygiai turi nusėsti bent 30–50 lašelių. Kai kurių augalų apsaugos produktų atveju viename kvadratiniame centimetre turi būti net 100–200 lašelių. Didesnis lašelių tankis rekomenduojamas purškiant fungicidus ir visus kontaktinius pesticidus. Kontaktinius augalų apsaugos produktus reikia paskleisti galimai tolygiau. Sisteminiams ir dalinai sisteminiams preparatams yra svarbu patekti ant augalo, nes po to jie pasklinda jame.

Pasirenkant skysčio išpurškimo normą ir siekiant pasiekti atitinkamą apipurškiamų paviršių padengimo laipsnį, būtina įvertinti augalų vystymosi tarpsnį arba biomasės kiekį bei atsirandančius nuostolius dėl išpurkšto skysčio lašelių dreifo ir nuriedėjimo nuo apipurškiamų paviršių.

Mūsų tyrimai rodo, kad, palyginti su kontrole, kurioje pesticidai buvo purškiami įprastu būdu, naudojant Lechler Dropleg^{UL} įtaisus, ant apatinės žieminių rapsų dalies nusėdo 25,9 proc. daugiau pesticidų lašelių (2 pav.). Tačiau statistiškai patikimo esminio skirtumo tarp bandymo variantų nebuvo. Apskritai, bandymų variante, kuriame buvo naudojami Lechler Dropleg^{UL} įtaisai, fungicidų lašeliais padengtas plotas sudarė tik 2,67±0,68 proc., o kontrolėje – 2,12±0,32 proc.

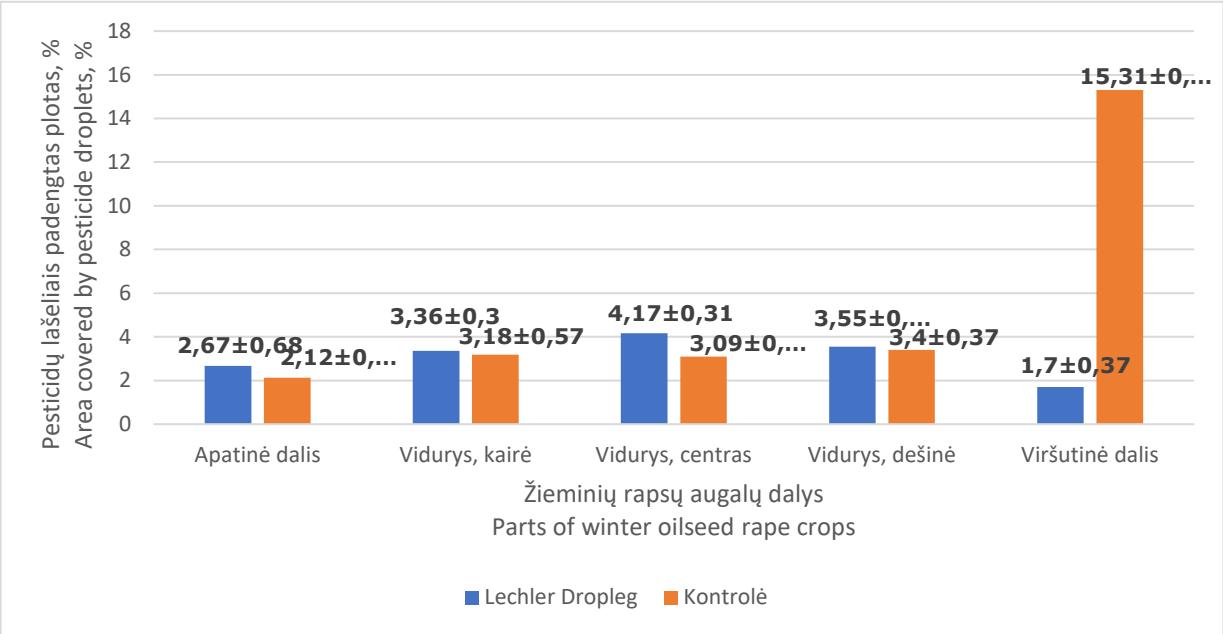
Geras žieminių rapsų apatinės dalies padengimas fungicidų lašeliais yra labai aktualus, nes būtent čia pradeda plisti juodoji demėtligė. Šia grybine liga užsikrečia visos antžeminės augalo dalys – lapai, stiebai, ankštaros ir sėklos. Pirmiausia juodoji dėmėtligė išplinta ant lapų – susidaro įvairaus dydžio ir spalvos dėmės, dažniausiai pilkos arba pilkos su tamsiu apvadu, arba juodos. Liga pradeda plisti ant senstančių, apatinio ardo lapų, vėliau kyla aukštyn ant vidurio ir viršutinio ardo lapų bei ankštarų.

Mūsų tyrimai rodo, kad žieminių rapsų vidurinėje dalyje (apie 44 cm nuo dirvos paviršiaus), naudojant Lechler Dropleg^{UL} įtaisus taip pat nusėdo daugiau pesticidų lašelių, o fungicidais padengtas plotas buvo kiek didesnis (2 pav.). Purškiant su Lehler Dropleg^{UL} įtaisais žieminių rapsų vidurinės dalies kairėje pusėje fungicidų lašelių nusėdo 5,7 proc. daugiau, negu kontrolėje, kurioje buvo purškiama universaliais plyšiniais plokščiasraučiais purkštukais. Tačiau skirtumas tarp bandymo variantų nėra esminis. Bandymų variante, kuriame buvo naudojami Lechler Dropleg^{UL} įtaisai, fungicidų lašeliais padengtas plotas sudarė 3,36±0,3 proc., o kontrolėje – 3,18±0,57 proc.

Pastebėjome, kad žieminių rapsų vidurinės dalies centre skirtumai tarp bandymo variantų yra ženkliai didesni (2 pav.). Naudojant Lechler Dropleg^{UL} įtaisus, čia nusėdo net 35,0 proc. fungicidų lašelių daugiau, negu kontrolėje. Tai yra esminis skirtumas tarp bandymo variantų. Bandymų variante, kuriame buvo naudojami Lechler Dropleg^{UL} įtaisai, fungicidų lašeliais padengtas plotas sudarė net 4,17±0,31 proc., o kontrolėje – 3,09±0,37 proc.

Žieminių rapsų vidurinės dalies dešinėje pusėje skirtumas tarp bandymų variantų buvo panašus kaip ir kairėje. Purškiant su Lechler Dropleg^{UL} įtaisais čia fungicide lašelių nusėdo tik 4,4 proc. daugiau, negu kontrolėje. Skirtumas tarp bandymo variantų nėra esminis.

Didžiausius padengimo skirtumus nustatėme žieminių rapsų viršutinėje dalyje (2 pav.). Kontrolėje, kurioje buvo purškiama universaliais plyšiniais plokščiasraučiais purkštukais, žieminių rapsų viršutinėje dalyje nusėdo net devynis kartus daugiau fungicidų lašelių, negu variante, kuriame buvo naudojami Lechler Dropleg^{UL} įtaisai. Tai yra statistiškai patikimas esminis skirtumas tarp bandymo variantų. Apskritai, bandymų variante, kuriame buvo naudojami Lechler Dropleg^{UL} įtaisai, fungicidų lašeliais padengtas plotas sudarė tik 1,7±0,37 proc., o kontrolėje – net 15,31±0,69 proc. Panašius viršutinių bulvių lapų padengimo biologiniais preparatais rezultatus yra gavę ir kiti mokslininkai (Zinkevičius ir Šniauka, 2015).



2 pav. Rapsų vidurinės dalies kairės pusės padengimas pesticidų lašeliais

Fig. 2 *Coating the left side of the middle part of the canola with pesticide droplets*

Apibendrinant atliktų tyrimų rezultatus galima teigti, kad, naudojant Lechler DroplegUL įtaisus pesticidams išpurkšti vėlesniuose žieminių rapsų augimo tarpsniuose, ženkliai mažiau lašelių nusėda viršutinėje augalų dalyje. Tokiu būdu sumažinamas šalutinis poveikis bitėms. Palyginti su kontroliniu variantu, kuriame buvo purškiama universaliais plyšiniais plokščiasraučiais purkštukais, esminis žieminių rapsų padengimo skirtumas nustatytas tik viršutinėje dalyje ir vidurinės dalies centre.

Išvados

1. Nustatyta, kad, naudojant specialią įrangą, skirtą purkšti po kultūrinių augalų lapais, apatinėje žieminių rapsų dalyje pesticidų lašeliais padengtas plotas buvo 25,9 proc., o vidurinėje dalyje – nuo 4,4 proc. iki 35,0 proc. didesnis, negu kontrolėje (įprastas purškimas).
2. Viršutinėje žieminių rapsų dalyje, naudojant specialią įrangą, skirtą purkšti po kultūrinių augalų lapais, pesticidų lašeliais padengtas plotas buvo net devynis kartus mažesnis, negu kontrolėje (įprastas purškimas).

Literatūra

1. Dicke, D., Göge F. (2018). Bekämpfung von Sklerotinia sklerotiorum in Winterraps mit Droplegdüsen. In: 61. Deutsche Pflanzenschutztagung : Herausforderung Pflanzenschutz – Wege in die Zukunft ; 11. – 14. September 2018, Universität Hohenheim -Kurzfassungen der Vorträge und Poster-. Braunschweig: Julius Kühn-Institut. S. 215–216.
2. Haberlah-Korr, V. et al. (2018). Ist die Dropleg-Düse eine Alternative bei der Blütenspritzung in Raps? Feldversuche zur Wirksamkeit gegen Sklerotinia. In: 61. Deutsche Pflanzenschutztagung : Herausforderung Pflanzenschutz – Wege in die Zukunft ; 11. – 14. September 2018, Universität Hohenheim -Kurzfassungen der Vorträge und Poster-. Braunschweig: Julius Kühn-Institut. S. 214–215.
3. Hausmann, J. et al. (2018): Wirksamkeit der Insektizid Applikation zur Vollblüte im Raps mit Dropleg-Technik und Auswirkungen auf Schotenschädlinge und Parasitoide. In: 61. Deutsche

Pflanzenschutztagung : Herausforderung Pflanzenschutz – Wege in die Zukunft ; 11. – 14. September 2018, Universität Hohenheim -Kurzfassungen der Vorträge und Poster-. Braunschweig: Julius Kühn-Institut. S. 216–217.
4. Heinkel, R., Wallner, K., Morhard, J. (2014). Neue Ansätze zur Rapsblütenbahandlung mit dem DroplegUL. Raps, Heft 1, S. 27-29.
5. Irla, E.; Anken, T.; Krebs, H. (2000). Application technique for phytophtora 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.
6. 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.
7. Neuhoff, D., Klinkenberg, H.-J., Köpke, U. Kartoffeln im Organischen Landau: Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (Phytophtora infestans (Mont.) De Bary). Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, 2002, Nr. 89, 76 S.
8. Šniauka, P., Zinkevičius, R. (2015). Investigations of Applying Biological Product biokal1 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.
9. Zinkevičius, R. *Purškimo teorija ir praktika.* Akademija (Kauno r.), 2011. 152 p.

Greta Šinkūnaitė, Remigijus Zinkevičius

Spray Trials On Winter Oilseed Rape Using Special Equipment for Foliar Spraying

Special devices are available for the economical and uniform application of insecticides and fungicides on the underside of leaves or for the application of soil herbicides and liquid mineral fertilisers under the leaves of crops.

This paper presents the results of a study on the spraying of winter oilseed rape using special equipment for under-leaf spraying. It has been found that the use of special equipment for spraying under the leaves of cultivated plants results in better coverage of hard-to-reach areas (underside of leaves, stem parts closer to the soil surface). The use of the special equipment for spraying underneath the leaves of the crop resulted in a 25,9 % higher pesticide droplet coverage in the lower part of the winter oilseed rape and a 4,4 to 35,0 % higher coverage in the middle part compared to the control (normal spraying). In the upper part of winter oilseed rape, the area covered by pesticide droplets was as much as nine times lower than in the control (normal spraying), using special equipment for spraying under the leaves of the crop.

Spraying, coating, special equipment for under-leaf spraying, pesticides.

Gauta 2023 m. vasario mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Greta ŠINKŪNAITĖ. 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 (+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: Studentu 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. (+370 37) 75 23 57, e-mail: gretasinkunaite0105@gmail.com
Remigijus ZINKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas, technikos mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 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: Studentu 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas distr. (+370 37) 75 23 57, e-mail: Remigijus.Zinkevicius@vdu.lt

MINERALINIŲ TRĄŠŲ PRECIZINIO PASKLEIDIMO TYRIMAS

Aura Kairytė, Kristina Lekavičienė, Eglė Jotautienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Šiame straipsnyje pateikiami granuliuotų mineralinių trąšų precizinio paskleidimo išcentrine trąšų barstomąja tyrimų rezultatai. Tyrimai atlikti remiantis LST EN 13739 – 2 : 2012 (EN 13739 – 2 : 2011 (E)) bei ASAE S314.2 (ASAE, 2018) standartais. Trąšų barstomosios techniniai parametrai buvo suderinti su važiavimo greičiu ir nustatytas barstymo darbinis plotis. Barstymo greičiai buvo pasirinkti 9 km/h bei 14 km/h. Išbyrėjimo angos dydis buvo keičiamas pagal lauko tręšimo žemėlapį. Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad barstant trąšas 100 kg/ha, 120 kg/ha normomis ir važiuojant 9 km/h bei 14 km/h greičiais, didesnis kiekis granuliuotų mineralinių trąšų išbyra barstymo darbinio pločio vidurinėje dalyje. Kai trąšų norma 80 kg/ha, važiuojant didesniu greičiu trąšos labiau pasiskleidžiamos barstymo darbinio pločio dešinėje dalyje. Barstant 120 kg/ha trąšų normą, esant 14 km/h važiavimo greičiui, trąšos paskleidžiamos plačiau nei nustatytas barstymo zonos plotis (18 m).

Mineralinės trąšos, išcentrinė barstomoji, precizinis paskleidimas, tręšimo norma.

Įvadas

Didinant žemės ūkio augalų derlingumą ir dirvos našumą, svarbus vaidmuo agrotechnikos priemonių sistemoje tenka tręšimui (Krištaponytė, 2002). Tręšimas greta kitų agrotechnikos priemonių – sėjomainos, žemės dirbimo, sėjos, pasėlių priežiūros ir kt. – laikomas veiksmingiausia augalų derlingumo, derliaus kokybės gerinimo priemone (Augalininkystės pagrindai, 2018). Optimali tręšimo sistema yra tokia, kuri aprūpina augalus pagrindinėmis maisto medžiagomis visais jų augimo tarpsniais ir palaiko stabilų dirvožemio derlingumą. Dažnai maisto medžiagų prarandama dėl netinkamo tręšimo būdo ir laiko, dėl netinkamo trąšų naudojimo, jų pasiskirstymo (Krištaponytė, 2002).

Dėl geresnio trąšų pasiskirstymo ir greitesnio augalų įsisavinimo trąšomis rekomenduojama naudoti skystas trąšas, tačiau nerekomenduojama tręšti skystomis trąšomis augalų dygimo metu, nes didelės druskų koncentracijos gali neigiamai paveikti pasėlio tankumą (Šiuliauskas ir kt., 2002; Zaleckienė, 2007). Be to, skystos trąšos turi nemažai kitų trūkumų, kurių neturi granuliuotos trąšos, tokių kaip didelis svoris, dėl kurio purškiant trąšas dirvoje paliekami gilūs įspaudai, nukenčia pasėliai; sudėtingesnis trąšų sandėliavimas, nes reikalingos specialios talpyklos su siurbliais; taip pat atsiranda korozija metalinėse purkštukų dalyse, be to, purkštukų užšalimas, purškiant esant nulinei ar minusinei temperatūrai. Dėl tręšimo skystomis trąšomis trūkumų dažnai ūkininkai renkasi granuliuotas trąšas (Grygelaitis, 2015). Todėl, dėl granuliuotų mineralinių trąšų paklausos svarbu ieškoti kuo efektyvesnio trąšų paskleidimo, siekiant pagerinti jų pasiskirstymą, sumažinti praradimą.

Nepriklausomai nuo ūkininkavimo sistemos (intensyvioji, tausojamoji ar ekologinė) ir augalų mitybos išteklių (organinių, mineralinių trąšų) labai svarbu numatyti trąšų naudojimo būdus ūkiniu organizaciniu, ekonominiu ir gamtosaugos požiūriais. Tręšimo planas – tai visuma augalų mitybą reguliuojančių priemonių planuojamam derliui išauginti. Svarbiausi tręšimo planavimo uždaviniai yra išauginti planuojamo dydžio ir geros kokybės derlių naudojant mažiausiai trąšų, išsaugant dirvožemio derlingumą ir tausojant aplinką nuo taršos cheminėmis medžiagomis. Saikingai ir taupiai naudojant mineralines trąšas jų poveikis būna veiksmingesnis, mažesnė derliaus savikaina ir nekyla pavojus aplinkai (Mikučionienė ir Živatkauskienė, 2018).

Tręšimo planavimas priklauso ne tik nuo žemės ūkio augalų, tačiau svarbu ir dirvožemio savybės bei jame esantis maisto medžiagų kiekis, be to, svarbu nepažeisti gamtosauginių reikalavimų, taip pat mažinti tręšimo išlaidas. Tręšimo sistema sudaroma atsižvelgiant į priešsėlį, ilgalaikį trąšų veikimą, numatomus auginti augalus, dirvožemio savybes. Tręšimo planai sudaromi metams laiko, nes svarbu atsižvelgti į meteorologines sąlygas, turimų trąšų išteklius, dirvožemio agrocheminius tyrimus („Aplinkosauga ir...“, 2009).

Tyrimo tikslas: ištirti precizinio tręšimo technologinių parametrų įtaką granuliuotų mineralinių trąšų paskleidimo efektyvumui.

Tyrimų metodika

Mineralinių granuliuotų trąšų paskleidimo skersinio tolygumo tyrimas buvo atliekamas E. Akranglio ūkio 20 ha lauke. Barstymo darbinis plotis lygus, be pastebimo nuolydžio, galinčio turėti įtakos važiavimo greičio ar byrėjimo kampo pokyčiams. Trąšų paskleidimo tyrimai atliekami pagal standartą LST EN 13739 – 2 : 2012 (EN 13739 – 2 : 2011 (E)) bei ASAE S314.2 (ASAE, 2018). Tyrimo metu vėjo greitis buvo 2–4 m/s.

Mineralinės granuliuotos amonio sulfato trąšos (bendras azoto kiekis 21%, amoniakinis azotas (NH_4-N) 21 %, siera (S) 24 %), kurių dydis 1–6 mm, buvo barstomos su išcentrine dvidiske mineralinių trąšų barstomąja RAUCH AXIS firmos, kurios modelis 30.2 EMC (+W) (1 pav.). Išbyrėjimo angos dydis buvo keičiamas pagal lauko tręšimo žemėlapį. Išbertas trąšų kiekis 80 kg/ha, 100 kg/ha ir 120 kg/ha. Barstomosios važiavimo greitis – 9 ir 14 km/h. Barstoma kultūra – žieminiai kviečiai, o barstymo plotis – 18 metrų.

1 pav. Išcentrinė dvidiskė trąšų barstomoji RAUCH AXIS 30.2 EMC (+W)
Fig. 1. *Centrifugal double disc fertilizer spreader RAUCH AXIS 30.2 EMC (+W)(Ivabaltė)*

Barstytuvo techninė charakteristika:

- Konteinerio tūris: 3200 l;
- Talpyklos dydis: 240×130 cm;
- Darbinis plotis: 12–42 m;
- Yra likučių skalė ir kintamos normos valdymo galimybė.

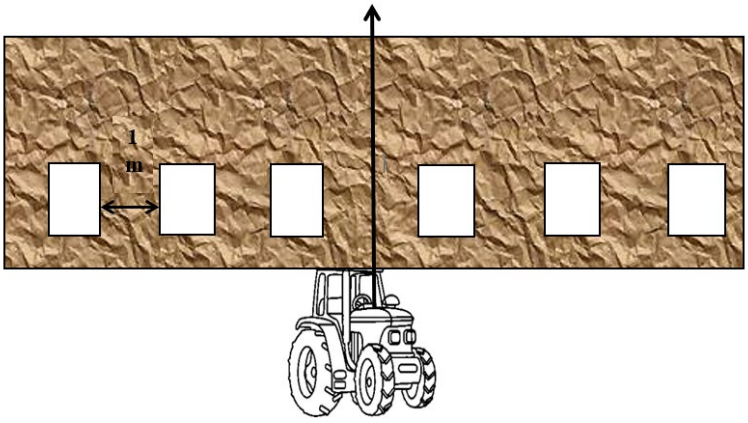
Valdymui naudojamas QUANTRON A ir E2 valdymo kompiuteris su GPS (2 pav.). Kompiuteryje galima stebėti visą darbinę informaciją.

2 pav. QUANTRON A ir E2 valdymo kompiuteris su GPS
Fig. 2 *QUANTRON A and E2 control computer with GPS (Ivabaltė)*

Išberiamos trąšų granulės surenkamos į 0,50×0,40×0,10m dėžutes (3 pav.) su kartoninėmis pertvarėlėmis. 11 dėžučių išdėstomos lauke į vieną liniją, 1,5 m atstumu, kuri yra statmena traktoriaus važiavimo krypčiai (4 pav.). Kiekvienoje dėžutėje susikaupęs trąšų kiekis sveriamas elektroninėmis svarstyklėmis 0,01 g tikslumu. Tyrimai vykdomi atliekant tris pakartojimus.

3 pav. Bandymo metu naudojamos dėžutės

Fig. 3 *Boxes are used during testing*

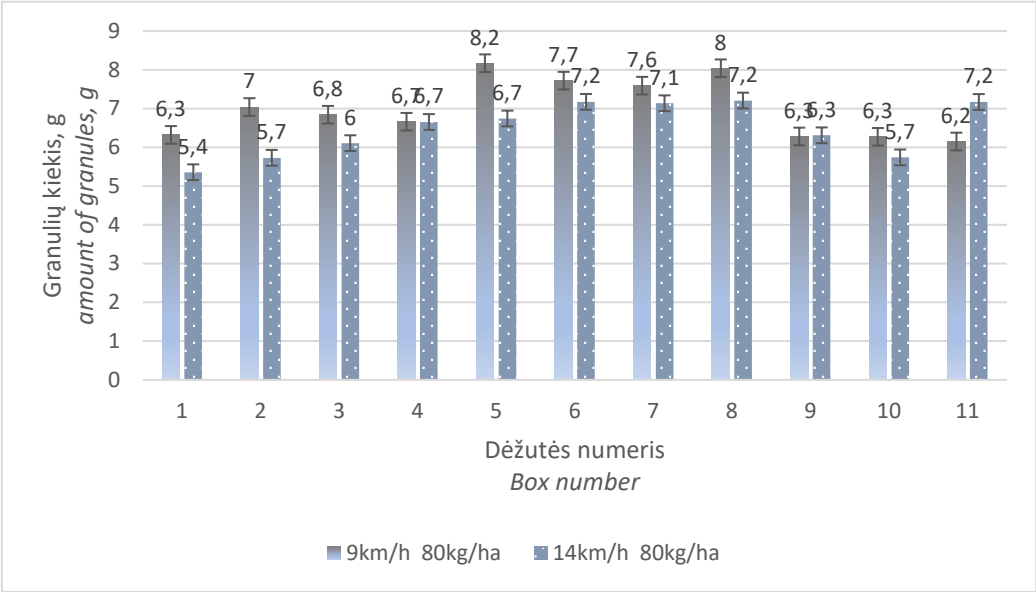


4 pav. Standartizuotų (0,5×0,4×0,1m) dėžučių išdėstymo schema

Fig. 4 *Layout diagram of standardized (0,5×0,4×0,1m) boxes*

Rezultatai ir aptarimas

Iš pateiktų duomenų (5 pav.) su dviejų greičių ir vienos tręšimo normos bandymų vidurkiais, matyti, kad barstant trąšas 80 kg/ha norma ir važiuojant 9 km/h greičiu, didesnis kiekis granuliuotų trąšų išbyra barstymo darbinio pločio viduryje, o važiuojant 14 km/h greičiu, didesnis kiekis granulių fiksuojamas barstymo darbinio pločio dešinėje pusėje.

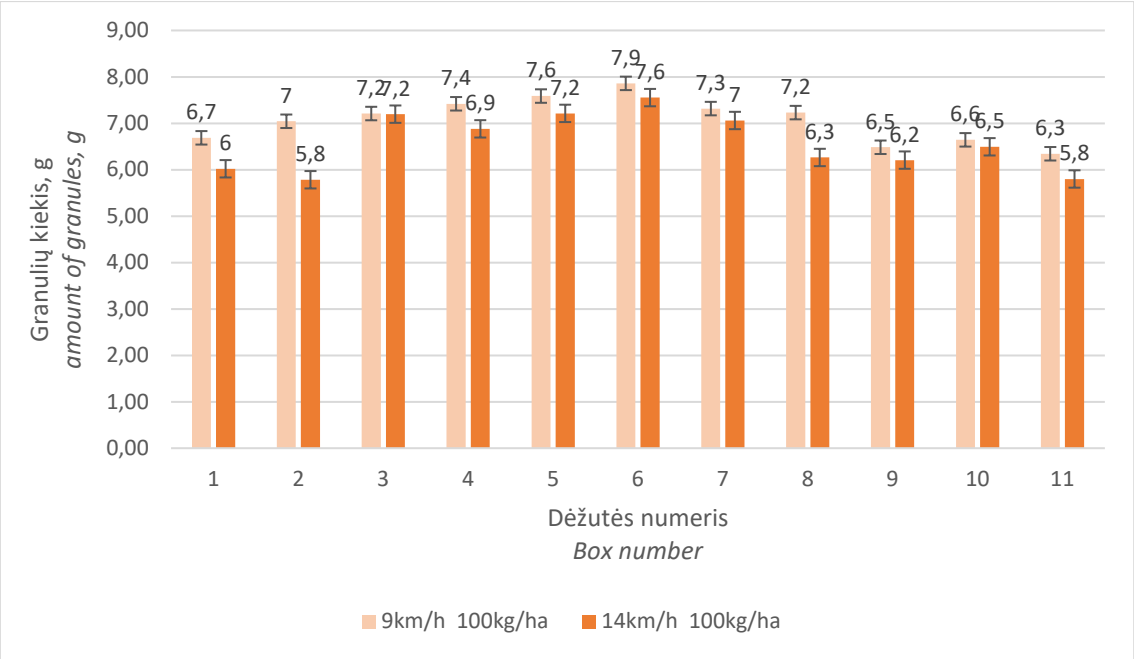


5 pav. Bandymų duomenų vidurkiai barstant trąšas 80 kg/ha norma, kai važiavimo greitis 9km/h ir 14 km/h

Fig. 5 *Research data averages when spreading fertilizer at a rate of 80 kg/ha and driving speed at 9 km/h, and 14 km/h*

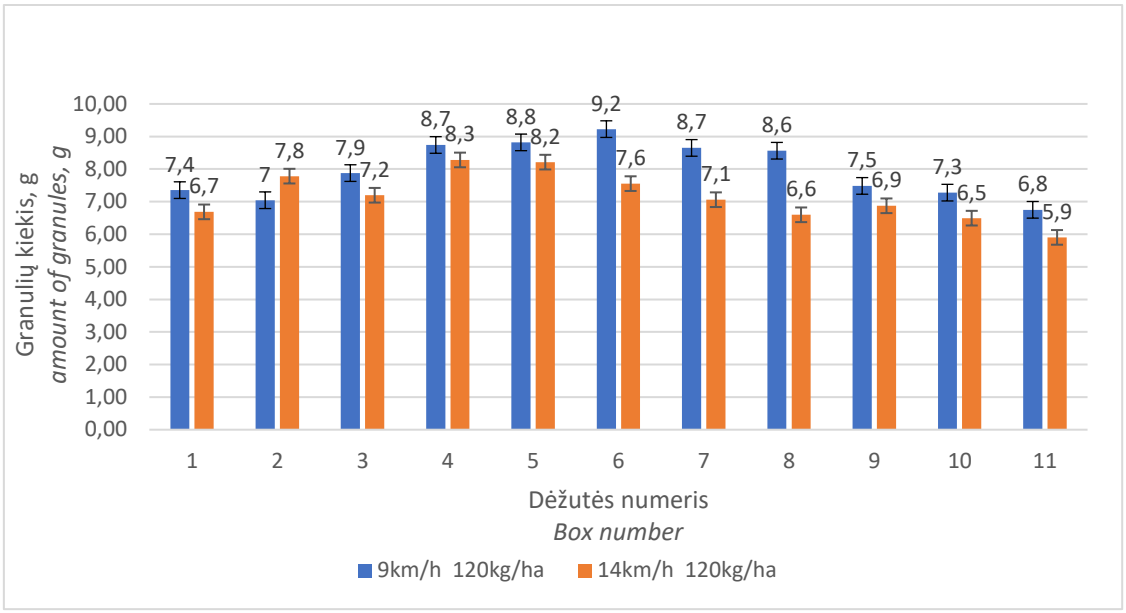
Iš pateiktų duomenų (6 pav.) su dviejų greičių ir vienos trešimo normos bandymų vidurkiais, matyti, kad barstant trąšas 100 kg/ha norma ir važiuojant 9 km/h greičiu bei 14 km/h greičiu didesnis kiekis granuliuotų trąšų išbyra barstymo darbinio pločio viduryje.

Iš pateiktų duomenų (7 pav.) su dviejų greičių ir vienos tręšimo normos bandymų vidurkiais, matyti, kad barstant trąšas 120 kg/ha norma ir važiuojant 9 km/h greičiu bei 14 km/h greičiu didesnis kiekis granuliuotų trąšų išbyra barstymo darbinio pločio viduryje.



6 pav. Bandymų duomenų vidurkiai barstant trąšas 100 kg/ha norma, kai važiavimo greitis 9km/h ir 14 km/h

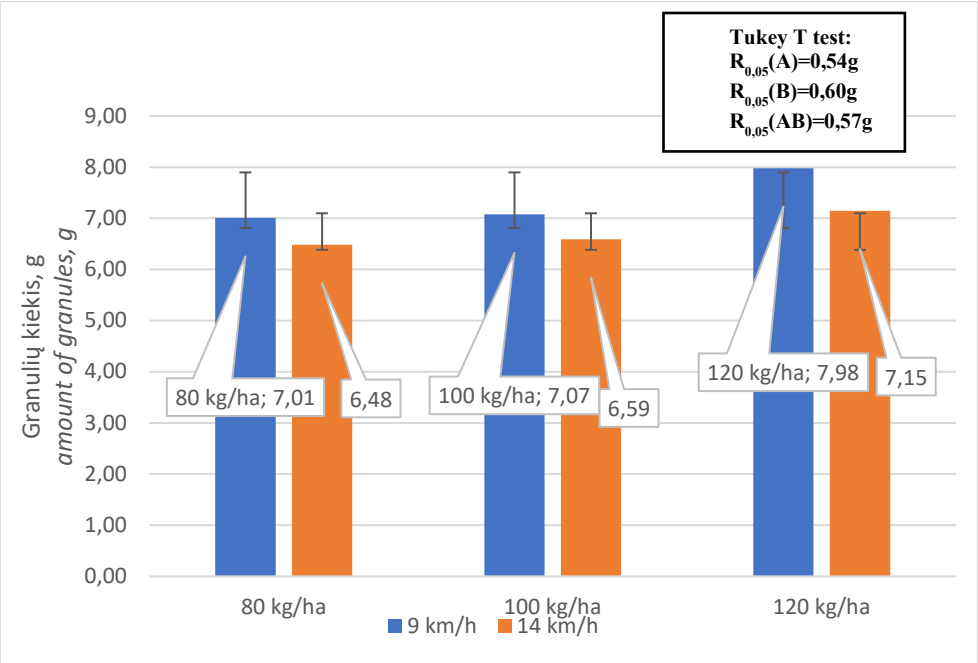
***Fig. 6** Research data averages when spreading fertilizer at a rate of 100 kg/h1 and driving speed at 9 km/h, and 14 km/h*



7 pav. Bandymų duomenų vidurkiai barstant trąšas 120 kg/ha norma, kai važiavimo greitis 9km/h ir 14 km/h

***Fig. 7.** Research data averages when spreading fertilizer at a rate of 120 kg/h and driving speed at 9 km/h, and 14 km/h*

Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad važiuojant 14 km/h greičiu barstomų trąšų kiekis dėžutėse reikšmingai mažesnis, kai barstoma 120 kg/ha trąšų norma, palyginti su 9 km/h važiavimo greičiu (8 pav.). Tai reiškia, kad esant didesniam važiavimo greičiui trąšos išberiamos per dideliu atstumu. Barstant 80 kg/ha ir 100 kg/ha trąšų normas, tarp važiavimo greičių esminių skirtumų nepastebėta. Barstant 80 kg/ha ir 100 kg/ha trąšų normas, tiek 9 km/h, tiek prie 14 km/h važiavimo greičių, esminių skirtumų tarp variantų nenustatyta. Tačiau, kai trąšų norma 120 kg/ha, o važiavimo greitis 9 km/h, esminiai skirtumai tarp variantų nustatyti lyginant su 80 kg/ha ir 100 kg/ha trąšų normomis esant 9 km/h važiavimo greičiui. Kai trąšų norma 120 kg/ha, o važiavimo greitis 14 km/h, esminiai skirtumai tarp variantų nustatyti lyginant su 80 kg/ha trąšų norma važiuojant 14 km/h greičiu.



8 pav. Mineralinių granuliuotų trąšų paskleidimo priklausomybė nuo trąšų normos, kai važiavimo greitis 9 ir 14 km/h naudojant Tukey T testą, tarp a, b – ir ta pačia raide pažymėtų stulpelių nėra statiškai patikimo skirtumo, esant 0,95 reikšmingumo lygmeniui

Fig. 8. *Dependence of mineral granular fertilizer application on fertilizer rate at driving speed of 9 and 14 km/h using Tukey T-test, there is no statistically significant difference between a, b – and columns marked with the same letter at the 0.95 significance level*

Išvados

1. Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad barstant trąšas 100 kg/ha, 120 kg/ha normomis ir važiuojant 9 km/h bei 14 km/h greičiais, didesnis kiekis granuliuotų mineralinių trąšų išbyra barstymo darbinio pločio viduryje, tačiau barstant 80 kg/ha normą barstomo darbinio pločio viduryje barstytuvo išbertas didesnis trąšų kiekis nustatytas važiuojant 9 km/h greičiu, kai greitis 14 km/h didesnis kiekis trąšų gautas dešinėje barstymo darbinio pločio pusėje.
2. Barstant 120 kg/ha trąšų normą, esant 14 km/h važiavimo greičiui, trąšos paskleidžiamos plačiau nei nustatytas barstymo zonos plotis (18 m).

Literatūra

1. Aplinkosauga ir tręšimo planavimas (2009). Mokymo priemonė parengta pagal Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos 2008 m. birželio 18 d. patvirtintą programą. Prieiga per internetą: https://zum.lrv.lt//uploads/zum/documents/files/LT_versija/Naujiena/Leidiniai/Projekto_%E2%80%9ELietuva_be_kaimo-Lietuva_be_ateities%E2%80%9C_leidiniu_elektronines_versijos/Aplinkosauga%20ir%20tr%C4%99%C5%A1imo%20planavimas.pdf
2. Augalininkystės pagrindai (2018). Programos „Leader“ ir žemdirbių mokymo metodikos centras. Prieiga per internetą: https://www.litfood.lt/media/file/zemdirbiu%20mokymas/pradedantiesiems%20ukininkauti/2._augalininkystes_pagrindai.pdf
3. Grygelaitis, A. (2015). Skystosios trąšos – didesnis pasirinkimas ūkininkams. Santaka. 2015-12-11. https://www.santaka.info/?sidx=37752
4. Ivabaltė. Rauch dvidiskės axis serijos barstomosios. Prieiga per internetą: https://ivabalte.lt/technika/rauch-dvidiskes-axis-serijos-barstomosios/
5. Krištaponytė, I. (2002). Tręšimo įtaka dirvožemio fizinių savybių pokyčiams ir augalų derlingumui. *Žemdirbystė*. Mokslo darbai, t. 79, Nr. 3, p. 244–253.
6. LST EN 13739 – 2 : 2012 Žemės ūkio mašinos. Išcentrinės ir juostinės kietųjų trąšų barstomosios. Aplinkos apsauga. 1–2 dalis. Reikalavimai, 2012.

7. Mikučionienė, R., Živatkauskienė, I. (2018). Agrarinė aplinkosauga, Kaunas. Prieiga per internetą: https://dspace.kaunokolegija.lt/bitstream/handle/123456789/130/Agrarine%20aplinkosauga.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. Šiuliauskas, A., Vagusevičienė, I., Liakas, V. (2002). Žieminių kviečių tręšimo per lapus agroekonominis įvertinimas. Vagos: Žemės ūkio mokslai, nr. 2, p. 22–28.
6. Zaleckienė, J. (2007). Pasirinkimas-tik skystosios trąšos. Mano ūkis. 2007/07. https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2007/07/pasirinkimas-tik-skystosios-trasos/
7. Prieiga per internetą: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4470007/mod_resource/content/1/ASABE%20S573%20OCT2018Procedures%20for%20Evaluating%20Variable-Rate%20Granular%20Material%20Application%20Accuracy.pdf

Aura Kairytė, Kristina Lekavičienė, Eglė Jotautienė

Research of Precision Spreading of Mineral Fertilizers

This article presents the results of research on precision spreading of granular mineral fertilizers using a centrifugal fertilizer spreader. The research was performed based on LST EN 13739 – 2:2012 (EN 13739 – 2:2011 (E)) and ASAE S314.2 (ASAE, 2018) standards. The technical parameters of the fertilizer spreader were adjusted to the driving speed and working width. Spreading speeds of 9 km/h and 14 km/h were chosen. The size of the spill hole was changed according to the field fertilization map. Experimental research has shown that when spreading fertilizers at rates of 100 kg/ha and 120 kg/ha and driving at speeds of 9 km/h and 14 km/h, a larger amount of granular mineral fertilizer is released in the middle of the spreader. When the fertilizer rate is 80 kg/ha, the fertilizer is spread more on the right side of the spreader at a higher driving speed. When spreading a fertilizer rate of 120 kg/ha at a driving speed of 14 km/h, the fertilizer is spread over a large distance.

Mineral fertilizers, centrifugal spreader, precision spreading, fertilization rate.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Aura KAIRYTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r., Tel. +370 752357, el. paštas: aurakairyte@gmail.com
Aura KAIRYTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752357, email: aurakairyte@gmail.com
Kristina LEKAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r., Tel. +370 752357, el. paštas: kristina.lekaviciene@vdu.lt
Kristina LEKAVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752357, email: kristina.lekaviciene@vdu.lt
Eglė JOTAUTIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r., Tel. +370 752244, el. paštas: Egle.Jotautiene@vdu.lt
Eglė JOTAUTIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752244, email: Egle.Jotautiene@vdu.lt

AUKSINĄ GAMINANČIOS BAKTERIJOS PAPRASTŲJŲ SAULĖGRĄŽŲ *HELIANTHUS ANNUUS* L. SĖKLOSE

Odeta Buzaitė

Vytauto Didžiojo universitetas

Daugelyje augalų auga endofitinės bakterijos, kurios kolonizuoja jų lapų, šaknų, stiebų ir sėklų audinius. Didelė jų dalis pasižymi savybėmis, kurios susijusios su tiesioginiu ar netiesioginiu augalų augimo skatinimu – gali gaminti augalų augimo hormonus, didinti maisto medžiagų prieinamumą augalui, slopinti augalų patogenų augimą. Dėl to jos domina tyrėjus kaip perspektyvūs tyrimų objektai ieškant naujų būdų gerinti svarbių žemės ūkio augalų auginimo efektyvumą. Šiame darbe iš paprastųjų saulėgrąžų (*Helianthus annuus L.*) sėklų buvo išskirtos grynos bakterijų kultūros. Atlikus jų mažojo ribosominio subvieneto sekoskaitą, tarp jų aptiktos *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Peribacillus*, *Priestia, Psychrobacillus* genčių bakterijos. Daugelis šioms gentims priklausančių išskirtų bakterijų pasižymėjo gebėjimu augti beazotinėje terpėje bei gaminti auksiną. *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Priestia, Psychrobacillus* genčių atstovai pasižymėjo lipazių išskyrimu.

Sėklų endofitinės bakterijos, Paenibacillus, auksinų gamyba.

Įvadas

Endofitiniai mikroorganizmai aptinkami įvairių augalo audinių, taip pat ir sėklų, viduje. Endofitai kelia susidomėjimą dėl galimo jų panaudojimo naujų biologiškai aktyvių junginių gavimui, bioremediacijai ar kaip priemones augalų produktyvumo didinimui. Yra žinoma, kad dalis endofitinių bakterijų gali skatinti augalų augimą gamindamos augalų augimo hormonus, gali didinti maisto medžiagų prieinamumą augalui, slopinti patogeninių mikroorganizmų augimą išskirdamos antibakteriniu ir antigrybiniu poveikiu pasižyminčius junginius (Truyens et al., 2014). Kai kurios endofitinės bakterijos gali padėti augalui apsiginti nuo patogenų sužadindamos gynybinius augalo mechanizmus, slopindamos patogenų kvorumo jutimo signalus (Liu et al., 2017). Žinomi atvejai, kai endofitai didina augalų atsparumą abiotiniams streso veiksniams, tokiems kaip vandens trūkumas ar šaltis (Liu et al., 2017). Sėklų bakterijos gali veikti sėklų dygimą, be to, per jas dalis endofitinių bakterijų patenka į kitus augalo audinius. Žinomi atvejai, kai su sėklomis susijusios bakterijos perduodamos iš vienos augalo kartos į kitą, taip galimai užtikrinant panašią augalui naudingos mikrofloros sudėtį (Truyens et al., 2014; Cope – Selby et al., 2016; Frank et al. 2017).

Šiame tyrime buvo išskirtos grynos saulėgrąžų (*Helianthus annuus* L.) sėklų bakterijų kultūros, atlikta jų 16S rRNR sekoskaita, nustatytos jų savybės, galinčios veikti augalų augimą.

Tyrimų metodika

Grynų bakterijų kultūrų išskyrimas iš saulėgrąžų sėklų. Saulėgrąžų sėklų paviršius sterilizuojamas 2min. laikant 80 % etanolyje, paskui 10 min 2,5 % natrio perchlorato tirpale. Po to sėklos triskart praplaunamos steriliu vandeniu, steriliai išlukštenamos, branduoliai susmulkinami ir užpilami mitybine LB (Luria broth, Roth) terpe. Po 30min. inkubacijos purtant mėginiai išsėjami ant agarizuotos mitybinės LB terpės. Sėklų paviršiaus sterilumui patikrinti išsėjamas neišlukštentos sėklos mėginys.

DNR išskyrimas ir sekoskaita. DNR išskirta iš 1ml skystoje terpėje 12 val. augintos bakterijų kultūros naudojant genominės DNR išskyrimo rinkinį (Thermo Scientific Genejet genomic DNA purification kit), laikantis gamintojo rekomendacijų. Bakterijų mažojo ribosominio subvieneto seka pagausinta PGR būdu naudojant universalius bakterijų pradmenis F: 5‘agagtttgatcctggctcag -3′ ir R: 5′aaggaggtgatccagcc3′ (Weisburg et al., 1991). 1500 bazių porų dydžio PGR fragmentai išgryninti naudojant PGR valymo rinkinį (Thermo Scientific GeneJET PCR Purification Kit), sekoskaita atlikta VU BTI sekoskaitos centre, naudojant tuos pačius pradmenis. Sekos palygintos NCBI duomenų bazėje taikant Blast paiešką ir rasti artimiausi sekų atitikmenys.

Gebėjimo augti beazotėje terpėje nustatymas. Bakterijos užsėtos į modifikuotą pusiau standžią beazotę Rennie terpę ir augintos 14 parų. Terpės sudėtis, 1 litre: 0,8 g K_2HPO_4, 0,2 g KH_2PO_4, 0,1 g NaCl, 28 mg Na_2Fe – EDTA, 25 mg $Na_2MoO_4x2H_2O$, 100 mg mielių ekstrakto (Roth), 3,0 g manitolio, 5,0 g sacharozės, 0,5 ml 60 % natrio laktato, 2,0 g natrio malato, 2,0 g agaro (pH 7,0), 0,2 g $MgSO_4x7H_2O$, 0,06 g $CaCl_2xH_2O$. Magnio ir kalcio chloridų tirpalas autoklavuojamas atskirai, tirpalai sumaišomi po autoklavavimo atvėsinus, pridedama filtru (0,2 μm) sterilizuoto biotino ir para-aminobenzenkarboksirūgšties iki galutinės koncentracijos atitinkamai 5μg litre ir 10 μg litre (Rennie, 1981, Ebeltagy et al., 2001).

Auksinų gamybos nustatymas. Auksinai nustatomi naudojant perchloro rūgšties reagentą $FeCl_3$-$HClO_4$ (Gordon, 1950). Bakterijos auginamos skystoje terpėje (5 g NaCl, 10 g peptono ir 10 g mėsos ekstrakto litre) 12 val. 100 mikrolitrų bakterijų suspensijos persėjama į mėgintuvėlius su 4,5 ml MS terpės (1,36 g KH_2PO_4, 2,13 g Na_2HPO_4 ir 0,2 g $MgSO_4x7H_2O$ litre) papildytos filtruojant sterilizuotu triptofano – gliukozės tirpalu (100 ml 10 g gliukozės, 1 g L – triptofano ir 0,1 g mielių ekstrakto). Kultūros auginamos 48 val. 2ml bakterijų suspensijos centrifuguojamos 5 min. 12000xg, 1 ml supernatanto sumaišomas su 2 ml $FeCl_3$-$HClO_4$ reagento po 25min įvertinamas spalvos pokytis (Husen, 2003).

Sideroforų išskyrimo, sekretuojamų fermentų, nitrato redukcijos nustatymas. Terpė sideroforams nustatyti gaminama iš agarizuotos terpės ir indikatorinio CAS tirpalo (Schwyn et al., 1981). Agarizuotos terpės sudėtis: l 3g 3-(N-morfolino) propano sulfoninė rūgšties (MOPS), 0.05 g natrio chlorido, 0.03 g kalio fosfato, 0.01 g amonio chlorido, 0.5 g L – asparagino, 1.5 g agaro, pH 6.8, 90-yje ml vandens. Gautas tirpalas autoklavuojamas. Ruošiant CAS indikatorinį tirpalą, 60.5 mg chromo azurolio S ištirpinama 50 ml distiliuoto vandens, pridedama 10 ml geležies tirpalo (1mM $FeCl_3x6H_2O$ ir 10mM HCl), 72.9 mg heksadeciltrimetilamonio bromido (HDTMA) ištirpinama 40 ml vandens, gautas tirpalas sumaišomas su dažų tirpalu ir autoklavuojama. Po autoklavavimo agarizuota terpė atvėsinama, į ją įpilama 10 ml indikatorinio CAS tirpalo ir 2 ml 50 % sterilaus gliukozės tirpalo (Alexander et al., 1991). Po inkubacijos sideroforų išskyrimas nustatomas pagal spalvos pokytį (iš mėlynos į oranžinę) aplink augančias bakterijas. Dezoksiribonukleazių sekrecija nustatyta auginant bakterijas agarizuotoje dezoksiribonukleazės terpėje su toluidino mėlynuoju (Dnase agar, Sigma). DNR suskaidymas aplink bakterijų kolonijas nustatomas pagal spalvos pokytį. Amilazių išskyrimas nustatytas auginant bakterijas agarizuotoje LB terpėje su 1 % krakmolo, po inkubacijos krakmolo suskaidymas nustatomas dažant 1 % jodo tirpalu. Lipazių išskyrimas nustatomas LB terpėje su 1 % glicerolio tributirato. Lipazių sekrecija nustatoma pagal terpės nuskaidrėjimą aplink bakterijų kolonijas. Proteazių išskyrimas nustatomas pagal terpės suskystėjimą auginant bakterijas LB terpėje su 1 % želatinos, kuri naudojama kaip terpės standiklis. Nitrato redukcijos testas atliekamas po auginimo nitratinėje terpėje (Nitrate broth, Fluka biomedica). Visi biocheminiai tyrimai pakartoti mažiausiai tris kartus.

Rezultatai ir aptarimas

Šiame darbe iš paprastųjų saulėgrąžų (*Helianthus annuus* L.) sausų sėklų buvo išskirtos grynos bakterijų kultūros. Išskyrus DNR ir atlikus mažojo ribosomos subvieneto sekos sekoskaitą, palyginus duomenų bazėje aptiktos *Peribacillus*, *Priestia*, *Priestia, Psychrobacillus*, genčių bakterijos, po kelis *Bacillus* atstovus bei *Paenibacillus* genčių atstovus, iš kurių visi artimiausi *Paenibacillus xylanexedens* rūšiai (1 lentelė). Visos bakterijos sudaro endosporas, tai matyt lėmė jų išlikimą sausų sėklų aplinkoje.

1 lentelė. Išskirtų bakterijų 16S rRNR sekų atitikmenys

Table 1. *16S rRNA sequence identification*

Pavadinimas *Isolate*	Sekos ilgis *Sequence lenght*	Artimiausia rūšis *Closest match*	Atitikimas *Sequence identity*
Ha1	1100	*Peribacillus simplex*	95,21%
Ha2	1484	*Paenibacillus xylanexedens*	96,37%
Ha3	1481	*Paenibacillus xylanexedens*	96,81%
Ha4	1480	*Paenibacillus xylanexedens*	96,37%
Ha5	1100	*Psychrobacillus psychrodurans*	96,81%
Ha8	1475	*Bacillus pumilus*	98,15%
Ha9	1100	*Paenibacillus lautus*	94,54%
Ha10	1474	*Bacillus sp.*	85,34%
Ha11	1470	*Bacillus subtilis*	97,54%
Ha12	1480	*Priestia megaterium*	98,03%
Ha13	1484	*Paenibacillus xylanexedens*	96,51%
Ha14	1478	*Paenibacillus xylanexedens*	97,53%
Ha15	1481	*Paenibacillus xylanexedens*	97,48%
Ha16	1364	*Paenibacillus xylanexedens*	98,24%
Ha17	1474	*Bacillus velezensis*	96,86%
Ha18	1478	*Bacillus cereus*	98,37%
Ha19	1473	*Bacillus cereus*	97,96%

Endofitinės bakterijos aptiktos įvairių žemės ūkio ir laukinių augalų, kukurūzų, miežių, paprastųjų eglių, pupelių sėklose sterilizuotu paviršiumi. Tarp jų yra ir šiame tyrime aptiktų genčių atstovų. Pvz., miskanto sėklose aptiktos *Bacillus megaterium*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*, *B. cereus* (Cope -Selby et al., 2016). Tarp kanapių sėklų bakterijų aptiktos *Psychrobacillus psychrodurans*, *Bacillus*, *Paenibacillus* (Gabriele et al., 2022).

Saulėgrąžų šaknų ir stiebo audiniuose aptikti *Bacillus* genčių atstovai *B. thuringiensis*, *B. subtilis*, *B. cereus* (Adeleke et al., 2022). Saulėgrąžų šaknyse aptikti *Bacillus pumilus* endofitai pasižymėjo gebėjimu augti beazotėje terpėje bei slopinti patogeninių grybų augimą (Forchetti et al., 2007). *Paenibacillus* ir *Bacillus* genčių atstovai aptikti metagenominiame sudygusių saulėgrąžų šaknelėse ir sėklaskiltėse bakterijų tyrime (Tamošiūnė et al., 2020).

Augalų augimo hormonų gamyba – geriausiai ištirtas endofitinio augalų augimo skatinimo būdas. Šiame tyrime auksinų gamyba nustatyta beveik visų išskirtų bakterijų atvejais, išskyrus Ha17 (*Bacillus*). Dauguma bakterijų augo beazotėje Rennie terpėje, jos galimai fiksuoja atmosferos azotą (2 lentelė). Dauguma išskirtų bakterijų gebėjo redukuoti nitratą iki nitrito. Gebėjimas gaminti auksinus aptinkamas tarp skirtingiems taksonominėms grupėms priklausančių bakterijų, išskirtų iš įvairių šaltinių, tarp jų ir gimininguų šio tyrimo metu aptiktoms bakterijoms. Gebėjimas gaminti auksiną žinomas tarp *Bacillus* genties bakterijų, tame tarpe, *Bacillus thuringiensis* (Batista et al., 2021), *B. velezensis* (Wekesa et al., 2022), taip pat *Psychrobacillus psychrodurans* (Mona et al., 2016). *P. psychrodurans* išskirtas iš nendrinio arundo rizosferos pasižymėjo auksinų gamyba ir azoto fiksavimu (Xu et al., 2017). Yra *Paenibacillus* genties atstovų gaminančių auksinus, sideroforus ir fiksuojančių azotą (Grady et al., 2016).

2 lentelė. Išskirtų bakterijų savybės

Table 2*.Properties of bacterial isolates*

Kultūros pavadinimas *Isolates*	Auksinų gamyba *Auxin synthesis*	Augimas beazotėje terpėje *N-free growth*	Nitratų redukcija *Nitrate reduction*	Sideroforų išskyrimas *Siderophore secretion*	Fermentų sekrecija *Enzyme secretion*		
					Dezoksiribonu kleazė *DNAse*	Amilazė *Amylase*	Lipazė *Lipase*
Ha1	+	+	+	+	-	+	-
Ha2	+	+	+	-	-	+	-
Ha3	+	+	+	-	-	+	-
Ha4	+	+	+	-	+	-	-
Ha5	+	+	-	+	-	-	+
Ha8	+	+	+	+	-	-	+
Ha9	+	+	+	+	-	-	+
Ha10	+	-	-	+	-	-	+
Ha11	+	-	+	+	-	-	+
Ha12	+	+	-	+	-	+	+
Ha13	+	+	+	+	-	-	+
Ha14	+	-	-	+	-	-	+
Ha15	+	-	+	-	-	+	+
Ha16	+	-	+	+	-	-	-
Ha17	-	+	+	+	-	+	+
Ha18	+	+	+	+	+	-	-
Ha19	+	+	+	-	+	+	+

Tik keletas bakterijų kultūrų pasižymėjo dezoksiribonukleazių sekrecija (Ha4, Ha18, Ha19), keletas išskyrė amilazes, proteazių išskyrimas nenustatytas, bet daugelis kultūrų pasižymėjo lipolitiniu aktyvumu (2 lentelė). Nė viena kultūra nepasižymėjo dideliu minėtų fermentų gamybos produktyvumu – fermentų aktyvumo zonos neviršijo 5 mm nuo augančios Petri lėkštelėje bakterijų kultūros pakraščio. Sideroforų išskyrimas leidžia endofitams konkuruoti dėl geležies, tokiu būdu gali būti slopinamas kitų mikroorganizmų augimas. Be to kai kuriais atvejais bakteriniai sideroforai padeda apsirūpinti geležimi augalui. Tarp tirtų saulėgrąžų sėklų bakterijų daugelis gamino sideroforus. Žinoma, kad *Bacillus subtilis, B. cereus*, *B. velezensis,* taip pat *Paenibacillus larvae*, išskiria sideroforą bacilibaktiną (Hertlein et al., 2017, Rabbee et al., 2019).

Nepaisant to, kad bakterijos priklauso skirtingoms gentims, jos panašios pagal tirtas savybes – azoto fiksavimą, auksinų gamybą, tas leidžia manyti, kad jų vaidmuo augalo aplinkoje yra panašus. Gebėjimas gaminti auksinus galimai rodo prisitaikymą augti augalo aplinkoje, o lipazių išskyrimas – galimai specifinį

prisitaikymą prie saulėgrąžų, kurių sėklos pasižymi dideliu riebalų kiekiu. Dėl to tikėtina, kad šios bakterijos rūšys yra būdingos saulėgrąžoms, o ne atsitiktinai patekę į sėklų vidų.

Bakteriniai endofitai dažniausiai patenka į augalą iš aplinkos (horizontalus būdas) per rizosferą, lapų žioteles, gali būti pernešami augalais mintančių vabzdžių. Taip pat galimas vertikalus endofitų plitimas per žiedadulkes ir sėklas (Frank et al., 2017). Sėkloms dygstant, jose buvusios endofitinės bakterijos gali tapti rizosferos mikrobiomos dalimi ir veikti augalo augimą ankstyvame augimo etape endofitams būdingais būdais. Per sėklas iš vienos augalo kartos į kitą perduodami endofitai gali lemti panašią augalo endofitinės mikrofloros sudėtį. Augalai su palankesne jų augimui, atsparumui biotiniams ir abiotiniams veiksniam mikroflora turi daugiau galimybių užsiauginti sėklas ir perduoti naudingas endofitines bakterijas kitai kartai. Tokiu atveju atrankos spaudimas veikia jau ne vien augalą, o augalą ir jo vertikaliai plintančią mikroflorą kaip ekosistemą.

Tikėtina, kad šiame tyrime aptiktos bakterijų kultūros yra vertikaliai plintantys augalo simbiontai. Daugelis jų pasižymi savybėmis, dėl kurių gali veikti sėklų dygimą ir augimą pradinėje stadijoje – auksinai daro įtaką šaknijimuisi, taip pat gali būti veikiamas azoto junginių prieinamumas augalui ir pilnos augančio augalo mikrobiomos formavimasis. Visa tai daro jas potencialiais tyrimų, skirtų pagerinti augalų augimą taikiniais.

Išvados

1. Saulėgrąžų sėklų viduje aptiktos *Bacillus, Paenibacillus, Peribacillus, Priestia, Psychrobacillus* gentims priklausančios bakterijos.
2. Tarp saulėgrąžų bakterijų aptiktos *Bacillus, Paenibacillus, Peribacillus, Priestia, Psychrobacillus* gentims priklausančios kultūros gebančios gaminti auksiną, augti beazotėje terpėje, išskirti sideroforus.
3. Tarp saulėgrąžų bakterijų aptiktos *Bacillus, Paenibacillus, Priestia, Psychrobacillus* gentims priklausančios bakterijos, pasižyminčios lipazių sekrecija.

Literatūra

1. Adeleke, B. S., Ayangbenro, A. S., Babalola, O. O. (2022). In vitro screening of sunflower associated endophytic bacteria with plant growth-promoting traits. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6:903114.
2. Alexander, D. B., Zuberer, D. A. (1991). Use of chrome azurol S reagents to evaluate siderophore production by rhizosphere bacteria. Biology and Fertility of Soils 12: 39–45.
3. Batista, B. D., Dourado, M. N., Figueredo, E. F., Hortencio, R. O., Marques, J. P. R., Piotto, . . . Quecine, M. C. (2021). The auxin-producing *Bacillus thuringiensis* RZ2MS9 promotes the growth and modifies the root architecture of tomato (*Solanumlycopersicum* cv. Micro-Tom). Archives of Microbiology 203:3869–3882.
4. Cope-Selby, N., Cookson, A., Squance, M., Donnison, I., Flavell, R., & Farrar, K. (2016). Endophytic bacteria in *Miscanthus* seed: Implications for germination, vertical inheritance of endophytes, plant evolution, and breeding. GCB Bioenergy, 9(1), 57–77.
5. Elbeltagy, A., Nishioka, K., Sato, T., Suzuki, H., Ye, B., Hamada, T., . . . Minamisawa K. (2001). Endophytic colonization and in planta nitrogen fixation by a *Herbaspirillum* sp. isolated from wild rice Species. Applied and Environmental Microbiology, 67(11):5285–5293. ISSN:0099-2240.
6. Forchetti, G., Masciarelli, O., Alemano, S., Alvarez, D., Abdala, G. (2007). Endophytic bacteria in sunflower (*Helianthus annuus* L.): isolation, characterization, and production of jasmonates and abscisic acid in culture medium. Applied Microbial Biotechnology, 76:1145–1152.
7. Frank, A.C., Guzmán, J.P. S., Shay, J. E. (2017). Transmission of bacterial endophytes. Microorganisms 2017, *5*, 70.
8. Gabriele, M., Vitali, F., Chelucci, E., Chiellini, C. (2022). Characterization of the cultivable endophytic bacterial community of seeds and sprouts of *Cannabis sativa* L. and perspectives for the application as biostimulants. Microorganisms 2022, 10, 1742.
9. Gordon, S. A., Weber, R. P. (1950). Colorimetric estimation of indoleacetic acid. Plant physiology, 26:192–197.
10. Grady, E. N., Jacqueline, MacDonald J., Liu L., Richman, A., Yuan Z.(2016). Current knowledge and perspectives of *Paenibacillus*: a review. Microbial Cell Factories (2016) 15:203.
11. Hertlein, G., Muller, S., Garcia-Gonzalez, E, Poppinga, L., Sussmuth, R. D., Genersch, E. (2017). Production of the Catechol Type Siderophore Bacillibactin by the Honey Bee Pathogen *Paenibacillus larvae*. Plos one, 12 September 2014. Vo. 9. Issue 9, e108272.

12. Husen, E. (2003). Screening of soil bacteria for plant growth promotion activities in vitro Indonesian journal of agricultural science, 4 (1) 2003:27-31.
13. Liu, H., Carvalhais, L .C., Crawford, M., Singh, E., Dennis, P. G, Pieterse, C. M. J, Schenk, P. M. (2017). Inner Plant Values: Diversity, Colonization and benefits from endophytic bacteria. Frontiers in Microbiology, 8:2552.
14. Mona, B. H., Eldin, M., Abd-elmonem, S., Shaimaa, A. M. (2016). Halotolerant microresidents of mangrove swamps are among the pillars of barley development in salt-affected environments. International Journal of Advanced [Vol-2, Issue-8, Aug- 2016].
15. Rabbee, M. F., Ali, S., Choi J., Hwang, B. S., Jeong, S. C., Baek, K. (2019). *Bacillus velezensis:* a valuable member of bioactive molecules within plant microbiomes. Molecules 2019, 24, 1046.
16. Rennie, R. J. (1981). A single medium for the isolation of acetylene-reducing (dinitrogen-fixing) bacteria from soils. Canadian Journal of Microbiology, 27:8–14.
17. Schwyn, B., Neilands, J. B. (1987). Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. Analytical Biochemistry 160: 47–56.
18. Tamošiūnė, I., Gelvonauskiene, D., Haimi, P., Mildažienė, V., Koga, K., Shiratani, M., Baniulis, D. (2020). Cold plasma treatment of sunflower seeds modulates plant-associated microbiome and stimulates root and lateral organ growth. Frontiers in Plant Science, 11:568924.
19. Truyens, S., Weyens, N., Cuypers, A., Vangronsveld, J. (2014). Bacterial seed endophytes: genera, vertical transmission and interaction with plants Environmental Microbiology Reports (2014).
20. Wekesa, T. B.; Wekesa, V. W., Onguso, J. M.; Wafula, E. N.; Kavesu, N. (2022). Isolation and characterization of *Bacillus velezensis* from lake Bogoria as a potential biocontrol of *Fusarium solani* in *Phaseolus vulgaris* L. Bacteria 2022, 1, 279–293.
21. Weisburg, W. G., Barns, S. M., Pelletier, D. A., Lane, D. J. (1991). 16S Ribosomal DNA Amplification for phylogenetic study. Journal of Bacteriology, Jan., p. 697-703.
22. Xu, J., Joseph, W., Kloepper, J. W., Huang, P., McInroy, J. A., Chia, H., Hu, C. H. (2018). Isolation and characterization of N2-fixing bacteria from giant reed and switchgrass for plant growth promotion and nutrient uptake. Journal of Basic Microbiology. 2018; 1–13.

Odeta Buzaitė

Auxin Producing Bacteria in Seeds of Common Sunflower *Helianthus annuus* L.

Most plants harbor endophytic bacteria that colonize the tissues of leaves, roots, stems, and seeds. A large part of them have properties related to the direct or indirect promotion of plant growth – they can produce phytohormones, increase the availability of nutrients to the plant, inhibit the growth of plant pathogens. As a result, they are of interest to researchers as promising research objects in search of new ways to improve the efficiency of growing important crop plants. In this study, bacteria were isolated from seeds of common sunflower (*Helianthus annuus* L.). After sequencing of 16S rRNA they were identified as members of the genera *Bacillus, Paenibacillus, Peribacillus, Priestia, Psychrobacillus*. Many isolated cultures were characterized by the ability to grow in nitrogen-free medium and produce auxin. Bacteria of the genera *Bacillus, Paenibacillus, Priestia, Psychrobacillus* exibited secretion of lipases.

Seed endophytic bacteria, Paenibacillus, auxin production.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Odeta BUZAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Biochemijos katedros lektorė. Adresas: Vileikos g. 8 LT-44191, Kaunas, Tel. +370 327920, el. paštas: odeta.buzaite@vdu.lt
Odeta BUZAITĖ. Vytautas Magnus University, Faculty of Natural Sciences, Department of Biochemistry, lecturer. Address: Vileikos g. 8 LT-44191, Kaunas. +370 37 327920, e-mail: odeta.buzaite@vdu.lt

KVIEČIŲ GRŪDŲ RŪŠIAVIMO ORO SRAUTE INTENSYVUMO TYRIMAI

Simas Sokas, Edvardas Vaiciukevičius, Algirdas Jasinskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Pagrindiniai kriterijai nusakantys grūdų rūšiavimo įrenginius, tai sėklų ir jose esančių priemaišų fizikinės- mechaninės savybes: matmenys, aerodinaminės savybės, paviršiaus šiurkštumas, tankis, forma standumas, spalva, elektrinės ir kitos savybės. Grūdų valymas ir rūšiavimas oro srautu yra plačiai paplitęs, grūdai skirstomi į frakcijas dėl jų skirtingų aerodinaminių savybių.

Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedroje pagamintu laboratoriniu stendu buvo atlikti aerodinaminio grūdų rūšiavimo stendo parametrų įtakos, grūdų rūšiavimo intensyvumui, tyrimai. Tyrimų metu buvo keičiamas kviečių grūdų srautas, jų tiekimo kryptis, grūdų rūšiavimo kamerų forma bei pagrįsti racionalūs kviečių grūdų rūšiavimo parametrai.

Atlikti tyrimai parodė, jog geriausiai grūdai pasiskirstė platėjančio skerspjūvio rūšiavimo kameros ilgyje, kai grūdų tiekimo ir oro srauto judėjimo kryptys sutampa, tuomet galima nustatyti oro srauto greitį 10,15 $m \cdot s^{-1}$ ir tiekiamų kviečių grūdų kiekį apie 3 $kg \cdot min^{-1}$.

Kviečių grūdai, oro srautas, rūšiavimo kamera.

Įvadas

Sėklinių grūdų kokybę nusako jų švarumas, daigumas bei biologinis vienalytiškumas. Grūdai į frakcijas yra suskirstomi pagal tam tikrus parametrus naudojant valymo bei rūšiavimo mašinas. Dėl grūdų suskirstymo į frakcijas pagerėja sėklinių grūdų kokybė bei fizinės – mechaninės savybės (Strakšas ir kt., 2009).

Grūdų rūšiavimas – tai tos pačios rūšies javų grūdų suskirstymas į frakcijas pagal dydį ar kitas savybes. Sėklų valymo ar rūšiavimo būdas parenkamas, atsižvelgiant į sėklų ir jose esančių priemaišų fizikines-mechanines savybes: matmenis (ilgi, plotį, stori), aerodinamines savybes, paviršiaus šiurkštumą, tankį, formą, standumą, spalvą, elektrines ir kitas savybes. Pagrindinė valymo ar rūšiavimo sąlyga – norimų atskirti iš mišinio sėklų ar jų priemaišų fizikinės-mechaninės savybės turi skirtis nuo valomų sėklų. Grūdų savybės priklauso nuo augalų rūšies, veislės, auginimo sąlygų, brandos ir kitų veiksnių (Butkus ir kt., 2012).

Mechaniniai grūdų pažeidimai yra svarbus veiksnys, turintis įtakos sėklų kokybei. Sėklų pažeidimas lemia mažesnę grūdų vertę ir didesnę sandėliavimo problemą, taip pat sumažina sėklų daigumą, daigų gyvybingumą ir vėlesnį pasėlių derlių (Shahbazi, 2012).

Dėl didelės separavimo trukmės, identiškų mašinų naudojimo, kuomet dubliuojasi ankstesnės grūdų valymo bei rūšiavimo operacijos, valomi grūdai labiau žalojami negu juos valant ir rūšiuojant oro srautu. Todėl grūdų valymas ir rūšiavimas oro sraute yra pranašesnis už kitus grūdų separavimo agregatus ir yra vienas iš labiausiai paplitusių skirtingų augalų grūdų apdorojimo būdų. Taikant kelių etapų valymo sistemą, valymo proceso trukmė ilgėja ir grūdai patiria didesnį mechaninį poveikį. Toks būdas netinka kokybiškam sėklos paruošimui. Grūdų valymas ir rūšiavimas turi būti tikslus, su kuo mažesniais nuostoliais taikant optimalius grūdų valymo ir rūšiavimo technologijas, nes tai įtakoja sėjos, sandėliavimo ir tolimesnio grūdų naudojimo efektyvumą ir kokybę (Giyevskiy, 2018).

Grūdų valymui bei rūšiavimui oro sraute didelę įtaką turi grūdų bei priemaišų aerodinaminės savybės. Skirtingų grūdų frakcijų aerodinaminės savybės įvertinamos kritiniu greičiu. Kuo didesnis skirtumas tarp atskirų mišinio komponentų kritinių greičių verčių, tuo geresnis ir efektyvesnis yra rūšiavimas (Panasiewicz et al., 2012).

Oro srautas yra vienas iš labiausiai paplitusių, ekonomiškai pagrįstų, grūdų valymo būdų. Šis procesas yra universalus dėl bet kokios medžiagos atskyrimo – nuo mažiausio grūdo (liucernos, aguonos ir kt.) iki didžiausio (kukurūzų, pupelių) ir gali iš dalies sumažinti drėgmės kiekį bei sumažinti grūdų pažeidimus. Oro srauto efektyvumas priklauso nuo daugelio faktorių: specifinės grūdų apkrovos dydžio, valomų bei rūšiuojamų komponentų aerodinaminių savybių, oro srauto greičio, pneumatinio atskyrimo kanalo geometrinių parametrų ir kt. (Nesterenko et al., 2017).

Tyrimų tikslas – nustatyti kokią turi įtaką grūdų rūšiavimo kokybiniams rodikliams, grūdų tiekimo į oro srautą kryptis, oro srauto greitis, grūdų rūšiavimo kameros forma.

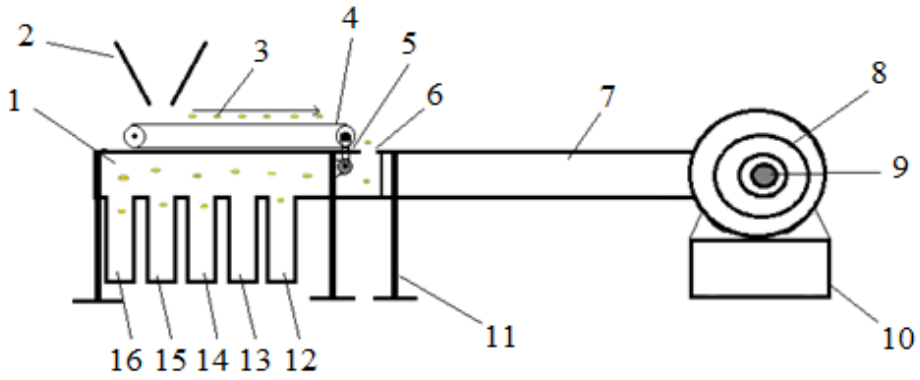
Tyrimų metodika

Grūdų rūšiavimo intensyvumo oro sraute tyrimai buvo atlikti Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedroje pagamintu laboratoriniu stendu, kurio principinė schema pateikta 1 paveiksle. Stendas sudarytas iš išcentrinio ventiliatoriaus 8 (sparnuotės skersmuo 250 mm, mentelių plotis 60 mm, ilgis 90 mm), elektros variklio 9 (veleno sukimosi dažnis iki 2700 min^{-1}), oro srauto išlyginimo ortakio 7 (aukštis 170 mm, plotis 170mm, ilgis 1250 mm), trijų keičiamų rūšiavimo kamerų: pastovaus skerspjūvio, kurios matmenys tokie patys, kaip ir išlyginimo kameros, siaurėjančios, kurios aukštis tolygiai mažėjo nuo 170 mm iki 70 mm ir platėjančios, kurios plotis didėjo nuo 170 mm iki 270 mm, grūdų tiekimo transporterio 3.

Kiekvienoje rūšiavimo kameroje yra angos oro srauto greičiui matuoti bei 5 ertmės surūšiuotiems grūdams nukreipti į kameros apačioje išdėstytas dėžutes. Oro srauto greitis rūšiavimo kamerose buvo keičiamas naudojant 11 kW galios tinklo įtampos dažnių keitiklį „Delta VFD-B“. Tyrimų metu oro srauto greitis buvo keistas nuo 7,65 iki 11,5 $m \cdot s^{-1}$, kas 0,5 $m \cdot s^{-1}$ intervalais.

Grūdai į rūšiavimo kameras buvo tiekiami juostiniu transporteriu, kurio juostos ilgis 2042 mm, plotis 150 mm, varomojo ir varančiojo būgnų skersmuo buvo 125 mm. Sukimo momentas varančiajam būgnui buvo perduodamas grandinine pavara 0,11 kW galios elektriniu MS56B4. Tyrimų metu transporterio juostos slinkimo greitis buvo nustatomas tinklo įtampos dažnių keitikliu „VFD-L“. Transporterio juostos linijinis greitis buvo pastovus – 0,1 $m \cdot s^{-1}$.

Tyrimams atlikti buvo naudojamos trijų tipų rūšiavimo kameros, keičiant tiekimų grūdų srautą nuo 1 iki 5 $kg \cdot min^{-1}$, oro srauto greitį nuo 8,15 iki 11,15 $m \cdot s^{-1}$, grūdų tiekimo į rūšiavimo kamerą kryptį, grūdų rūšiavimo kameros padėties kampas buvo keičiamas nuo 0^0, 7^0 ir 14^0 laipsnių. Subirę į dėžutes grūdai buvo pasveriami svarstyklėmis „CAS SW-1“, kurių matavimo padalos vertė 1 g, o matavimo ribos iki 5 kg, bei nustatoma grūdų sklaida grūdų rūšiavimo kameros ilgyje. Visi bandymai buvo atlikti ne mažiau nei trimis pakartojimais.



1 pav. Kviečių grūdų rūšiavimo stendo schema: 1 – grūdų rūšiavimo kamera, 2 – bunkeris, 3 – grūdai, 4 – transporteris, 5 – grandininė pavara, 6 – grūdų patekimo į rūšiavimo kamerą ertmė, 7 ortakis oro srauto greičiui suvienodinti, 8 – ventiliatorius, 9 – elektros variklis, 10 , 11 – stovas, 12 -16 grūdų surinkimo dėžutės.

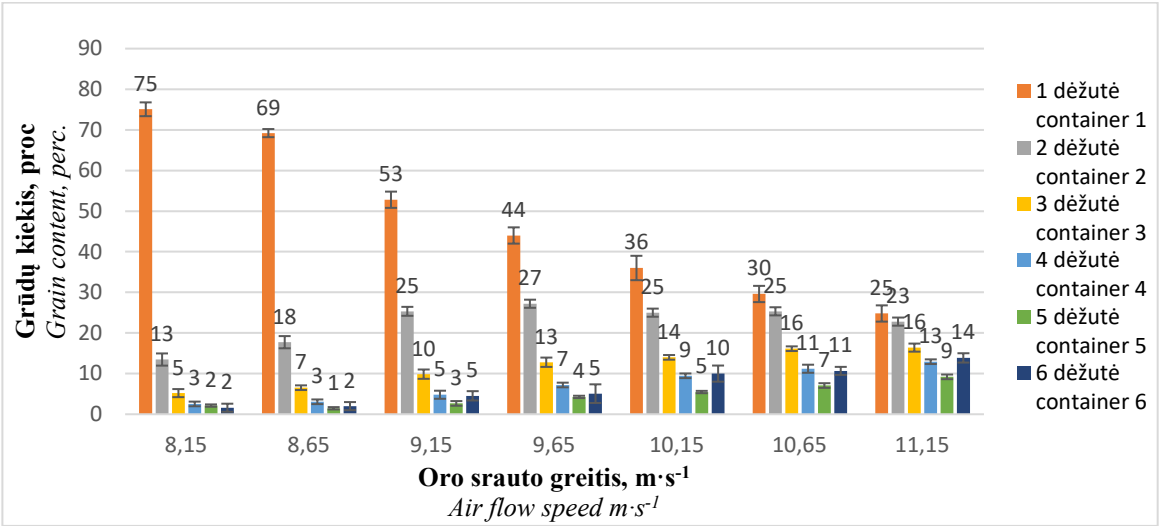
Fig. 1. *Schematic of the wheat grain sorting stand: 1 – grain sorting chamber, 2 – hopper, 3 – grain, 4 – conveyor, 5 – chain drive, 6 – grain inlet to the sorting chamber, 7 – duct for equalising the air velocity, 8 – fan, 9 – electric motor, 10, 11 – rack, 12 – 16 grain collection boxes.*

Tyrimai buvo atlikti naudojant „Skagen“ veislės kviečių grūdus, kurių vidutinis drėgnis buvo apie 15 %. Klasifikatoriumi buvo nustatytos kviečių grūdų aerodinaminės savybės pagal Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedroje patvirtintą metodiką (Jasinskas ir kt., 2010). Tyrimais nustatyta, kad kviečių grūdų vidutinis kritinis greitis buvo $v_{k.vid}$ = 10,6 $m \cdot s^{-1}$, vidutinis skrajumo koeficientas k_s = 0,20.

Rezultatai

Grūdų valymo bei rūšiavimo mašinose naudojamas oro srautas priemaišų nuo grūdų atskyrimo kokybiniams rodikliams pagerinti. Dažniausiai oro srautas yra tiekiamas į vertikalius arba nuožulnius aspiracijos kanalus. Bandymų metu buvo nustatyta, kad 7,65 $m \cdot s^{-1}$ oro srauto greitis buvo nepakankamas grūdams iškedenti oro sraute, tiekiami grūdai užkimšo rūšiavimo kamerą, bandymas nepavyko. Todėl tolimesniuose tyrimuose buvo naudojamas didesnis nei 7,65 $m \cdot s^{-1}$ oro srauto greitis. Tyrimais nustatyta, kad oro srauto greitis turėjo didžiausią įtaką grūdų sklaidai rūšiavimo kameros pradžioje (2 pav.). Padidinus oro

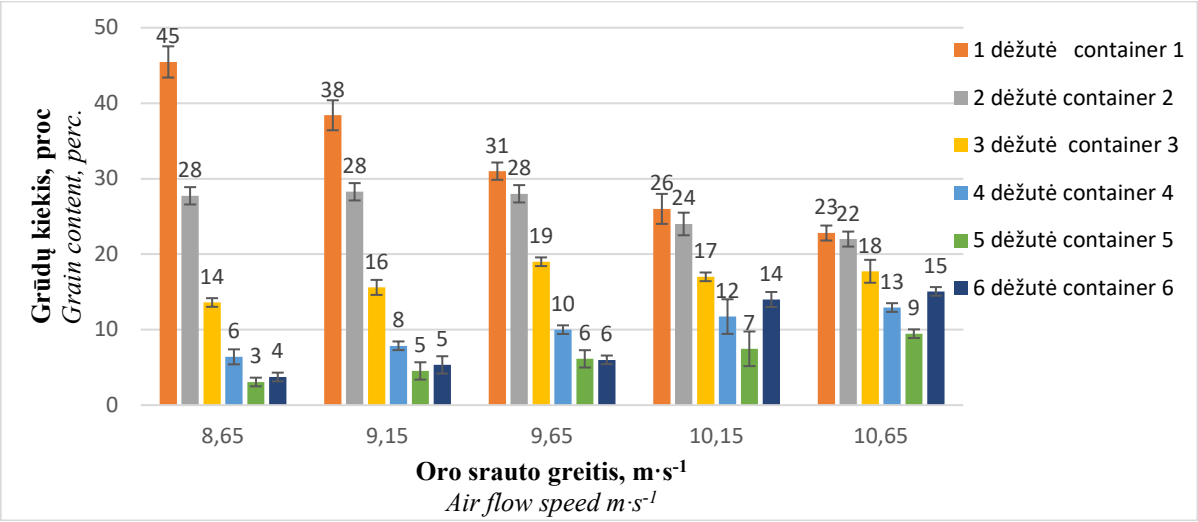
srauto greitį nuo 8,15 iki 11,15 m·s^{-1}, patekusių į pirmąją dėžutę grūdų kiekis sumažėjo nuo 75 (±1,7 %) iki 25 (±2 %) procentų, o apie 14 (±1,1%) proc. grūdų buvo išpučiama iš rūšiavimo kameros. Geriausiai grūdai pasiskirstė rūšiavimo kameroje, kai oro srauto greitis buvo padidintas iki 9,65 m·s^{-1}. Tuomet į pirmąsias dvi dėžutes pateko apie 78 proc. grūdų, iš rūšiavimo kameros buvo išpučiami tik smulkūs nepilnaverčiai grūdai.



2 pav. Oro srauto greičio įtaka grūdų sklaidai platėjančioje rūšiavimo kameroje, kai grūdų tiekimo kryptis priešinga oro srautui, grūdų tiekimo srautas q = 3 kg·min^{-1}

Fig. 2. *Effect of air velocity on grain dispersion in an expanding sorting chamber with grain delivery in the opposite direction to the air flow, grain delivery rate q = 3 kg·min^{-1}*

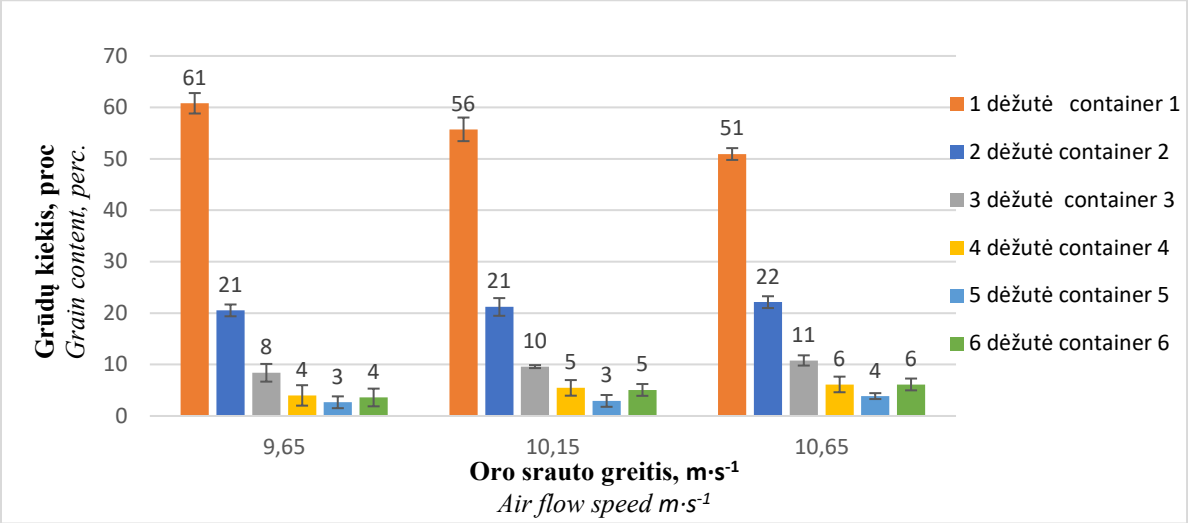
Labai svarbu nustatyti grūdų tiekimo į oro srautą krypties įtaką grūdų sklaidai rūšiavimo kameroje. Atlikus analogiškus ankstesniems tyrimus ir suvienodinus oro srauto ir grūdų tiekimo srautų kryptis buvo pastebėta, kad grūdų rūšiavimo kameros ilgyje pasiskirstė tolygiau, nei tiekiant grūdus į priešinga kryptimi tekantį oro srautą (3 pav.). Padidinus oro srauto greitį nuo 8,65 iki 10,65 m·s^{-1}, į pirmąją dėžutę patekusių grūdų kiekis sumažėjo nuo 45 (± 2,1 %) iki 23 (± 1 %) proc., tačiau išpučiamų iš rūšiavimo kameros grūdų kiekis padidėjo nuo 4 (± 0,6 %) iki 15(± 0,6 %) proc. Esant 9,65 m·s^{-1} oro srauto greičiui pirmuose dėžutėse grūdai pasiskirstė tolygiai, o iš rūšiavimo kameros nebuvo išpučiami pilnaverčiai grūdai.



3 pav. Oro srauto greičio įtaka grūdų sklaidai platėjančioje rūšiavimo kameroje, kai grūdų tiekimo kryptis sutampa su oro srautu, tiekimų grūdų srautas q = 3 kg·min^{-1}

Fig. 3. *Effect of air velocity on grain dispersion in an expanding sorting chamber when the direction of grain feed coincides with the direction of air flow, grain feed flow q = 3 kg·min^{-1}*

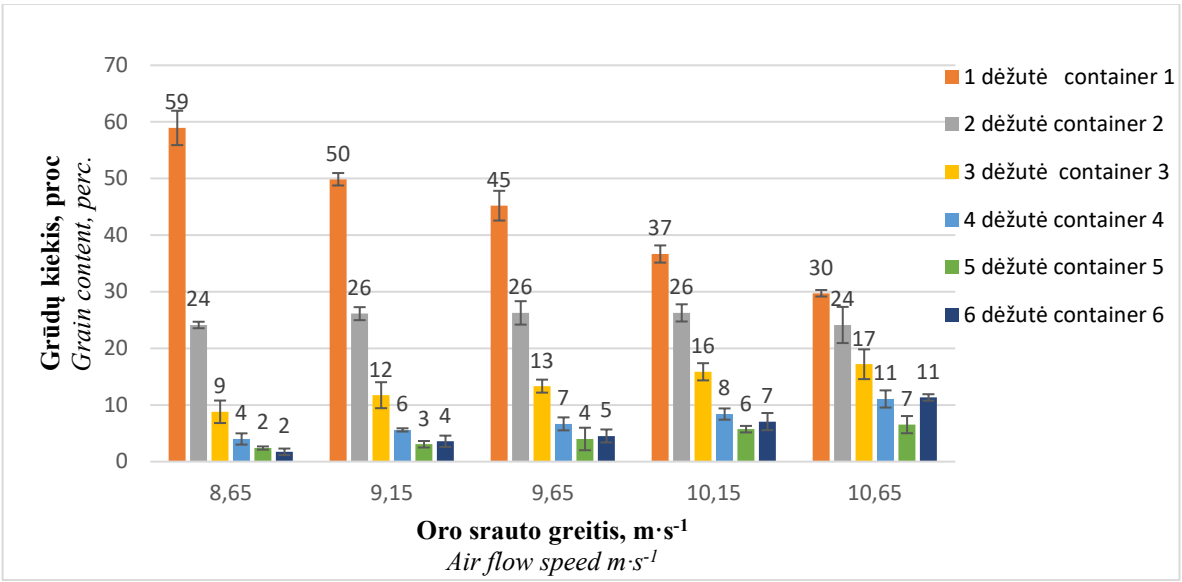
Tolimesniuose bandymuose buvo atliekami grūdų rūšiavimo pastovaus skerspjūvio kameroje (4 pav.). Tyrimais nustatyta, kad tiekiant grūdus prieš oro srautą ir esant mažesniam nei 9,65 m·s^{-1} oro srauto greičiui buvo nepakankamai iškedenami grūdai, jie kimšosi rūšiavimo kameros pradžioje. Geriausiai grūdai pasiskirstė nustačius 10,15 m·s^{-1} oro srauto greitį rūšiavimo kameros pradžioje.



4 pav. Oro srauto greičio įtaka grūdų sklaidai pastovaus skerspjūvio rūšiavimo kameroje, kai grūdų tiekimo kryptis priešinga oro srautui, tiekimų grūdų srautas q = 3 kg·min^{-1}

Fig 4. *Effect of air velocity on the dispersion of grain in a constant cross-section sorting chamber with grain infeed in the opposite direction to the air flow, grain infeed flow q = 3 kg·min^{-1}*

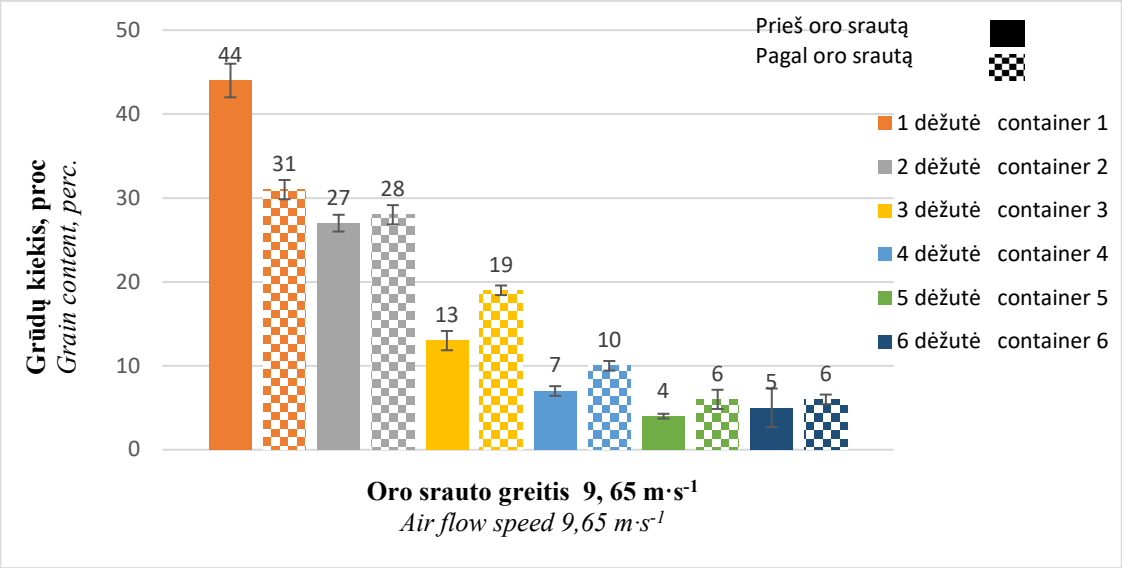
Suvienodinus grūdų tiekimo ir oro srautų kryptis platėjančioje rūšiavimo kameroje, grūdų judėjimo oro sraute greitis buvo didesnis negu tiekiant grūdus prieš oro srautą. Padidinus oro srauto greitį nuo 8,65 iki 10,65 m·s^{-1} grūdų pasiskirstymas pirmoje dėžutėje sumažėjo nuo 59 (± 3 %) iki 30 (± 0,6 %) proc. (5 pav.), o išpučiamų iš kameros grūdų kiekis padidėjo nuo 2 (± 0,6 %) iki 11 (± 0,6 %) proc. Esant q = 3 kg·min^{-1} grūdų srautui rekomenduojama oro srauto greitis kameros pradžioje apie 9,65 m·s^{-1}, tuomet į pirmąją dėžutę pateka apie 45 (± 2,6 %) % grūdų.



5 pav. Oro srauto greičio įtaka grūdų sklaidai pastovaus skerspjūvio rūšiavimo kameroje, kai grūdų tiekimo kryptis sutampa su oro srautu, grūdų tiekimo srautas q = 3 kg·min^{-1}

Fig. 5. *Effect of air velocity on grain dispersion in a constant cross-section sorting chamber with grain feed direction coinciding with air flow, grain feed flow rate q = 3 kg·min^{-1}*

Palyginus grūdų sklaidos platėjančio skerspjūvio kameros ilgyje, kai buvo keičiama grūdų srauto kryptis esant oro srauto greičiui 9,65 $m \cdot s^{-1}$ buvo nustatyta, kad kiekis rūšiavimo kameros pradžioje, pirmoje dėžutėje, sumažėjo apie 13 proc. (6 pav.), o likusiose dėžutėse grūdų kiekis kito nežymiai.



6 pav. Grūdų tiekimo į oro srautą krypties įtaka grūdų sklaidai platėjančioje rūšiavimo kameroje, kai grūdų srautas q = 3 $kg \cdot min^{-1}$

Fig. 6. *Effect of the direction of grain inlet on grain dispersion in an expanding sorting chamber with grain flow rate q = 3 $kg \cdot min^{-1}$*

Pastovaus skerspjūvio rūšiavimo kameroje grūdų sklaidos kitimo tendencija buvo panaši kaip platėjančioje kameroje. Į pirmąją dėžutę patekusių grūdų kiekis sumažėjo apie 16 %, likusiuose dėžutėse esminio skirtumo nepastebėta

Išvados

1. Atlikus tyrimus, buvo nustatyta, kad geriausiai grūdai pasiskirstė platėjančio skerspjūvio rūšiavimo kameros ilgyje, kai grūdų tiekimo ir oro srauto judėjimo kryptys sutampa. Tuomet į 10,15 $m \cdot s^{-1}$ greičiu judantį oro srautą galima tiekti apie 3 $kg \cdot min^{-1}$ kviečių grūdų.
2. Platėjančio rūšiavimo kameroje oro srauto greitį galima sumažinti iki 9,65 $m \cdot s^{-1}$, esant tiekimų grūdų srautui 3 $kg \cdot min^{-1}$, tuomet į pirmą dėžutę patenkančių grūdų kiekis platėjančioje kameroje sumažėja nuo 44 (± 2 %) iki 31 (± 1,1 %) proc., o pastovaus skerspjūvio kameroje – nuo 61 (± 2,6 %) iki 45 (± 2 %) proc.
3. Oro srauto judėjimo krypčiai rūšiavimo kameroje pagrįsti reikia atlikti išsamesnius kviečių grūdų biometrinių rodiklių tyrimus.

Literatūra

1. Algirdas Jasinskas, Dainius Steponavičius, Egidijus Šarauskis, Povilas Šniauka, Edvardas Vaiciukevičius, Remigijus Zinkevičius, Žemės ūkio laboratoriniai darbai, 2010. Elektroninis išteklius: https://www.vdu.lt/cris/entities/publication/bc16bc16-7cf3-498b-8db1-01c4caea5fdd/details
2. Butkus V., Domeika R., Jasinskas A., Martinkus M., Špokas L., Vaiciukevičius E. 2012. Derliaus dorojimo technologijų inžinerija. Mokomoji knyga. Akademija. 164 p.
3. Giyevskiy A. M, Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds, 2018, Elektroninis išteklius: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/327/4/042035/pdf
4. Nesterenko A., Leshchenko S. M., Vasylkovskyi, O. M., Petrenko D. I., Analytical assessment of the pneumatic separation quality in the process of grain multilayer feeding, 2017. Elektroninis išteklius: https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=983d109e-3521-4f3f-bafa-23319692c9b8%40redis&bdata=JkF1dGhUeXBlPWlwLHVybCx1aWQmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=asn&AN=127108503

5. Panasiewicz M, Sobczak P, Mazur J, Zawiślak K, Andrejko D., The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials, 2012. Elektroninis išteklius: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877411005486
6. Shahbazi F., A Study on the Seed Susceptibility of Wheat (Triticum aestivum L.) Cultivars to Impact Damage, 2012. Elektroninis išteklius: https://jast.modares.ac.ir/browse.php?a_id=749&sid=23&slc_lang=fa
7. Strakšas A., Vaiciukevičius E., Grikių biometrinių rodiklių ir aerodinaminių savybių tyrimas, 2009. Elektroninis išteklius: https://www.vdu.lt/cris/handle/20.500.12259/81812?mode=full

Simas Sokas, Edvardas Vaiciukevičius, Algirdas Jasinskas

Investigations of Intensification of Wheat Grain Sorting in Air Flow

The main criteria for grain sorting equipment are the physical-mechanical properties of the seeds and their impurities: dimensions, aerodynamic properties, surface roughness, density, shape stiffness, colour, electrical and other properties. Air cleaning and sorting of grains is widespread, and grains are divided into fractions because of their different aerodynamic properties.

The influence of aerodynamic parameters on the intensity of grain sorting was investigated using a laboratory stand fabricated in the Department of Agricultural Engineering and Safety. During the studies, the flow of wheat grain, the direction of its supply, the shape of the grain sorting chambers were varied, and rational parameters for the sorting of wheat grain were justified.

The investigations showed that the best grain distribution was found in the length of the sorting chamber with a widening cross-section, when the directions of grain supply and airflow coincided, and that an airflow velocity of 10,15 $m \cdot s^{-1}$ and a wheat grain supply rate of about 3 $kg \cdot min^{-1}$ could be determined.

Wheat grains, air flow, sorting chamber.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Simas SOKAS. 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. +370 629 43574, el. paštas: simas.sokas@vdu.lt
Simas SOKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 629 43574, e-mail: simas.sokas@vdu.lt
Edvardas VAICIUKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros, docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752332, el. paštas: edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt
Edvardas VAICIUKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752332, email: edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt
Algirdas JASINSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius, vyriaus. m. d., dr. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752376, el. paštas: algirdas.jasinskas@vdu.lt
Algirdas JASINSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Prof. Chief Researcher, dr. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752376, email: algirdas.jasinskas@vdu.lt

VASARINIŲ KVIEČIŲ „KAPITOL“ GRŪDŲ BIOMETRINIŲ RODIKLIŲ ĮTAKOS JŲ VEGETACIJAI BEI DERLINGUMUI TYRIMAI

Kęstutis Stravinskas, Edvardas Vaiciukevičius

Vytauto Didžiojo universitetas

Literatūroje pasigendama duomenų kokią įtaka turi sėklinių grūdų stambumas augalų vegetacijai bei derliui. Šiame straipsnyje pateikti 2022 m. atlikti vasarinių kviečių „Kapitol“ derlingumo tyrimai sėjai naudojant skirtingo dydžio grūdus. Tyrimams atlikti kviečių grūdai buvo surūšiuoti laboratoriniu stendu nuožulniajame oro sraute. Augalai buvo stebėti visą vegetacijos laikotarpį. Tyrimais nustatyta, kad sėklų stambumas esmingai įtakojo: tūkstančio grūdų masę, faktinį derlingumą. Nustatyta, kad geriausi rezultatai buvo gauti laukeliuose, kuriuose buvo pasėti stambiausios frakcijos grūdai, kurių vidutinis ilgis buvo 5,93 mm, plotis – 2,97 mm, 1000 grūdų masė 45 g.

Tyrimams atlikti buvo naudoti grūdai, kurių tūkstančio grūdų masė kito nuo 40 iki 45 g. Atlikus duomenų analizę buvo nustatyta, kad vieno augalo vidutinis stiebų skaičius buvo nuo 2 iki 2,33, pasėlio tankumas nuo 6,03 iki 6,23 mln. ha^{-1}, tūkstančio grūdų masė po derliaus nuėmimo svyravo nuo 28,93 iki 31,17 g. Grūdų derlingumo skirtumas dėl skirtingo dydžio grūdų frakcijose buvo apie 180 kg ha^{-1}.

Kviečiai, derlingumas, oro srautas, grūdai.

Įvadas

Tobulėjant technologijoms bei didėjant grūdinių augalų derlingumui bei dirbamų laukų plotui iškyla nauji iššūkiai kaip efektyviai ir greitai išrūšiuoti produkciją (Orobinsky et al., 2021). Labai svarbu tinkamai išrūšiuoti sėklinius grūdus. Siekiant kokybiškos sėklos svarbu išrūšiuoti tik pačius geriausius ir kokybiškiausius grūdus (Zareian et al., 2013).

Sėklinių grūdų kokybę nusako sekantys pagrindiniai faktoriai: grūdų švarumas, daigumas ir biologinis vienalytiškumas (Romaneckas ir kt., 2011). Naudojant valymo ir rūšiavimo mašinas grūdai yra išvalomi ir suskirstomi į atskiras frakcijas pagal tam tikrus nustatytus parametrus (Aliev, 2017). Todėl pagerėja sėklinių grūdų kokybė, taip pat į skirtingas frakcijas suskirstyti grūdai, pasižymi vienodomis fizinėmis – mechaninėmis savybėmis (Vaiciukevičius ir kt., 2009). Jei siekiama išrūšiuoti tik aukščiausius parametrus atitinkančius grūdus, taikomas ir antrinis grūdų valymas (Giyevskiy et al., 2018). Kokybiški sėkliniai grūdai pasižymi tokiomis savybėmis kaip vienarūšiškumas, grynumas, aukšta dygimo energija, geras lauko daigumas ir spartus augalų vystymasis vegetacijos laikotarpiu (Masilionytė ir kt., 2018).

Tyrimo tikslas eksperimentiškai nustatyti kokią daro įtaką sėklinių vasarinių kviečių „Kapitol“ stambumas bei tūkstančio sėklų masė augalų vystymuisi vegetacijos laikotarpyje bei grūdų derlingumui. Šiam tikslui pasiekti buvo stebimi šie parametrai: pasėlio tankumas, vieno augalo stiebų skaičius, 1000 grūdų masė, faktinis grūdų derlingumas.

Tyrimų metodika

Tyrimo objektas – vasarinių kviečių „Kapitol“ vegetacijos tyrimai: pasėlio tankumas, vieno augalo stiebų skaičius, tūkstančio grūdų masė, faktinis grūdų derlingumas.

Kviečių grūdai buvo surūšiuoti VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros laboratorijoje. Aerodinaminės kviečių grūdų savybės buvo nustatytos klasifikatoriumi pagal patvirtintą metodiką (Vaiciukevičius, 2010). Tiriamų kviečių grūdų vidutinis kritinis greitis buvo Vk.vid 13,5 $m \cdot s^{-1}$. Bandyminiuose laukeliuose kiekvienas bandymas buvo atliktas trimis pakartojimais, vieno bandyminio laukelio plotas buvo 10 m^2. Kviečiai bandyminiuose laukeliuose buvo pasėti STEGSTED sėjamąja keičiant sėjos normą 156,34 kg·ha-1 (vidutinė tūkstančio grūdų masė 40 g), 168,06 kg·ha^{-1} (vidutinė tūkstančio grūdų masė 43 g) ir 175,88 kg·ha-1 (vidutinė tūkstančio grūdų masė 45 g). Vidutinis į hektarą pasėtų grūdų skaičius buvo apie 3,5 mln. Bandyminiai laukeliai buvo pasėti 12,5 cm pločio tarpueiliais. Atlikta gautų rezultatų statistinė analizė pasitelkiant Tukey HD ar Stjudento metodus esant 0,95 tikimybės lygmeniui (Raudonius, 2009).

Sėjos norma apskaičiuojama taip:

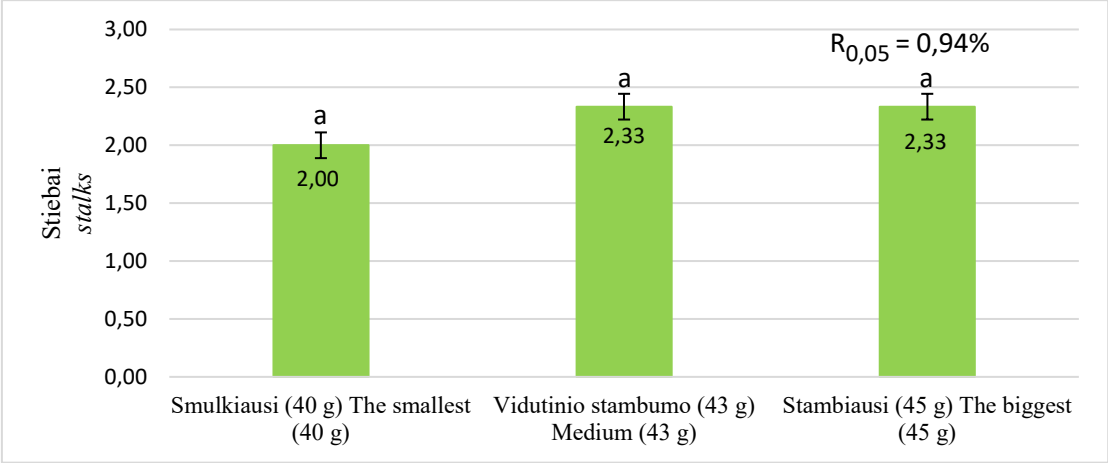
$$Sėjos\ norma \frac{kg}{ha} = \frac{Ma}{\bar{U}v} 100, \qquad \text{(Romaneckas ir kt., 2011)}$$

čia M – sėjos norma (mln.·ha^{-1}),
a – 1000 grūdų masė (g),
Ūv – sėklinių grūdų ūkinė vertė (%)

Vieno augalo stiebų skaičius buvo stebėtas BBCH 29 krūmijimosi fazėje. Buvo skaičiuojama kiek papildomų stiebų užaugo iš vieno augalo. Skaičiavimai atlikti įvairiose laukelių vietose penkiais pakartojimais. Pasėlio tankumas derliaus nuėmimo metu buvo nustatytas atsitiktine tvarka dedant 1x1 m (1 m^2) rėmelį. Kiekvieno laukelio rėmelio plote gautas vidutinis stiebų skaičius buvo perskaičiuotas į stiebų skaičių 1 ha plote. Tūkstančio grūdų masė buvo nustatyta po derliaus nuėmimo esant 14 proc. grūdų drėgniui. Faktinis atskiro laukelio grūdų derlingumas nustatytas tiesioginio svėrimo būdu. Grūdų derlius apskaičiuotas atskyrus augalines bei grūdines priemaišas, esant 14 proc. grūdų drėgniui.

Rezultatai ir aptarimas

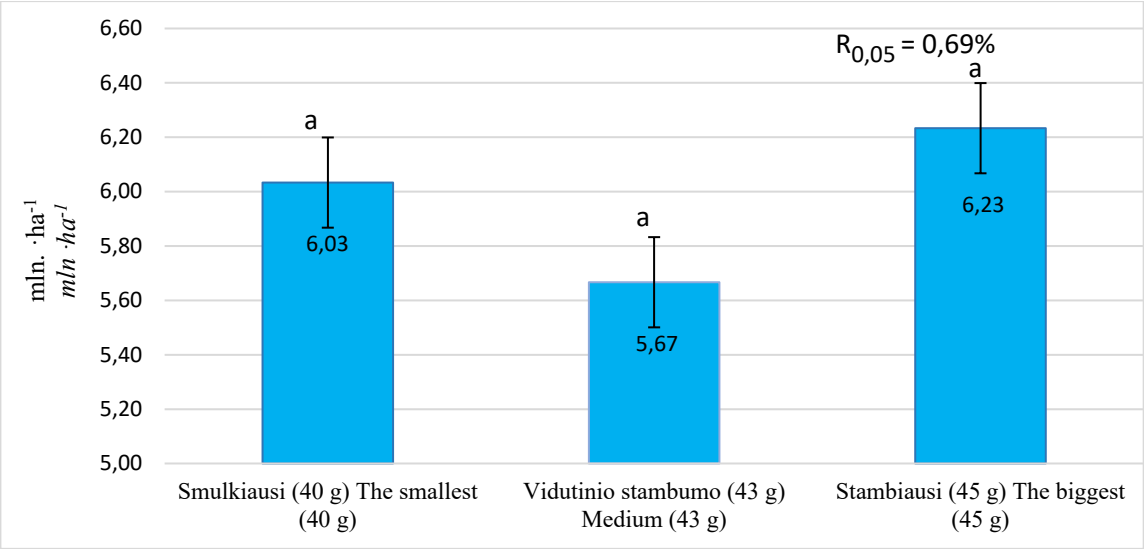
Atlikus stebėjimus vegetacijos metu (BBCH 29 krūmijimosi fazė) nustatyta, kad vieno augalo vidutinis stiebų skaičius svyravo nuo 2 iki 2,33 vnt. (1 pav.). Tačiau atlikus duomenų statistinę analizę nustatyta, kad tarp skirtingo stambumo grūdų, išaugintų augalų vieno augalo stiebų skaičiaus esminio skirtumo nebuvo, todėl galime teigti, kad grūdo dydis neturėjo įtakos augalo papildomų stiebų skaičiui.



1 pav. Vieno augalo stiebų skaičius

Fig. 1. *Stalks from one plant*

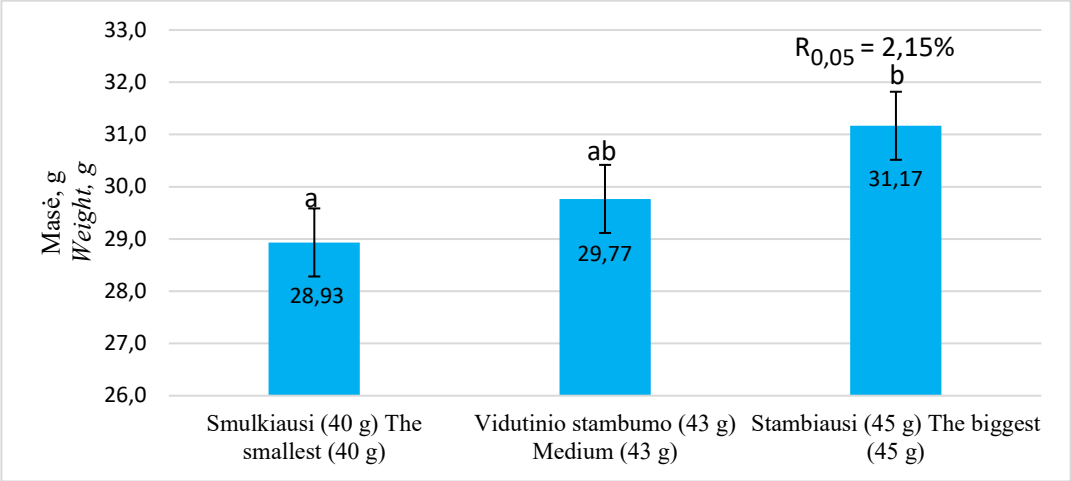
Atlikus pasėlio tankumo tyrimus derliaus nuėmimo metu nustatyta, kad vidutinis augalų skaičius kito nuo 6,03 iki 6,23 mln.·ha^{-1} (2 pav.). Nors skirtumas tarp augalų skaičiaus skirtingose laukeliuose sieke apie 200 tūkst. augalų viename ha, tačiau atlikus statistinę analizę esminio skirtumo nebuvo pastebėta, todėl galima teigti, kad sėklinių grūdų dydis neįtakojo pasėlio tankumo.



2 pav. Pasėlio tankumas derliaus nuėmimo metu, mln.·ha^{-1}

Fig. 2. *Crop density its harvest time, mln.·ha^{-1}*

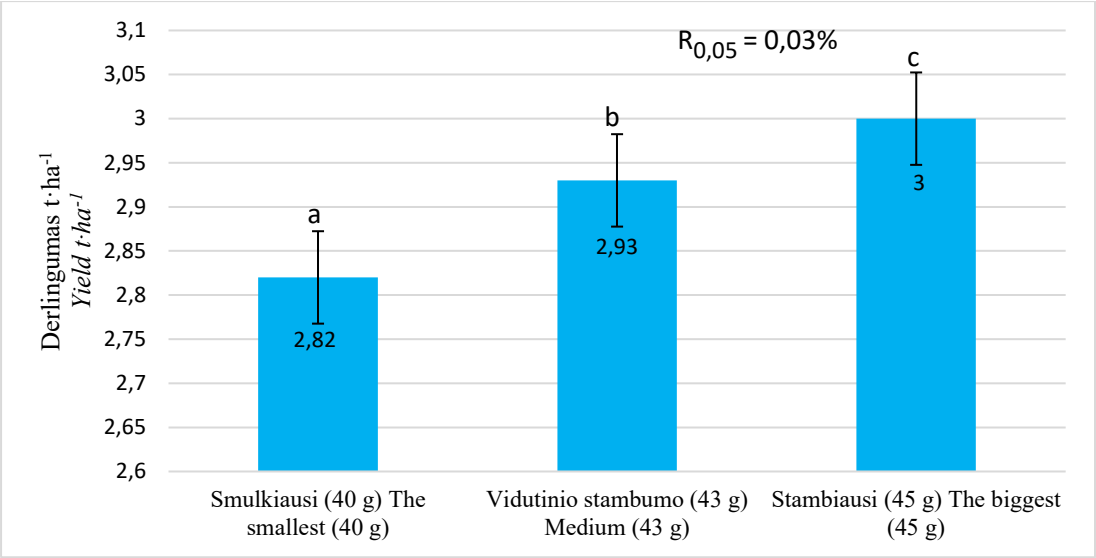
Ankstesniais tyrimais buvo nustatyta, kad didelę įtaką grūdų derlingumui turi grūdų stambumas varpose (Liakas, 1998). Atlikus grūdų masės skaičiavimus nustatyta, kad tūkstančio grūdų masė kito nuo 28,93 iki 31,17 g (3 pav.). Tyrimų metu buvo pastebėta, kad pasėjus stambesnius grūdus, sudygo stambesni daigai, tai turėjo įtakos tolimesniam augalų vystymuisi. Apdorojus tyrimų rezultatus buvo nustatyta, kad sėklinių grūdų dydis tiesiogiai įtakojo tūkstančio grūdų masę.



3 pav. Sėklinių grūdų stambumo įtaka užaugintų 1000 grūdų masei

Fig. 3. *The influence of seed grain coarseness on the mass of 1000 grains produced*

Atlikus faktinio grūdų derliaus skaičiavimus buvo nustatyta, kad smulkiausių grūdų vidutinis derlingumas buvo 2,82 t·ha^{-1}, o stambiausių – 3 t·ha^{-1} (4 pav.).



4 pav. Grūdų derlingumas t·ha^{-1}

Fig. 4. *Grain yield t·ha^{-1}*

Grūdų derliaus skirtumas tarp pasėtų skirtingo stambumo sėklinių grūdų buvo apie 180 kg·ha^{-1}. Tyrimais buvo nustatyta, kad sėklinė medžiaga turėjo tiesioginę įtaka faktiniam grūdų derlingumui.

Išvados

1. Atlikus tyrimus buvo nustatyta, kad vieno augalo vidutinis stiebų skaičius kito nuo 2 iki 2,33, o vidutinis tankumas nuo 6,03 iki 6,23 mln·ha^{-1}. Esminių skirtumų tarp šių augalų rodiklių nebuvo nustatyta, todėl sėklinių grūdų dydis neturi įtakos augalo stiebų skaičiui.
2. Nustatyta, kad vidutinė tūkstančio grūdų masė kito nuo 28,93 iki 31,17 g, o faktinis grūdų derlingumas nuo 2,93 t·ha^{-1} iki 3 t·ha^{-1}, todėl galime teigti, kad sėklinių grūdų stambumas turėjo įtakos grūdų derliui.
3. Pasėjus skirtingo stambumo sėklinius grūdus, faktinis grūdų derlingumo skirtumas siekia apie 180 kg ha^{-1}. Norint pasiekti gerų gamybinių rodiklių rekomenduojama sėti stambiausius sėklinius grūdus.

Literatūra

1. Aliev E., Y. V. (2017). Research of physical and mechanical properties of oilseed crops. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 19(3), 103–108. Prieiga per internetą: http://aliev.in.ua/doc/stat/2017/stat_11.pdf
2. Dr. Laura Masilionytė LAMMC Joniškėlio bandymų stotis Renata Baltrušienė, ŽŪR, 2018. Kokybiška sėkla – didesnis produktyvumas. Mano ūkis, žiūrėta [2023-02-21). Prieiga per internetą: https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2018/07/kokybiska-sekla-didesnis-produktyvumas/
3. Vaiciukevičius, E. Sėklų aerodinaminių savybių nustatymas. Laboratoriniai darbai, 2010. LŽŪU ŽŪM.
4. Giyevskiy, A. M., Orobinsky, V. I., Tarasenko, A. P., Chernyshov, A. V., & Kurilov, D. O. Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 327, No. 4, p. 042035. DOI 10.1088/1757-899X/327/4/042035
5. Liakas, V. (1998). Žieminių kviečių auginimo technologijos: 5–7 t/ha grūdų derliui gauti. Mano ūkis. 1998, Nr. 6.
6. Orobinsky, V. I., Gievsky, A. M., Baskakov, I. V., Gulevsky, V. A., & Chernyshov, A. V. (2021, November). Analysis and features of operation of fractional grain cleaners and secondary seed cleaning separators. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 845, No. 1, p. 012064). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/845/1/012064
7. Raudonius, S. (2009). Mokslinių tyrimų planavimas ir analizė: mokomoji knyga.
8. Romaneckas, K., Pilipavičius, V., Trečiokas, K., Šarauskis, E., & Liakas, V. (2011). Agronomijos pagrindai: vadovėlis.
9. Vaiciukevičius E., Strakšas A. Grikių biometrinių rodiklių ir aerodinaminių savybių tyrimas. LŽŪU mokslo darbai. 2009. Nr. 83 (36), P. 92–97.

10. Zareian, A., Hamidi, A., Sadeghi, H., & Jazaeri, M. R. (2013). Effect of seed size on some germination characteristics, seedling emergence percentage and yield of three wheat (Triticum aestivum L.) cultivars in laboratory and field. Middle-East Journal of Scientific Research, 13(8), 1126–1131, DOI 10.5829/idosi.mejsr.2013.13.8.651

Kęstutis Stravinskas, Edvardas Vaiciukevičius

Research on the Influence of Biometric Indicators of Spring Wheat “Kapitol” Grains on Their Vegetation and yield

There is a lack of data in the literature on the influence of seed grain coarseness on plant vegetation and yield. This article presents the 2022 spring wheat "Kapitol" yield tests were carried out for sowing using grains of different sizes. The wheat grains used for the research were sorted on a laboratory bench in an inclined air flow. The plants were monitored throughout the vegetation period. The research found that the coarseness of the seeds significantly influenced the mass of one thousand grains and the actual yield. It was found that the best results were obtained in the fields that were sown with grains of the largest fraction, the average length of which was 5.93 mm, width – 2.97 mm, weight of 1000 grains was 45 g.

Grains with a mass of 1000 grains ranging from 40 to 45 g were used for the research. After analyzing the data, it was found that the average number of stems per plant was from 2 to 2.33, the density of the crop was from 6.03 to 6.23 million·ha^{-1}, the mass of one thousand grains after harvesting varied from 28.93 to 31.17 g. The difference in grain yield due to different grain size fractions was about 180 kg ha^{-1}.

Wheat, yield, air flow, grains.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Kęstutis STRAVINSKAS. 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 62179549, el. paštas: kestutis.stravinskas@vdu.lt
Kęstutis STRAVINSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 62179549, e-mail: kestutis.stravinskas@vdu.lt
Edvardas VAICIUKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. +370 752357, el. paštas: edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt
Edvardas VAICIUKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752357, e-mail: Edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt

EKOLOGINĖ PIKTŽOLIŲ KONTROLĖ NAUDOJANT KVICK FINN SISTEMĄ

Rokas Plepys, Antanas Juostas, Eglė Jotautienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Necheminės piktžolių kontrolės svarba įgauna vis didesnę, svarbą žemės ūkyje. Inovatyvių, mechaninių piktžolių agrotechninių priemonių naudojimas suteikia galimybę ne tik naikinti piktžoles, tačiau tuo pačiu metu gerinti dirvožemio chemines ir fizikines savybes bei augalų mitybos ir vystymosi sąlygas. Po derliaus nuėmimo svarbus technologinis procesas yra pabirų ir piktžolių sudaiginimas ir jų naikinimas dar ankstyvoje vystymosi stadijoje. Šio tyrimo tikslas buvo nustatyti piktžolių naikinimo efektyvumą panaudojant mechaninį piktžolių naikinimo būdą. Tyrimui buvo panaudotas rotorinis, 4 m darbinio pločio, kultivatorius „Kvick Finn“ agregatuotas su 141,7 kW galios New Holland TM190 traktoriumi. Tyrimo metu paskirtame piktžolių naikinimo lauko plote, po javų nuėmimo, dirva buvo įdirbama rotoriniu kultivatoriumi, išpurenant dirvą 70 mm gyliu ir rotoriaus pagalba išmetant piktžoles ir jų šaknis ant dirvos paviršiaus. Išmestos ant dirvos piktžolės, pasirinktinai iš keturių skirtingų 1 m^2 lauko plotelių buvo surenkamos, skaičiuojamos ir sveriamos. Piktžolių naikinimo efektyvumui nustatyti, tame pačiame lauke, buvo atlikti trys penkių dienų intervalu važiavimai. Gauti rezultatai parodė, kad piktžolių kiekis po trečio pravažiavimo lyginant su piktžolių kiekiu po antrojo pravažiavimo vidutiniškai sumažėjo iki 17,6 %, arba vidutiniškai iki 5,72 % lyginant su piktžolių kiekiu po pirmojo pravažiavimo, tai sudarė 191,2 g m^2 pasvertų piktžolių kiekio. Vertinant degalų ekonomiškumą galima matyti, jog degalų ekonomija trečiuoju važiavimu, lyginant su pirmuoju pravažiavimu, sudaro 2,25 l ha^{-1}, arba 1 ha įdirbimo ekonomija trečiuoju važiavimu sudarytu 3,38 Eur ha^{-1}, lyginant su pirmojo važiavimo degalų sąnaudomis.

Pūdymas, rotacinis kultivatorius, piktžolių kontrolė.

Įvadas

Žemės ūkio veikla tiesiogiai ir netiesiogiai daro įtaką vandeniui, orui, kraštovaizdžiui ir visai gyvajai gamtai. Nuo ūkininkavimo būdo, ūkio dydžio ir intensyvumo priklauso žemės ūkio daroma įtaka aplinkai. Didėjant žemės ūkio gamybos specializacijai bei intensyvumui, didėja ir neigiamas poveikis aplinkai. Nuo XX a. aštuntojo dešimtmečio pradžios visame pasaulyje pradėjo sklisti ekologinio ūkininkavimo idėjos. Ekologinio ūkininkavimo plėtrą skatino stiprėjantis susirūpinimas aplinkos apsauga, palankesnių kaimo ekonominių ir socialinių problemų sprendimo būdų paieška, sveikatos problemos. Lietuvoje itin sparčiai ekologinių ūkių pagausėjo 2004–2006 m., nes buvo siekiama didesnės išmokų sumos. 2007 m. sugriežtinus reikalavimus paramai gauti ir sumažinus rėmimą, ūkių skaičius pradėjo mažėti, tačiau sertifikuotas ekologinės gamybos plotas didėjo. 2014–2020 m. laikotarpiu skiriamos paramos tikslas buvo skatinti ekologinių ūkių konkurencingumą (Jurkšaitienė, Klimavičius, 2016). Didėjant sveiko, neužteršto pesticidų likučiais, maisto poreikiui ir ieškant būdų, kaip išsaugoti ir padidinti dirvų derlingumą, tapo svarbu kultūrinius augalus auginti ekologiškai.

Piktžolės – nepageidaujami augalai pasėliuose, nes jos daro tiesioginę ir netiesioginę žalą žemės ūkio augalams. Dėl piktžolių plitimo patiriama ne tik didelių derliaus nuostolių, bet ir padidėja žemės dirbimo kaštai, mažėja sąnaudų efektyvumas, prastėja žemės ūkio augalų kokybė. Necheminės piktžolių kontrolės priemonės gali padėti išspręsti nemažai globalinių problemų: socialinių, ekonominių, aplinkosauginių, sumažinti globalinį atšilimą, išsaugoti biologinę įvairovę, sumažinti vandens ir dirvožemio taršą. Herbicidai yra dominuojanti priemonė, kuri naudojama apsaugoti nuo piktžolių moderniuose ūkiuose, veikianti daugelį piktžolių, bet tai nėra vienintelis piktžolių kontrolės sprendimo būdas. Cheminės piktžolių kontrolės taikymas lėmė piktžolių atsparumą herbicidams (Egan et al., 2011). B. Heap (2016) pateikia duomenis, kad visame pasaulyje yra 383 piktžolių biotipai, iš kurių 208 piktžolių rūšių yra atsparios herbicidams. Net 20 šalių patvirtino, jog plačiausiai naudojamam herbicidui – glifosatui – atsparios 23 piktžolių rūšys. Svarbiausias uždavinys – efektyvus ekologiškų piktžolių naikinimo metodų, kurie padėtų išlaikyti aplinkos tvarumą, taikymas mūsų klimatinėmis sąlygomis.

Tyrimų tikslas – nustatyti mechaninės piktžolių kontrolės sistemos efektyvumą naikinant piktžoles.

Tyrimų metodika

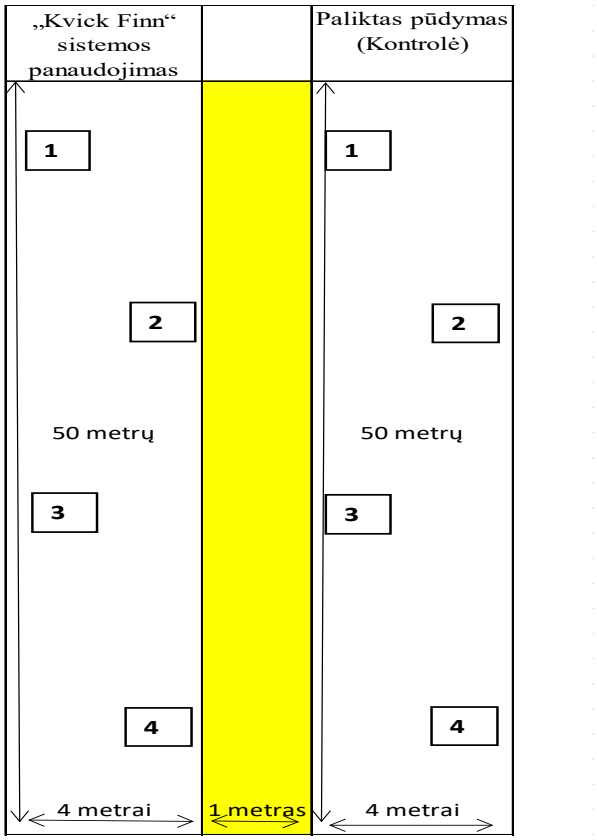
Eksperimente naudotas „Kvick-Finn“ rotorinis kultivatorius su traktoriumi „New Holland TM190“. Pagrindinės, eksperimentiniame tyrime panaudoto žemės ūkio padargo ir traktoriaus, techninės charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Tyrime naudotų mašinų pagrindinės techninės charakteristikos
Table 1. *Main technical characteristics of the machines used in the study*

Mašinos pavadinimas	Aprašymas	Matavimo vienetas	Reikšmė
New Holland TM190	Variklio galia	kW	141,7
	Galios tiekimo veleno sūkių režimai	min^{-1}	540 / 1000
Rotorinis kultivatorius Kvick Finn	Užgriebio plotis	m	4
	Rotoriaus sukimosi dažnis	min^{-1}	1000
	Rotoriaus darbinių pirštų skaičius	vnt	64

Rotorinio kultivatoriaus „Kvick-Finn“ priekyje, vienoje eilėje, sumontuoti 8 noragai, kurių pagalba papjaunamos šaknys ir tuo pačiu išpurenama dirva. Už noragų eilės besisukantis rotorius su spyruokliniais pirštais sugriebia dirvoje išpjautas piktžoles ir besisukdamos išmeta jas į kultivatoriaus galą. Tokiu būdu, į orą išsviestos piktžolės dalinai nudžiovinamos nuo drėgmės bei apsivalo nuo dirvožemio likučių. Aukščiau, nei dirvožemio grumstai, į orą išsviestos piktžolės nukrenta paskiausiai ir paklojamos ant dirvos paviršiaus. Paskleistos piktžolės kaitinamos saulės spindulių bei gairinamos vėjo suvysta. Eksperimento metu pasirinktas 5 km h^{-1} traktorinio agregato važiavimo lauku greitis. Dirvožemio įdirbimo gylis 70 mm.

Piktžolių masės nustatymas. Piktžolių naikinimo efektyvumui nustatyti buvo naudojama R. Mockevičienės (2017) mokslinio tyrimo metodika. Po rotorinio kultivatoriaus „Kvick-Finn“ pravažiavimo lauku, iš eksperimentinio lauko atskirų vietų buvo nurenkamos piktžolės. Kaip parodyta 1 paveiksle, keturiose bandyminio lauko vietose, buvo dedamas 1 m^2 ploto rėmelis, iš kurio ploto ir buvo išrenkamos ant dirvos paviršiaus esančios piktžolės. Surinktos piktžolės buvo sveriamos precizinėmis Kern and Sohn firmos EW 620-3NM svarstyklėmis, kurių matavimo tikslumo klasė 0,001 g. Piktžolės, iš 4 skirtingų ėminių vietos (1 pav.), buvo surenkamos į atskirus maišelius ir sveriamos. Gauti duomenys surašyti į lentelę.



1 pav. Bandyminio lauko schema: 1, 2, 3, 4 – piktžolių ėminių rinkimo vietos
Fig. 1. *Scheme of the test field:1, 2, 3, 4 – weed sampling sites*

Eksperimentas buvo atliekamas viename ir tame pačiame priskirtame lauko plote. Eksperimentinio lauko ploto dydis – 200 m^2. Lauko plotis 4 m pasirinktas pagal rotorinio kultivatoriaus darbinį plotį. Lauko ilgis –

50 m. Greta eksperimentui skirto lauko, buvo paliktas tokių pačių išmatavimų laukas, kuriame nebuvo taikomos jokios piktžolių kontrolės priemonės. Šis laukas buvo paliktas piktžolėtumo duomenų sugretinimui atlikti ir vadinamas– kontrole. Tarp eksperimentinio ir kontrolinio laukų buvo palikta 1 m pločio laukų atskyrimo juosta. Eksperimentas atliktas po javų derliaus nuėmimo. Javų derlius buvo nuimtas rugsėjo 3 d. Eksperimentiniame lauke, piktžolių ir pabirų sudaiginimui, dviem pravažiavimais buvo atliktas dirvos skutimas diskiniu skutiku „DLM5“. Įdirbimo gylis 70–90 mm. Po 7 dienų, sudygus piktžolėms, eksperimentinis laukas buvo įdirbtas rotoriniu kultivatoriumi „Kvick Finn“. Surinktos ant dirvos paviršiaus esančios piktžolės. Taip eksperimentas buvo kartojamas dar du kartus, rotoriniu kultivatoriumi kartojant pravažiavimus bei surenkant ant dirvos paviršiaus išmestas piktžoles. Viso, eksperimentui skirtu lauku atlikti trys, kas 5 dienos, pakartotini rotorinio kultivatoriaus pravažiavimai. Išlaikomas vienodas įdirbimo gylis. Tuo pačiu metu, piktžolėtumo lygio nustatymui ir duomenų su įdirbamu lauku sugretinimui, kontrolės lauke numatytose vietose išpjaunamos ir susveriamos sudygusios piktžolės.

*Dyzelino sąnaudų nustatymas***.** Traktorius eksperimentinio lauko pradžioje buvo papildomas degalais iki užpylimo angos. Po kiekvieno pravažiavimo su rotoriniu kultivatoriniu (2 pav.) „Kvick-Finn“ traktorius pakartotinai buvo papildomas dyzeliniais degalais iki užpylimo angos.

Papildytų degalų matavimo tikslumui užtikrinti panaudota graduota 500 ml menzūra NTD 542, kurios matavimo paklaida ±5 ml.

2 pav. Traktorius agregatuotas su padargu ekologinei piktžolių kontrolei

Fig. 2. *The tractor agregated with the implement for organic weed control*

Dirvožemio tipas. Eksperimentinio lauko dirvožemis yra karbonatingas rudžemis (Calcaric Cambisols) (Buivydaitė ir kt., 2001). Karbonatingųjų rudžemių pasitaiko įvairiose Lietuvos vietovėse, tačiau dažniausiai jie susidaro karbonatingose, nelabai dekalcifikuotose morenose, kuriose dar galutinai nepasireiškia išmolėjimas (lesivažas).

Rezultatai ir aptarimas

Eksperimentinių tyrimų metu buvo siekiama nustatyti mechaninės piktžolių kontrolės sistemos panaudojimo efektyvumą. Tirtame lauke vyravo vienaskiltės piktžolės – dirvinė smilgulė, tuščioji aviža, vienmetė miglė bei paprastoji rietmenė. Iš dviskilčių piktžolių populiacijos vyravo – baltoji balanda, dirvinė čiužutė, dirvinis garstukas ir kibusis lipikas (2 lentelė).

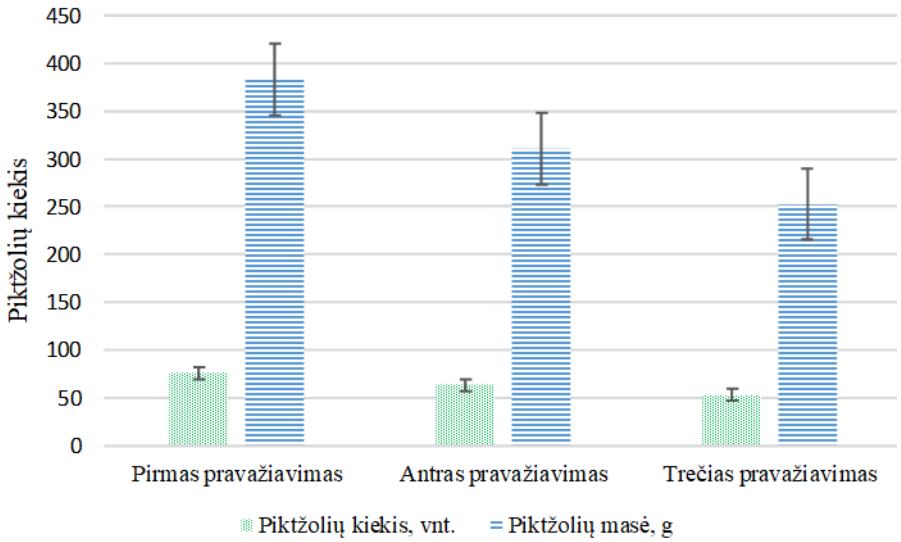
Mechaninių piktžolių kontrolės priemonių taikymą paskatino vis didėjančios cheminių augalų apsaugos priemonių kainos, piktžolių atsparumas naudojamiems preparatams. Svarbų vaidmenį mechaninių piktžolių kontrolės priemonių taikyme atlieka ir naujos Europos Sąjungos direktyvos ir reikalavimai skatinantys tvarios žemdirbystės, saugaus maisto bei gamtos ir žmogaus saugos priemonių naudojimą.

2 lentelė. Mechaninės piktžolių kontrolės duomenys

Table 2. *Mechanical weed control data*

Pravažiavimų skaičius	Piktžolių kiekis, vnt.	Piktžolių masė, g	Vyraujančios piktžolės		Sunaudoto dyzelino kiekis, ml
			Vienaskiltės	Dviskiltės	
Pirmas pravažiavimas	79	402,47	Dirvinė smilgulė	Baltoji balanda	740
	73	360,91	Tuščioji aviža	Dirvinė čiužutė	
	75	380,28	Vienmetė miglė	Dirvinis garstukas	
	76	386,79	Paprastoji rietmenė	Kibusis lipikas	
Antras pravažiavimas	28	115,31	Dirvinė smilgulė	Baltoji balanda	700
	33	128,12	Tuščioji aviža	Dirvinė čiužutė	
	35	134,43	Vienmetė miglė	Dirvinis garstukas	
	29	119,56	Paprastoji rietmenė	Kibusis lipikas	
Trečias pravažiavimas	10	32,08	Vienmetė miglė	Dirvinis garstukas Kibusis lipikas Dirvinė našlaitė	695
	2	12,71			
	3	16,34			
	6	26,46			
Kontrolė	74	371,13	Dirvinė smilgulė	Baltoji balanda	Piktžolių kontrolės priemonės netaikytos
	75	369,64	Tuščioji aviža	Dirvinė čiužutė	
	80	413,24	Vienmetė miglė	Dirvinis garstukas	
	79	400,71	Paprastoji rietmenė	Kibusis lipikas	

Atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad naudojant rotorinį „Kvick Finn“ piktžolių kontrolės kultivatorių, galima mažinti piktžolių skaičių pasėlyje. Po antrojo piktžolių kontrolės sistemos panaudojimo, piktžolių kiekis gramais lyginant su piktžolių kiekiu po pirmojo pravažiavimo sumažėjo 32,5 %, kas sudarė 252,6 g m^2. O piktžolių kiekis po trečio pravažiavimo lyginant su piktžolių kiekiu po antrojo pravažiavimo vidutiniškai sumažėjo iki 17,6 %, arba vidutiniškai iki 5,72 % lyginant su piktžolių kiekiu po pirmojo pravažiavimo, tai sudarė 191,2 g m^2 pasvertų piktžolių kiekio.



3 pav. Piktžolių kiekis po mechaninio piktžolių apdorojimo rotoriniu kultivatoriumi

Fig. 3. *Weed content after mechanical weeding with a rotary cultivator*

Atitinkamai sumažėjo ir augalų kiekis vienetais. Po pirmojo rotorinio kultivatoriaus pravažiavimo vidutiniškai buvo surinkta 75,8 augalo. Po antrojo pravažiavimo surinktos vidutiniškai – 63 piktžolės, tai 41,3 % mažiau piktžolių nei po pirmojo važiavimo. O trečiuoju važiavimu vidutiniškai buvo surinkta 16,8 % piktžolių lyginant su antruoju važiavimu, arba tai sudaro vos 6,93 % visų piktžolių skaičiaus lyginant su piktžolių kiekiu surinktu po pirmojo pravažiavimo.

Iš 2 lentelės duomenų matyti, jog degalų sąnaudos kiekvieno važiavimo metu skyrėsi nežymiai. Pirmuoju važiavimu degalų sąnaudos perskaičiavus 1 ha sudarytų 37 l dyzelinių degalų. O dėl puresnės dirvos struktūros po kelių pravažiavimų jau sudarė 34,75 l ha^{-1} arba trečiuoju važiavimu buvo sunaudota 6,1 % mažiau degalų

lyginant su pirmuoju važiavimu sunaudotų degalų kiekiu. Vertinant degalų ekonomiškumą galima pasakyti, jog degalų ekonomija trečiuoju važiavimu, lyginant su pirmuoju pravažiavimu, sudaro 2,25 l ha^{-1}. Priimant, jog ūkininkai už dyzelinius degalus moka 1,5 Eur l^{-1}, vieno hektaro įdirbimo ekonomija trečiuoju važiavimu sudarytu 3,38 Eur ha^{-1}, lyginant su degalų sąnaudomis pirmuoju važiavimu.

Išvados

1. Mechaninių piktžolių kontrolės priemonių taikymas tampa vis svarbesnis dėl didėjančios cheminių augalų apsaugos priemonių kainų, piktžolių atsparumo naudojamiems preparatams, o taip pat prisideda prie tvarios žemdirbystės, saugaus maisto bei gamtos ir žmogaus saugos užtikrinimo.
2. Piktžolių kiekis po trečio pravažiavimo lyginant su piktžolių kiekiu po antrojo pravažiavimo vidutiniškai sumažėjo iki 17,6 %, arba vidutiniškai iki 5,72 % lyginant su piktžolių kiekiu po pirmojo pravažiavimo, tai sudarė 191,2 g m^2 pasvertų piktžolių kiekio.
3. Trečiuoju važiavimu vidutiniškai buvo surinkta 16,8 % piktžolių lyginant su antruoju važiavimu, arba tai sudaro vidutiniškai 6,93 % visų piktžolių skaičiaus lyginant su piktžolių kiekiu surinktu po pirmojo pravažiavimo.
4. Vertinant degalų ekonomiškumą galima matyti, jog degalų ekonomija trečiuoju važiavimu, lyginant su pirmuoju pravažiavimu, sudaro 2,25 l ha^{-1}, arba 1 ha įdirbimo ekonomija trečiuoju važiavimu sudarytu 3,38 Eur ha^{-1}, lyginant su degalų sąnaudomis pirmuoju važiavimu.

Literatūra

1. Buivydaitytė V., Vaičys M., Juodis J., Motuzas A. Lietuvos dirvožemių klasifikacija. (2001), 34 p.
2. Egan J. F., Maxwell B. D., Mortensen D. A., Ryan M. R., Smith R. G. 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D)–resistant Q:1 crops and the potential for evolution of 2, 4-D–resistant weeds. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2011, vol. 108(11): p. 37.
3. Heap B. University Degree Course Offers: The Essential Guide to Winning Your Place at University. 46th edition, 2016, Book.
4. Jurkšaitienė N., Klimavičius D. Ekologinio ūkininkavimo plėtros ir paramos sąsajos Lietuvoje. Mokslo darbai [interaktyvus], 2016, 7(12): p. 47–48. [žiūrėta 2023-02-22]. Prieiga per internetą:
5. Mockevičienė R. Necheminių piktžolių kontrolės priemonių ir biologinių preparatų įtaka vasarinių rapsų agrocenozei. Daktaro disertacija, 2017, Akademija.
6. Wilkinson L. Systat. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2007, 2(2), 256–257.

Rokas Plepys, Antanas Juostas, Eglė Jotautienė

Investigation of Ecological Weed Control Using the Kvick Finn System

The importance of non-chemical weed control is becoming increasingly important in agriculture. The use of innovative, mechanical agrotechnical tools for weed control provides an opportunity not only to destroy weeds, but at the same time to improve the chemical and physical properties of the soil and the conditions for plant nutrition and development. After harvesting, an important technological process is the germination of weeds and their destruction at an early stage of development. The purpose of this study was to determine the effectiveness of weed control using mechanical weed control. The Kvick Finn rotary cultivator with a working width of 4 m combined with a 141.7 kW New Holland TM190 tractor was used for the research. In the area of the weeding field designated during the study, after harvesting the crops, the soil was cultivated with a rotary cultivator, loosening the soil to a depth of 70 mm and throwing weeds and their roots onto the soil surface with the help of the rotor. Weeds thrown onto the soil were collected, counted and weighed from four different 1 m2 field plots. To determine the effectiveness of weed control, three runs with an interval of five days were carried out in the same field. The obtained results showed that the amount of weeds after the third pass compared to the amount of weeds after the second pass decreased on average to 17.6%, or on average to 5.72% compared to the amount of weeds after the first pass, which amounted to 191.2 g m^2 of the amount of weeds weighed. When evaluating the fuel efficiency, it can be seen that the fuel economy in the third pass, compared to the first pass, is 2.25 l ha^{-1}, or the economy of cultivation of 1 ha in the third pass is 3.38 Eur ha^{-1}, compared to the fuel consumption of the first pass.

Fallow, rotary cultivator, weed control.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Rokas PLEPYS. 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 75 23 57, el. paštas: rokas.plepys@vdu.lt
Rokas PLEPYS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. master. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 75 23 57, e-mail: rokas.plepys@vdu.lt
Antanas JUOSTAS. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas; Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. 837752204, el. p. Antanas.Juostas@vdu.lt
Antanas JUOSTAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. professor. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752204, e-mail. Antanas.Juostas@vdu.lt
Eglė JOTAUTIENĖ. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorė; Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. 837752204, el. p. Egle.Jotautiene@vdu.lt
Eglė JOTAUTIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752204, e-mail. Egle.Jotautiene@vdu.lt

ŽEMĖS ŪKIO PRODUKCIJĄ GABENANČIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ ĮTAKOS TRIUKŠMO LYGIUI KELIO APLINKOJE TYRIMAS

Radvilė Sodaitienė, Gediminas Vasiliauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje analizuojama autotransporto sukeliamo triukšmo tarša ir kaip žemės ūkio produkciją gabenantis autotransportas prisideda prie bendro autotransporto srauto, o tuo pačiu ir prie triukšmo taršos. Atlikus informacijos šaltinių analizę nustatyta, jog autotransporto sukeliamas triukšmas kenkia žmonių emocinei bei fizinei sveikatai, tačiau yra nedaug tyrimų, kuriuose būtų analizuojama, kokia yra su žemės ūkiu susijusio transporto įtaka kelių aplinkos triukšmo lygiui. Triukšmo tyrimai ir vertinimas atlikti Pilviškių seniūnijoje, kelio Nr. 137 Pilviškiai – Šakiai – Jurbarkas atkarpoje ties Pilviškiais. Tyrimų metu buvo skaičiuojamas pravažiuojančių automobilių skaičius (srautas) ir atliekami transporto keliamo triukšmo matavimai įvairiais paros laikotarpiais. Nustatyta, kad sezono metu, kuomet transporto sraute yra ženkliai daugiau žemės ūkio produkciją gabenančio autotransporto, triukšmo lygis gali siekti net iki 85,4 dB dienos, 96,6 dB vakaro ir 84,2 dB nakties laikotarpiais, kai tuo tarpu ne sezono metu fiksuotas autotransporto priemonių skaičius yra 15 % mažesnis, o tuo pačiu ir triukšmo lygis yra mažesnis.

Triukšmo lygis, kaimiška vietovė, žemės ūkio technikos triukšmas.

Įvadas

Transporto infrastruktūros sukeliamas triukšmas yra vienas pagrindinių akustinės taršos šaltinių tiek miestuose, tiek mažesniuose miesteliuose, tiek gyvenvietėse, kurie yra įsikūrę šalia judresnių valstybinės, rajoninės ar vietinės reikšmės kelių. Žmonių sveikatai ir gyvenimo kokybei didelę įtaką daro nuo tokių kelių sklindančio ir gyvenamojoje aplinkoje esančio triukšmo lygis ir šio triukšmo spektras (Sobotova, 2013). Didėjant autotransporto srautams keliuose, tiek miestų, tiek miestelių ar kaimiškų vietovių gyventojai ilgainiui gali patirti įvairius su darbingumo sumažėjimu, triukšmo erzinančiu poveikiu susijusias pasekmes ar netgi įvairius sveikatos sutrikimus (Ketzel, 2019).

Regionuose, kuriuose išvystytas žemės ūkis, dažnai keliuose dalį autotransporto srauto sudaro žemės ūkio mašinos, traktoriai ar traktorių – priekabų junginiai. Augant dirbamos žemės plotams, didėja ir žemės ūkio technikos poreikis. To padarinys yra ir padidėjęs triukšmo lygis, tiek dienos, tiek, kai kada ir nakties valandomis. Aplinkos triukšmo vertinimas šalia tokių kelių dažniausiai apsiriboja atsitiktiniais matavimais esant poreikiui (gyventojų skundams ar pan.), o valstybinės reikšmės keliams atliekamas ir periodiškai triukšmo kartografavimu. Kadangi triukšmo kartografavimas atliekamas tik keliams, atitinkantiems tam tikrus vidutinio metinio paros eismo intensyvumo (VMPEI) kriterijus, dažnai mažesnio intensyvumo kelių aplinkoje triukšmo lygio stebėsena ir vertinimas nėra vykdomas. Tokiems kelių ruožams, kuriuose aktyviausiu sezono metu transportuojama žemės ūkio produkcija, turi būti skiriamas dėmesys, nes jų aplinkoje yra tikėtinas triukšmo lygio padidėjimas.

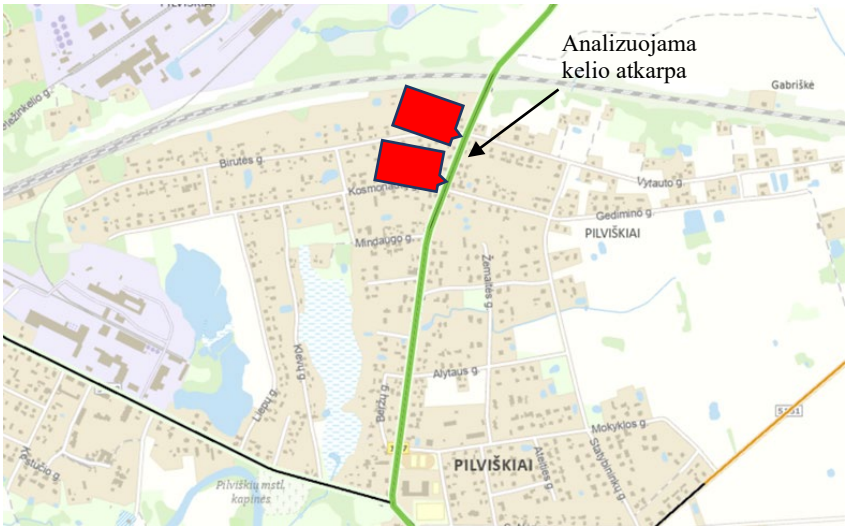
Zhang ir kt. (2017) savo tyrime analizavo kaip didėjantis žemės ūkio technikos augimas ir jo sukeliamas triukšmas įtakoja aplinkos taršą. Jų tyrime buvo analizuojamas ne tik pravažiuojantis autotransportas, tačiau ir kelio atkarpos ypatybės, vietovės reljefas, amplitudės. Kadangi intensyviausias žemės technikos padidėjimas laukuose vyksta grūdų nuėmimo laikotarpiu (kai iš laukų išvežama produkcija), šiame minėtame tyrime analizuota 60 kaimų, ir šių kaimų išsidėstymas šalia kelių į laukus, taip pat kokios įtakos triukšmo lygiui turi kelio ir kelio gretimybių altitudės ir padėtis. Analizuojama kaip kelio ar lauko ploto pakilimas sumažintų triukšmo sklaidą. Garso šešėlio zona, kurią sudaro aukštesnis kelio lygis lyginant su šalia esančiais laukais, būtų palankesnis triukšmo mažinimui (Kang ir kt., 2018).

Triukšmo poveikio mastas Lietuvoje, kaip ir kitose Europos Sąjungos (ES) šalyse vertinamas pagal ES aplinkos triukšmo direktyvą 2002/49/EB „Dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo“. Šią direktyvą šalies teisinėje bazėje papildo Lietuvos higienos norma HN 33:2011„Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“, kurioje nustatyti didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai dienos (7–19 val., ribinė vertė L_{dienos}=65 dBA), vakaro (19–22 val., ribinė vertė L_{vakaro}=60 dBA) ir nakties (22–7 val., ribinė vertė $L_{nakties}$=55 dBA).

Šio tyrimo tikslas atlikti kelio ruožo eismo intensyvumo skaičiavimus ir aplinkos triukšmo matavimus bei nustatyti kokią įtaką eismo intensyvumui ir triukšmo lygiui turi žemės ūkio transporto srautų padidėjimas sezono metu.

Tyrimų metodika

Tyrimo objektas, kuriame buvo atliekami tyrimai, buvo kelio atkarpa Nr.137 Pilviškiai – Šakiai – Jurbarkas, kurioje buvo atliekami žemės ūkio technikos skleidžiamo triukšmo matavimai ir eismo intensyvumo skaičiavimai. Ši kelio atkarpa yra Vilkaviškio rajono savivaldybėje, Pilviškių miestelyje. Kadangi intensyviausias žemės ūkio technikos srauto padidėjimas viešojo naudojimo gatvėmis ir keliais yra sezono metu, javapjūtės laikotarpiu, ši kelio atkarpa tyrimui buvo pasirinkta dėl to, jog šiuo keliu į už miestelio esančius grūdų supirkimo elevatorius yra gabenami grūdai. Analizuojamo kelio ruožo padėtis ir triukšmo matavimo taškų padėtis pateikiama 1 paveiksle.



1 pav. Analizuojamo kelio atkarpa. 1 – Matavimo taškas Nr. 1; 2 – Matavimo taškas Nr. 2

Fig 1. *Section of the analyzed road. 1 – Measurement point No. 1; 2 – Measurement point No. 2*

Tyrimas atliktas 2022 metais, tiek aplinkos triukšmo matavimai kelio aplinkoje, tiek eismo intensyvumo skaičiavimai atlikti pirmuoju matavimo laikotarpiu (vasarą rugpjūčio 16d) ir antruoju matavimo laikotarpiu (rudenį spalio 5d), kaip rekomenduoja vidutinio metinio paros eismo intensyvumo apskaičiavimo iš trumpalaikio matavimo duomenų rekomendacija (R) VMPEI TM 20. Aplinkos triukšmo matavimas buvo atliekamas naudojant pirmosios tikslumo klasės triukšmo lygio matuoklį Bruel & Kjaer 2250. Tyrimo trukmė ir matavimo laikotarpis – viena valanda, kurios metu buvo matuojami aplinkos triukšmo rodiklis $L_{A,eq}$, $L_{A,max}$ ir oktavinis triukšmo lygio spektras $L_{p,oct}$. Triukšmo lygio matavimai buvo atliekami trimis paros laikotarpiais – dieną, vakare ir naktį. Aplinkos triukšmo matavimai buvo atliekami remiantis LST ISO 1996-2:2008 pateiktais nurodymais.

Tyrimo metu tuo pačiu metu su atliekamais aplinkos triukšmo matavimais buvo atliekamas ir pravažiavusio keliu autotransporto priemonių srauto skaičiavimas. Transporto priemonių skaičius buvo skaičiuojamas vizualiai, fiksuojant keliu pravažiuojančias lengvąsias transporto priemones (iki 3,5 t masės), sunkiasvores/krovinines transporto priemones (>3,5 t) ir pravažiuojančią žemės ūkio techniką (traktorius, traktorių-priekabų junginius, traktorius su padargais). Atkarpoje pasirinkti du taškai, kuriuose 7,5 m., nuo kelio dangos ir 1,5 m., aukščio nuo žemės, pastatomas triukšmo matuoklis, sukalibruojant ir paleidžiamas triukšmo matavimui, vietos vaizdas pateikiamas 1 pav.

Rezultatai ir aptarimas

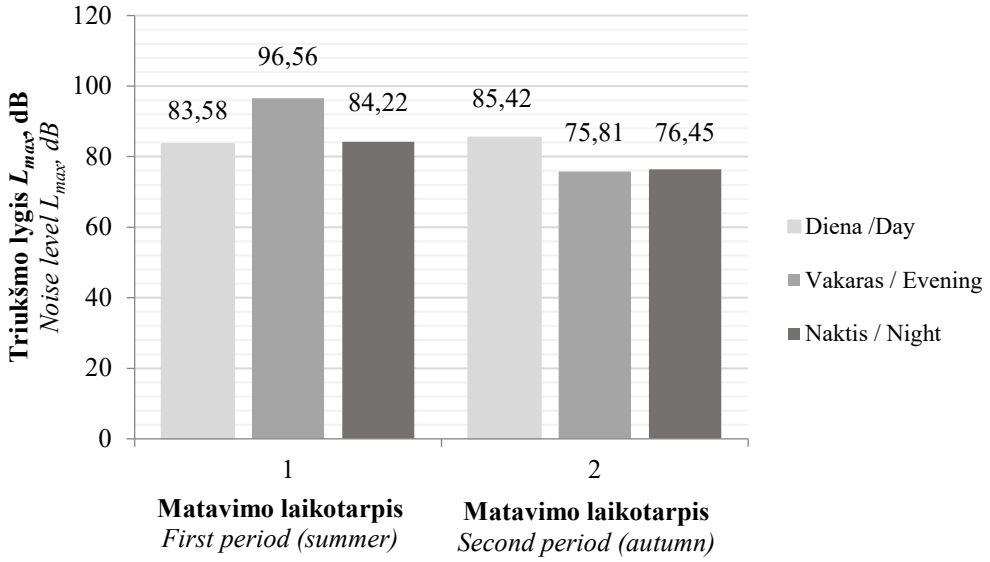
Tyrimo metu didžiausias autotransporto srautas buvo fiksuotas pirmuoju matavimo laikotarpiu 3 291. Iš visų keliu pravažiavusių transporto priemonių, didžiausią dalį sudarė lengvosios transporto priemonės dienos metu pirmuoju matavimo laikotarpiu 1 498 ir antruoju laikotarpiu 1 392 vnt. Detalūs transporto srautų duomenys ir jų sudėtis pateikiami 1 lentelėje.

Iš pateiktų duomenų matoma, kad dienos laikotarpiu bendras pravažiavusio autotransporto srautas skiriasi 15 % lyginant pirmąjį (vasaros) ir antrąjį (rudens) laikotarpius. Nustatytas vakaro laikotarpio eismo intensyvumo skirtumas buvo dar didesnis ir siekė net 41 %, o nakties metu skirtumas siekė iki 17 %. Šie duomenys rodo, jog sezono metu, eismo intensyvumas buvo visais paros laikotarpiais fiksuotas didesnis, o bendras autotransporto srautas sezono metu pirmuoju laikotarpiu buvo apie 10 % didesnis už antrąjį.

1 lentelė. Pravažiavusio autotransporto paros eismo intensyvumo duomenys analizuojamoje kelio atkarpoje
Table 1. *Data on the daily traffic intensity of passing vehicles in analyzed road*

Paros laikotarpis	Pirmasis laikotarpis *First period*				Antrasis laikotarpis *Second period*			
	Bendras srautas / *Total count*	Lengvosios mašinos / *Cars*	Sunkiasvoris transportas / *Heavy-vehicles*	Žemės ūkio technika / *Agricultural machines*	Bendras srautas / *Total count*	Lengvosios mašinos / *Cars*	Sunkiasvoris transportas / *Heavy-vehicles*	Žemės ūkio technika / *Agricultural machines*
Diena/*Day*	1810	1498	198	114	1629	1392	198	39
Vakaras/*Evening*	1250	1098	102	50	403	348	55	-
Naktis/*Night*	231	140	80	11	193	112	81	-

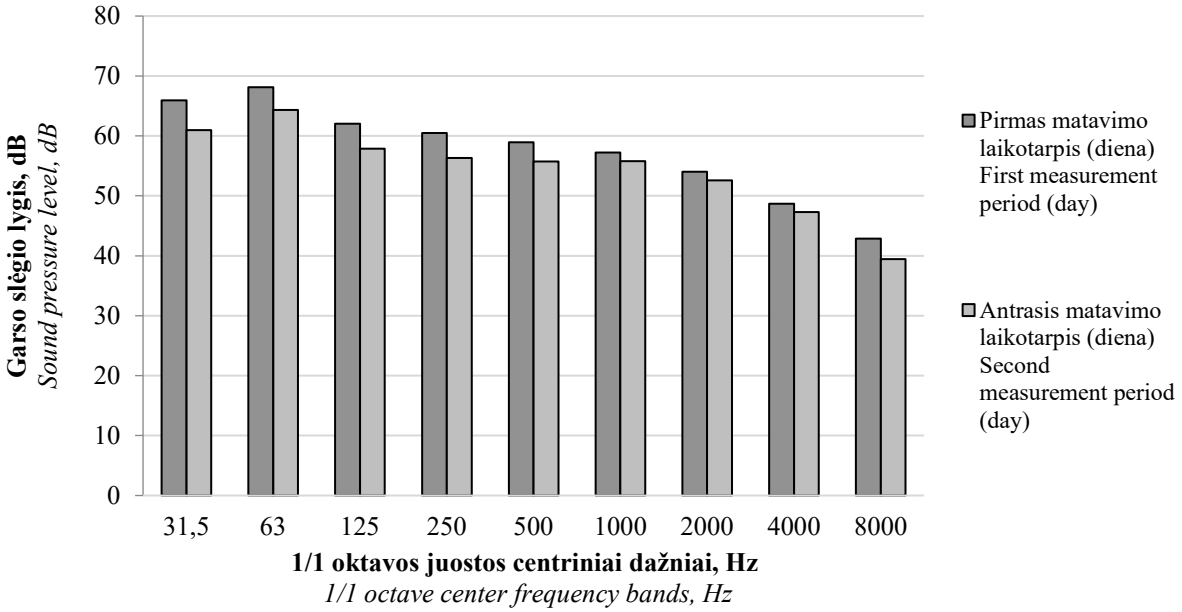
Kadangi kelio eismo intensyvumas yra vienas pagrindinių rodiklių, įtakojančių kelio aplinkoje esantį triukšmą, taip pat buvo atlikti ir triukšmo matavimai kelio aplinkoje. Gauti matavimo rezultatai pateikiami 2 paveiksle, kur pateikiami maksimalūs užfiksuoti triukšmo lygiai. Gauti rezultatai rodo, jog antruoju (ne sezono metu) matavimo laikotarpiu gautos triukšmo lygio reikšmės yra ženkliai mažesnės vakaro ir nakties laikotarpiais, lyginant su triukšmo lygio matavimo rezultatais sezono metu.



2 pav. Maksimalaus triukšmo lygio matavimo rezultatai analizuojamoje kelio atkarpoje
Fig 2. *The results of the maximum noise level measurement*

Iš pateiktų duomenų matoma, kad triukšmo lygis dienos laikotarpiu pirmuoju matavimo laikotarpiu vasarą dienos metu siekė ~83,6 dBA, o antruoju rudens laikotarpiu 85,4 dBA. Lyginant bendrą autotransporto srautą su triukšmo lygio matavimo rezultatais matoma, jog eismo intensyvumo padidėjimas ženkliai įtakoja autotransporto sukeliamą triukšmo lygį, o maksimalus triukšmo lygis $L_{A,max}$ dėl keliu pravažiuojančios žemės ūkio technikos gali padidėti net iki 11 dBA. Tai rodo, jog žemės ūkio technika turi ženklios įtakos triukšmo lygio didėjimui.

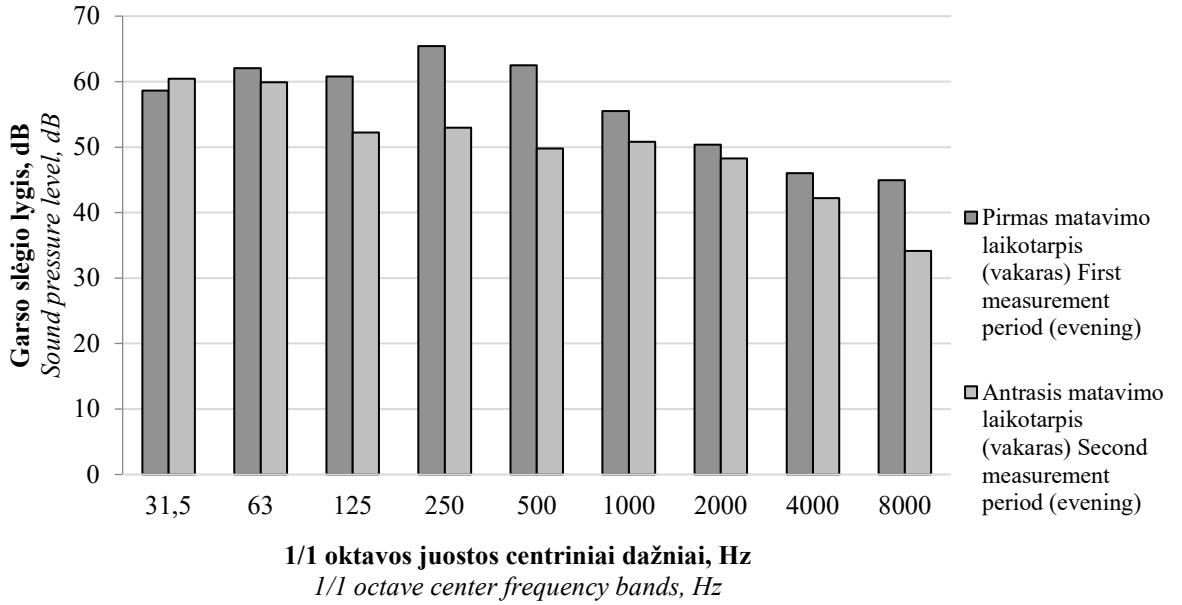
Atlikus nagrinėjama kelio atkarpa pravažiuojančių autotransporto priemonių sukeliamo triukšmo matavimus taip pat buvo analizuojamas ir oktavinis triukšmo lygių spektras įvairiais paros laikotarpiais. Šia analize buvo siekiama palyginti, triukšmo lygio spektrus ir lygis įvairios dažnių srityje (žemų, vidutinių ir aukštų). Šie duomenys skirtingais paros laikotarpiais yra pateikiami toliau 3–5 paveiksluose. Iš gautų matavimo rezultatų galima pastebėti, kad pirmuoju matavimo laikotarpiu sezono metu dienos laikotarpiu, garso slėgio lygiai buvo didžiausi žemų dažnių srityje (31,5–125 Hz juostose). Lyginant triukšmo lygius pirmuoju ir antruoju laikotarpiais matoma, jog didesnis žemės ūkio technikos srautas sezono ženkliausiai padidino triukšmo lygį žemų dažnių srityje (31,5–125 Hz juostose vidutiniškai ~5 dBA), kai vidutinių ir aukštų dažnių srityse tik iki ~2 dBA.



3 pav. Išmatuoti triukšmo lygio spektrai analizuojamo kelio aplinkoje dienos laikotarpiu

Fig. 3. *Measured noise level spectra in daytime*

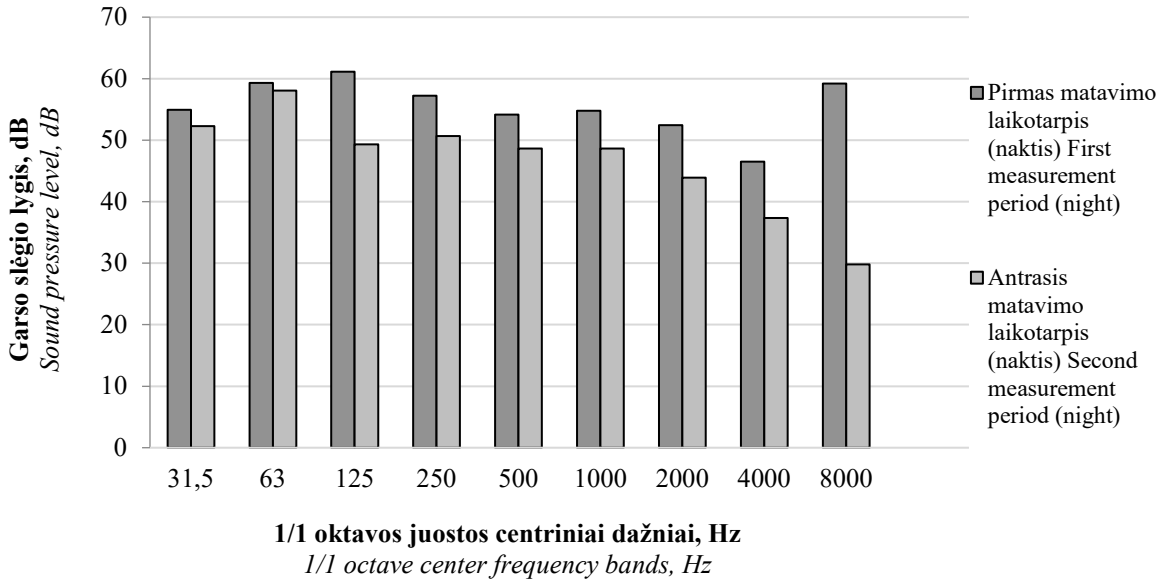
4 paveiksle pateikiami matavimo rezultatai vakaro laikotarpiu, kur matoma ženklesnė sunkiasvorio ar žemės ūkio transporto triukšmo įtaka triukšmo lygiui oktavos juostose. Taip yra tikriausiai dėl to, jog vakaro metu bendras autotransporto srautas yra mažesnis, o sunkiasvorio transporto dalis santykinai yra didesnė. Dėl šios priežasties gauta, jog vidutinių dažnių srityje (250–1000 Hz) triukšmo lygio skirtumas pirmuoju ir antruoju laikotarpiais skyrėsi net iki 13 dB.



4 pav. Išmatuoti triukšmo lygio spektrai analizuojamo kelio aplinkoje vakaro laikotarpiu

Fig. 4*. Measured noise level spectra in evening*

Panašūs į rezultatus vakaro laikotarpiu buvo ir matavimų rezultatai nakties laikotarpiu. Iš duomenų, pateikiamų 5 paveiksle galima matyti, jog didžiausi skirtumai buvo fiksuojami vidutinių ir aukštų dažnių diapazone. Tai aiškintina ne tokia žymia sunkiasvorio autotransporto dalimi bendrame sraute ir procentiškai didesne lengvųjų transporto priemonių dalimi antruoju matavimo laikotarpiu.



5 pav. Išmatuoti triukšmo lygio spektrai analizuojamo kelio aplinkoje nakties laikotarpiu

Fig. 5. *Measured noise level spectra at nighttime*

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, jog kelio aplinkoje, kurioje atskirais metų mėnesiais ar sezonais esantis didesnis nei vidutinis autotransporto eismo intensyvumas, kuriame didžiąją dalį sudaro sunkiasvoris autotransportas ar žemės ūkio technika, dėl kurios autotransporto srauto padidėjimas ir įtaka maksimaliam triukšmo lygiui gali būti net iki 10 dBA didesnė nei ne sezono metu. Tai rodo, jog keliuose, kuriuose tokio autotransporto dalis yra daugiau nei 10–15 proc., nuo bendro srauto, tikėtinas ženklus triukšmo lygio padidėjimas.

Išvados

1. Nustatyta, jog kelio atkarpoje, kurioje sezono metu yra intensyviai gabenama žemės ūkio produkcija bei pravažiuoja žemės ūkio technika, bendro autotransporto srauto padidėjimas siekia iki 10 proc. nuo bendro autotransporto srauto. Šis srauto prieaugis yra reikšmingas prognozuojant triukšmo lygį tokių kelių aplinkoje, nes sraute labiausiai išauga sunkiasvorių (triukšmingiausių) autotransporto priemonių.
2. Atlikus keliu pravažiuojančio autotransporto triukšmo lygio matavimus nustatyta, kad eismo srauto padidėjimas sezono metu turi įtakos triukšmo lygiams kelio aplinkoje. Nustatyta, jog ne sezono laikotarpiu maksimalus triukšmo lygis kelio aplinkoje gali būti net iki ~8 dBA aukštesnio lygio nakties laikotarpiu ir ~2 dBA – dienos laikotarpiu.
3. Gauti triukšmo lygio matavimo rezultatai oktavos juostose rodo, jog autotransporto sukeliamas triukšmas, kai jame yra sunkiasvorio žemės ūkio autotransporto, visais paros laikotarpiais lemia aukštesnius triukšmo lygius oktavos juostose nei tokio autotransporto sraute nesant. Priklausomai nuo srauto sudėties ir procentinės sunkiasvorio ir žemės ūkio autotransporto dalies bendrame sraute nustatytas iki ~5 dBA triukšmo lygio padidėjimas žemų dažnių (31,5–125 Hz) srityje dienos laikotarpiu ir vidutinių bei aukštų dažnių srityje vakaro ir nakties laikotarpiais.

Literatūra

1. Dėl vidutinio metinio paros eismo intensyvumo apskaičiavimo iš trumpalaikio matavimo duomenų rekomendacijų (R) VMPEI TM 20 patvirtinimo. Lietuvos automobilių kelių direkcijos Prie susisiekimo ministerijos direktoriaus įsakymas. 2020 m. balandžio 8 d. Nr. V-57. Vilnius. Valstybės žinios, 2020, Nr. 7354.
2. Kang, J., Yu, W., L. (2017). Resistance of Villages to Elevated-Road Traffic Noise. Journal of Environmental Planning and Management, 62 (3), 492–516.
3. Ketzel, M., Khan, J., (2019). Road traffic air and noise pollution exposure assessment – A review of tools and techniques. Science of the total enviroment, 634 (1), 661–676.

4. Lietuvos higienos norma (2011). Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje (HN 33:2011). Prieiga per internetą: https://eseimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.402074/asr.
5. Lietuvos respublikos triukšmo valdymo įstatymas. Lietuvos respublikos seimas. (2020). Birželio 23 d. Nr. XIII-3091. Vilnius. TAR, 2020, Nr. 13969.
6. LST ISO 1996-2: 2008. Akustika. Aplinkos triukšmo aprašymas, matavimas ir įvertinimas. 2 dalis. Aplinkos triukšmo lygių nustatymas. Vilnius. Lietuvos standartizacijos departamentas.
7. Murphy, E., King, E., A. (2014). Noise Mitigation Approaches. Environmental Noise Pollution, 104 (34) 203–245.
8. Pronello, C., Camusso, C. (2012). A Review of Transport Noise Indicators. Transport Reviews, 32 (5), 599–628.
9. Sobotova, L. A (2013). Environmental noise and annoyance in adults: research in Central, Eastern and South-Eastern Europe and Newly Independent States. Journal-National Library of Medicine, 15 (62), 42–54.
10. Zhang, X., Bai, X. (2017). Incentive policies from 2006 to 2016 and new energy vehicle adoption in 2010–2020 in China. Journal-Elsevier, 70 (10) 24–43.

Radvilė Sodaitienė, Gediminas Vasiliauskas

Influence of Agricultural Vehicles on the Transport Noise Levels

The article analyses the noise pollution caused by road transport and how agricultural transport affects the overall road traffic flow and, at the same time, noise pollution. Literature review revealed that noise caused by road transport is harmful to peoples' emotional and physical health, but there are very few studies analysing environmental noise problems from the roads, which includes significant part of agricultural transport. Noise measurement and assessment was carried out in the Pilviškiai district, road No. 137 Pilviškiai – Šakiai – Jurbarkas in the section of the road in Pilviškiai. During the research, the number of passing cars (flow) was counted and traffic noise measurements were caried at various times of the day (day, evening, and night). It was determined that during the season, when there are significantly more vehicles transporting agricultural products, the noise level can reach up to 85.4 dBA during the day, 96.6 dBA in the evening and 84.2 dBA during the night, while in the off-season, the number of motor vehicles is 15 percent lower, and at the same time the noise level is lower too.

Noise level, rural area, agricultural machinery noise.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Radvilė SODAITIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto, Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos programos magistrantė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 677 89349, el. paštas: radvile.kocanaite@vdu.lt
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. 8 689 77015, el. paštas: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt
Radvilė SODAITIENĖ. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Master student of Agricultural Engineering and Management study program. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno dist. +370 677 89349, el. paštas: radvile.kocanaite@vdu.lt
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 dist. +370 689 77015, e-mail: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

GAMYBINIO PASTATO VIDAUS TRIUKŠMO SKLAIDOS Į APLINKĄ TYRIMAS

Rimvydė Šimkevičiūtė, Gediminas Vasiliauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje analizuojama gamybinio pastato fasado triukšmo sklaida į aplinką. Siekiant įvertinti pastato skleidžiamą triukšmo lygį buvo pasirinktas tiriamasis objektas – 3 aukštų pašarų gamybos cechas, kuriame buvo atlikti įvairios įrangos viduje sukeliamo triukšmo matavimai. Tyrimo tikslas – atlikus pastato vidaus triukšmo matavimus juos panaudoti matematiniame pastato fasado sukeliamo triukšmo sklaidos modeliavime, o gautus modeliavimo rezultatus palyginti su faktiniais triukšmo matavimais pastato išorėje. Atliekant tyrimą matavimo rezultatai analizuoti modeliuojant pastato spinduliavimą 2 skirtingais būdais. Pirmasis – skaičiuojant viso pastato fasado vertikalųjį triukšmo spinduliavimą panaudojant gautus pastato vidaus triukšmo lygio rezultatus, o antrasis – pastato fasado spinduliavimą modeliuojant kaip 3 skirtingą triukšmo lygį spinduliuojančias fasado dalis. Gauti rezultatai rodo, jog pastatų fasadų skleidžiamo į aplinką triukšmo skaičiavimų rezultatai detalizuojant triukšmingiausias ar mažiau triukšmingas pastato fasado dalis gali turėti reikšmingos įtakos triukšmo modeliavimo tikslumui. Nagrinėtu atveju modeliavimo paklaida naudojant supaprastintą pastato vidaus triukšmo skaičiavimą siekė iki 5,4 dB(A), t. y. modeliavimu gautą triukšmo lygio vertę lyginant su išmatuotomis vertėmis.

Gamybinis pastatas, triukšmo modeliavimas, triukšmo sklaida.

Įvadas

Europos aplinkos agentūros (EAA) triukšmo ekspertų tyrimų išvados teigia, jog akustinė tarša tampa vis didesne problema visoje Europoje, o daugelis žmonių gali net nežinoti apie žalingą jos poveikį savo sveikatai. EAA ataskaitos „Aplinkos triukšmas Europoje – 2020 m.“ duomenimis nustatyta, jog aplinkos, o ypač kelių transporto sukeliamas triukšmas yra nuolat didėjanti aplinkosaugos problema, daranti poveikį milijonų Europos žmonių sveikatai ir gerovei. Nuo sveikatai žalingo ilgalaikio triukšmo lygio kenčia apie 20 proc. Europos gyventojų, t. y. daugiau kaip 100 mln. žmonių. Papildomai dar apie 170 mln. ES gyventojų gyvena vadinamosiose „pilkosiose zonose“, t. y. zonose kur veikia pramoniniai cechai, vykdoma žemės ūkio gamyba, intensyviai eksploatuojami triukšmingi įrenginiai (European Environment Agency, 2020).

Taip pat pabrėžiama, jog kai kuriose šalyse vis dar labai trūksta duomenų apie aplinkos triukšmą, kurie padėtų sudaryti triukšmo žemėlapius ar parengti veiksmų planus kovai su aplinkos triukšmu. Triukšmo problemos negali būti tinkamai įvertintos ir sprendžiamos, jei šalys, regionai ir miestai nesudaro triukšmo žemėlapių arba veiksmų planų, kurių reikalaujama pagal ES aplinkos triukšmo direktyvą 2002/49/EC. Daugėja tyrimų, teigiančių, kad nepageidaujamas patalpų triukšmas gali neigiamai paveikti gyventojų gerovę. Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) duomenimis, patalpų orientacinės triukšmo lygio vertės būstuose turėtų siekti ne daugiau kaip 30 dB(A) ($L_{A,eq,\ nakties,\ patalpose}$), kad užtikrinti maksimalų ten gyvenančių akustinį komfortą. Zaporozhets ir kt. (2021) atliktų tyrimų apie patalpų triukšmo A lygio vertinimą duomenimis galima teigti, kad triukšmo lygio vertinimas yra susijęs su aplinkos triukšmo spektru ties pastato fasadu. Taip pat autoriai siūlo patalpų ekvivalentinio A-svertinio triukšmo lygio įvertinimo skaičiavimo metodą.

Aplinkos triukšmo lygis ir akustinė aplinka ženkliai priklauso nuo pastatų šešėliavimo ar spinduliavimo. Triukšmo tarša yra labai susijusi su visuomenės sveikata ir gerove, ką puikiai įrodo ir Balderrama (2022) atliktas tyrimas, kuriame pateikiama sisteminė literatūros apžvalga, nagrinėjanti per 40 mokslinių šaltinių apie fasadų poveikį miestų akustinei aplinkai ir gyventojų sveikatai. Šiame tyrime pateikiama informacija, jog pastatų fasadai daro ženklią įtaką garso slėgio lygiui miesto erdvėse ir gali reikšmingai prisidėti prie žmonių suvokimo apie akustinę aplinką. Pastatų spinduliavimo poveikis šiame straipsnyje klasifikuojamas į tris grupes: 1) pastatų fasadų poveikis akustinei aplinkai, įskaitant garsą atspindinčius, garsą sugeriančias ir garsą spinduliuojančius elementus; 2) pastatų fasadų poveikis akustinei aplinkai ir 3) poveikis akustinei aplinkai ir biosferai (Balderrama, 2022).

Triukšmo valdymo iš/į pastatus klausimai dažniausiai sprendžiami parenkant tinkamas medžiagas, pasižyminčias geromis oro ir smūgio garso izoliacijos vertėmis. Pastato fasadų medžiagų akustinės savybės, tinkamas jų parinkimas yra viena pagrindinių priemonių, padedančių spręsti tiek triukšmo patekimo iš aplinkos į gyvenamąją aplinką problemas, tik atvirkščiai – triukšmo sklidimo iš gamybinių patalpų į aplinką problemas. (Hu, 2021). Šiame tyrime buvo analizuojamas pastato fasado poveikis patalpų triukšmo lygiui. Nustatyta, kad

daugeliu atvejų vidaus triukšmas, turintis mažesnę garso energiją aukštų dažnių srityje, sukelia mažesnį gyventojų erzinimo efektą nei triukšmas, kurio spektras artimesnis neutraliam.

Kadangi aplinkos triukšmo valdymo klausimai efektyviausiai gali būti sprendžiami dar projektavimo stadijose, pastaruoju metu atliekant įvairių planuojamų objektų poveikio aplinkai vertinimo procedūras, atliekamas triukšmo lygio prognozavimas dažniausiais modeliuojant pagal ISO 9613 standarto reikalavimus. Tokiu būdu atliekant dar tik planuojamų objektų taršos skaičiavimus galima identifikuoti galimas problemas ir joms pasiūlyti įvairias triukšmo mažinimo priemones, tokias kaip geresnių savybių medžiagas, triukšmingų patalpų projektavimą tose pastatų dalyse, kurių gretimybėse nėra jautrių triukšmui priėmėjų. Kadangi įvairiuose gamybiniuose pastatuose, kuriuose atliekamas žemės ūkio produkcijos pirminis paruošimas, perdirbimas dažnai naudojama triukšminga įranga, tokie pastatai ir jų fasadų spinduliuojamas triukšmas gali būti reikšmingas triukšmo taršos šaltinis aplinkoje. Kadangi projektavimo stadijoje dažnai nėra tiksliai žinomas viso pastato atskirų dalių vidaus triukšmo lygis, atliekant triukšmo sklaidos skaičiavimus visas pastato fasadas dažniausiai priimamas kaip vienalytis, analogišką triukšmo lygį skleidžiantis elementas ir tokiu būdu skaičiuojamas triukšmo slopimas tokio pastato aplinkoje. Tai reiškia, jog jeigu pastato atskirose dalyse yra reikšmingesnio triukšmo patalpų vertikaliame ar horizontaliame pastato pjūviuose, galimi triukšmo lygio prognozavimo netikslumai ir modeliavimo paklaidos.

Šio tyrimo tikslas yra įvertinti kokią įtaką triukšmo vertinimo pastatų aplinkoje rezultatams gali turėti skirtingas pastato atskirų dalių triukšmo spinduliavimas ir kokią įtaką jis gali turėti prognozuojant tokių pastatų triukšmo spinduliavimą į aplinką.

Tyrimų metodika

Tyrimų rezultatai siekiant pasiekti užsibrėžto tikslo buvo gautas dviem būdais, t. y. eksperimentiniais triukšmo lygio matavimais ir jų rezultatais bei iš šių reikšmių gautais triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatais. Tyrimo objektu buvo pasirinkta pašarų gamybos įmonė ir joje esantis techninis pastatas, kuriame buvo atliekama pašarų gamyba. Nagrinėjamas pastatas buvo 21 m aukščio, 10 m ilgio ir 10 m pločio, o skirtinguose pastato aukštuose buvo atliekamos įvairios technologinės pašarų gamybos operacijos, naudojama įvairi įranga: malimo–smulkinimo agregatas, transporteriai, priedų padavimo įrenginiai, sietai, svarstyklės.

Pastate, skirtinguose jo aukštuose, kurių buvo 3, buvo atliekami įvairios įrangos sukeliamo pastato vidaus triukšmo matavimai. Kadangi į pastato aukštus patenkama laiptais, triukšmo lygis taip pat buvo matuojamas ne tik 1,5 m nuo grindų aukštyje kiekviename aukšte, tačiau ir kiekvieno aukšto viduryje. Tokiu būdu buvo nustatytas triukšmo lygis pastato skirtinguose aukščiuose. Kiekvienas triukšmo matavimas buvo atliekamas triukšmomačiu kiekviename matavimo taške, kurių iš viso buvo 5, kartojant matavimus ne mažiau kaip 3 kartus. Triukšmo lygio matavimai patalpose buvo atliekami vadovaujantis triukšmo lygio matavimo standartais LST ISO 1996 – 1:2005 „Akustika. Aplinkos triukšmo aprašymas, matavimas ir įvertinimas. 1 dalis. Pagrindiniai dydžiai ir įvertinimo tvarka “ ir LST ISO 1996 – 2:2008 „Akustika. Aplinkos triukšmo apibūdinimas, matavimas ir įvertinimas. 2 dalis. Aplinkos triukšmo lygių nustatymas “. Triukšmo matavimams nustatyti buvo naudojamas 1–os tikslumo klasės nešiojamas garso slėgio lygio matuoklis–analizatorius „Brüel & Kjær“ 2250. Pastato skleidžiamo triukšmo matavimas pastato išorėje buvo atliekamas matuojant 1 m atstumu nuo pastato fasado.

Triukšmo sklaidos skaičiavimai buvo atliekamai naudojant aplinkos triukšmo modeliavimo programine įranga „CadnaA“. Modeliavimas atliekamas vadovaujantis nacionalinių ir tarptautinių teisės aktų reikalavimais, t. y. 2002/49/EB (Aplinkos triukšmo direktyva) bei modeliuojama pagal ISO 9613-1 ir 9613-2 standartų reikalavimus. Atliekant pastato skleidžiamo triukšmo modeliavimą buvo naudojamas 10x10 cm skaičiavimo tinklelis, kuris leido pasiekti reikalingą modeliavimo tikslumą.

Tyrime gauti faktiniai matavimo rezultatai triukšmo sklaidos modeliavime buvo naudojami tokiu būdu. Atliekant pastato fasadų spinduliuojamo triukšmo modeliavimą, kaip vertikalaus fasado spinduliavimo įvesties duomenys (vidaus lygis) buvo naudojami skirtinguose pastato aukštuose gauti triukšmo matavimo rezultatai. Kadangi faktiniais matavimais buvo išmatuotas triukšmo lygis 1 m atstumu nuo pastato, pastato sienų triukšmo slopinimo rodiklio TL (*angl. transmission loss*) vertė buvo nustatyta keičiant TL rodiklio vertes, kol modeliavimu buvo gautas triukšmo lygis, atitinkantis triukšmo lygį išmatuotą pastato išorėje. Tokiu būdu žinant pastato vidaus triukšmo lygius ir atitvarų triukšmo slopinimą TL buvo matematiškai apskaičiuotas (modeliuojamas) triukšmo lygis lauke, o gauti modeliavimo rezultatai lyginami su faktiniais matavimų rezultatais. Kad modeliavimu ir matavimais gauti rezultatai būtų palyginami ir adekvatūs, modeliavimu gauti

rezultatai taip pat vertinti 1 m atstumu nuo pastato fasado. Siekiant nustatyti pastato fasado ar atskirų jo dalių spinduliavimo garso galingumą (*PWL angl. power level*), skaičiavimas buvo atliekamas vertinant išmatuotus triukšmo lygius pastato viduje L_i, sienų slopinimą *TL*, spinduliavimo plotą *S*, 1m^2 ir spinduliavimo plotą S_0 taip:

$$PWL = L_i - TL + 10 \lg (S/S0) - 4 \text{ dB}, \quad (1)$$

$$PWL“ = L_i - TL - 4 \text{ dB}, \quad (2)$$

Triukšmo modeliavimas buvo atliktas 2 skirtingais būdais: 1) skaičiuojant viso pastato fasado spinduliavimą panaudojant gautus vidaus triukšmo lygio rezultatus ir 2) – pastato fasado spinduliavimą vertinant kaip trijų aukštų spinduliavimą, kurių kiekviename vertintas tame aukšte išmatuotas vidaus triukšmo lygis.

Rezultatai ir aptarimas

Pastato vidaus triukšmo šaltinių sukeliamo triukšmo matavimų rezultatai pateikiami 1 lentelėje. Lentelėje pateikiami triukšmo lygio matavimų aritmetiniai vidurkiai, standartiniai nuokrypiai ir apskaičiuoti pasikliauties intervalai.

1 lentelė. Išmatuoto ekvivalentinio A-svertinio garso slėgio aritmetiniai vidurkiai, standartiniai nuokrypiai ir pasikliauties intervalai

Table 1. *Calculation of equivalent A-weighted sound pressure level data: arithmetic means, standard deviations, confidence intervals*

Matavimo vieta *Measurement location*	Aritmetiniai vidurkiai *Arithmetic averages, dB(A)*	Standartiniai nuokrypiai *Standard deviations, dB(A)*	Pasikliauties intervalai *CI, dB(A)*
Priedų padavimo įrenginys (1 aukštas) *Additives feeder (1st floor)*	82,3	1,66	4,13
Grūdų padavimas pradedant veikti eskalatoriui (1 aukštas) *Grain feeding for the escalator (1st floor)*	84,3	2,78	6,85
Padavimas iš aruodų į svarstykles (1 aukštas) *Delivery from the bars to the scales (1st floor)*	79,4	2,58	6,39
Tarpinė stotelė ties 2 aukštu *Intermediate stop at the 2nd floor*	83,6	1,02	2,52
Grūdų judėjimas vamzdžiais (2 aukštas) *Grain movement through pipes (2nd floor)*	87,98	1,78	4,42
Tarpinė stotelė ties 3 aukštu *Intermediate stop at the 3rd floor*	91,91	2,64	6,56
Malūnas, grūdų padavimas (3 aukštas) *Mill, grain feed (3rd floor)*	99,41	2,14	5,31
Matavimas lauke prie triukšmo objekto (1 m atstumu) *Measurement in the field near the noise object distance of 1 m)*	62,7	0,29	0,72

Iš gautų triukšmo matavimų rezultatų, pateikiamų 1 lentelėje matoma, jog didžiausias triukšmo lygis buvo nustatytas analizuojamo gamybinio pastato trečiajame aukšte, kuriame vidaus triukšmo lygis siekė 99,4 dB(A), antrajame pastato aukšte – 88 dB(A), o pirmajame aukšte – 84,3 dB(A).

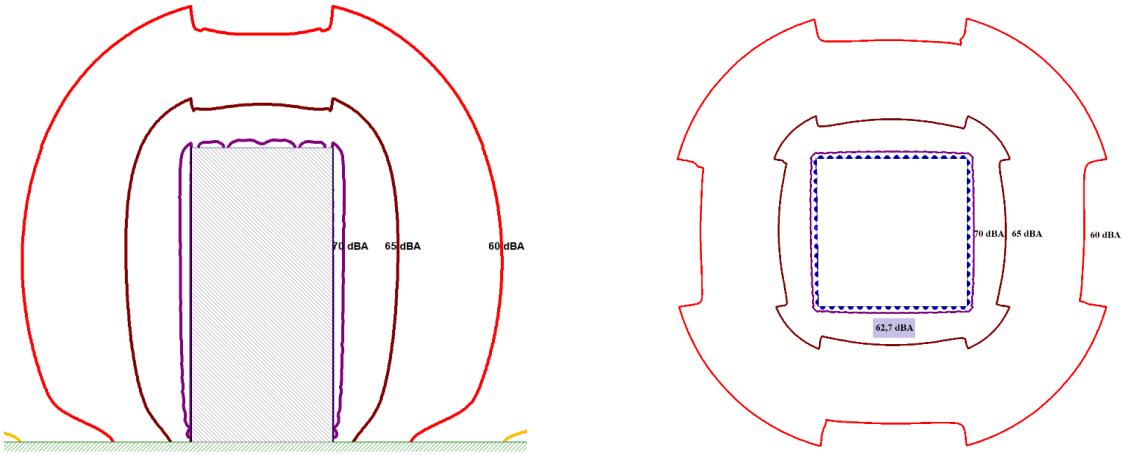
Atlikus triukšmo matavimus skirtingose pastato dalyse pagal pateiktą formulę (3) buvo apskaičiuojamas bendras visų pateiktų matavimų pastato vidutinis vidaus triukšmo lygis.

$$L_{\bar{p},\mathrm{A}} = 10log_{10}(\frac{1}{n}\sum 10^{(0,1\cdot L_{p,a})}, \quad (3)$$

čia $L_{\bar{p}A}$ – vidutinis triukšmo lygis, dB(A);
n – vidurkinamų triukšmo lygių skaičius, vnt;
$L_{\bar{p}a}$ – išmatuotas triukšmo lygis, dB(A).

Atlikus skaičiavimus nustatyta, jog vidutinis triukšmo lygis 1-ajame pastato aukšte siekė 84,1 dB(A), antrame – 86,3 dB(A), trečiajame – 92,1 dB(A), o vidutinis triukšmo lygis pastato viduje siekė 92,1 dB(A).

Iš šių vidaus triukšmo lygių buvo sudaryti pastato triukšmo sklaidos modeliai, pateikiami 1–2 paveiksluose. 1a paveiksle pateikiamas vertikalusis pastato fasado triukšmo spinduliavimas, o 1b paveiksle – horizontalus spinduliavimas 1,5 m aukštyje, kai viso pastato vidaus triukšmas yra 92,1 dB(A), pastato atitvarų izoliavimo rodiklis TL=19dB(A). Tokiu būdu apskaičiavus triukšmo lygį vieno metro atstumu nuo pastato fasado gauta triukšmo lygio vertė buvo 62,7 dB(A).



(a) *(b)*

1 pav. Pastato sukeliamo aplinkos triukšmo sklaida vertikalioje (a) ir horizontalioje (b) plokštumose, kai vienodą triukšmo lygį spinduliuoja visas pastato fasadas

Fig 1. Building façade noise emission in vertical (a) and horizontal (b) planes, where a uniform noise level is radiated by the entire façade of the building

Atliekant triukšmo sklaidos modeliavimą antruoju būdu, pastato fasado vidaus triukšmo lygis vertinamas trijuose pastato aukščiuose pagal gautus vidaus triukšmo matavimų rezultatus. Tyrimų rezultatai pateikiami 2 paveiksle.

2 pav. Pastato sukeliamo aplinkos triukšmo sklaida vertikalioje (a) ir horizontalioje (b) plokštumose, kai skirtingą triukšmo lygį spinduliuoja trys pastato aukštai (fasadai)

Fig 2. *Building façade noise emission in vertical (a) and horizontal (b) planes, where noise level is radiated by the façades of floors 1 to 3 of the analyzed building*

Iš triukšmo modeliavimo rezultatų pateikiamų 2 paveiksle matoma, jog pastato viršutinėje dalyje (3 aukšte) esantis didžiausias triukšmo lygis taip pat reikšmingai įtakoja triukšmo izolinijų padėtį, t. y. didesnį pastato skleidžiamą triukšmą aplinkoje. Lyginant 1b ir 2b paveiksluose pateikiamus triukšmo skaičiavimo rezultatus 1,5 m aukštyje nuo žemės paviršiaus galima pastebėti, jog apskaičiuotas triukšmo lygis atliekant triukšmo modeliavimą šiais dviem būdais gali didėti nuo 62,7 dB(A) (kai visas pastato fasadas spinduliuoja vienodą

triukšmo lygį) iki 68,1 dB(A) (kai modeliuojama kiekvienam pastato aukštui priskiriant skirtingą triukšmo lygį).

Apibendrinant gautus rezultatus 2 skirtingais skaičiavimo metodais nustatyta, modeliavimo skirtumas (paklaida) gali siekti net iki 5,4 dB(A). Šie rezultatai rodo, jog atliekant triukšmo skaičiavimus ypač svarbu vertinti atskiras pastatų patalpas ir jose esantį skirtingą triukšmingumą, nes tai gali turėti reikšmingos įtakos triukšmo modeliavimo metu gautų rezultatų tikslumui ir jų adekvatumui lyginant su realia akustine situacija tokių pastatų aplinkoje.

Išvados

1. Atlikus pašarų gamybos pastato vidaus triukšmo matavimus nustatyta, jog vidaus triukšmo lygis tokiame pastate nuo ten naudojamos įrangos gali kisti nuo 79,4 dB(A) iki 99,4 dB(A). Taip pat nustatyta, jog atskiruose pastato aukštuose vidutinis triukšmo lygis gali kisti nuo 84,1 dB(A) iki 92,1 dB(A).
2. Iš matavimais gautų triukšmo lygio verčių atlikus triukšmo sklaidos modeliavimą nustatyta, kad triukšmo modelio supaprastinimas visą pastato fasadą vertinant kaip vienalytį spinduliavimo šaltinį, gali turėti iki 5,4 dB(A) įtakos triukšmo prognozavimo tikslumui, lyginant su situacija, kai pastato skirtingiems aukštams priskiriamas tuose aukštuose esantis triukšmo lygis.

Literatūra

1. Balderrama, A., Kang, J., Prieto, A., Luna-Navarro, A., Arztmann, D., Knaack, U. (2022). Effects of Façades on Urban Acoustic Environment and Soundscape: A Systematic Review. Journal: Sustainability. 14(15), 9670, doi: 10.3390/su14159670.
2. European Environment Agency. (2020). Environmental noise in Europe. Prieiga per internetą: https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe.
3. Hu, Z., Zayed, T., Cheng, L. (2021). A critical review of acoustic modeling and research on building facade. Sage Journal, 29(1), 2–5, doi: 10.1177/1351010X211022736.
4. LST ISO 1996-1: 2005. Akustika. Aplinkos triukšmo aprašymas, matavimas ir vertinimas. 1 dalis. Pagrindiniai dydžiai ir vertinimo procedūros. Vilnius. Lietuvos standartizacijos departamentas.
5. LST ISO 1996-2: 2008. Akustika. Aplinkos triukšmo aprašymas, matavimas ir įvertinimas. 2 dalis. Aplinkos triukšmo lygių nustatymas. Vilnius. Lietuvos standartizacijos departamentas.
6. Ryu, J., Song, H. 2019. Effect of building façade on indoor transportation noise annoyance in terms of frequency spectrum and expectation for sound insulation. Applied Acoustics, 152, 21–30, doi: 10.1016/j.apacoust.2019.03.020.
7. World Health Organization. (2018)Environmental Noise Guidelines for the European Region. Prieiga per internetą: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf.
8. Zaporozhets, O., Fiks, B., Jagniatinskis, A., Tokarev, V., Karpenko, S., Mickaitis, M. (2021). Indoor noise A-level assessment related to the environmental noise spectrum on the building facade. Applied Acoustics, 185, 4–5, doi: 10.1016/j.apacoust.2021.108380.

Rimvydė Šimkevičiūtė, Gediminas Vasiliauskas

Industrial Building Façade Noise Propagation to Environment

The article analyzes the emission of noise from the facade of a production building into the environment. In order to evaluate the noise level emitted by the building, a research object was chosen – a 3-story feed production workshop, where measurements of the noise generated inside various equipment were made. The purpose of the research is to use the noise measurements inside the building in the mathematical modeling of noise dispersion caused by the building facade, and to compare the simulation results with the actual noise measurements outside the building. During the research, the measurement results were analyzed by modeling the radiation of the building in 2 different ways. The first is by calculating the vertical noise radiation of the entire building facade using the obtained results of the internal noise level of the building, and the second is by modeling the radiation of the building facade as 3 parts of the facade radiating different noise levels. The obtained results show that the results of calculations of the noise emitted by building facades into the environment when detailing the noisiest or least noisy parts of the building facade can have a significant impact on the accuracy of noise modeling. In the examined case, the modeling error using a simplified calculation of the building's internal noise reached up to 5.4 dBA, i.e. comparing the noise level value obtained by simulation with the measured values.

Production building, noise modeling, noise dispersion.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Rimvydė ŠIMKEVIČIŪTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto, Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos programos magistrantė. Adresas: Maironio g. 10, LT-86485, Tytuvėnai, Kelmės r. Tel. 8 682 15763, el. paštas: rimvydesimke@gmail.com
Rimvydė ŠIMKEVIČIŪTĖ. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Master student of Agricultural Engineering and Management study program. Address: Maironio g. 10, LT-86485, Tytuvėnai, Kelmė dist. +370 682 15763, e-mail: el. paštas: rimvydesimke@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. 8 689 77015, el. paštas: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt
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 dist. +370 689 77015, e-mail: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

ORGANINIŲ TRĄŠŲ PRECIZINIO PASKLEIDIMO DIRVOS PAVIRŠIUJE TYRIMAS

Raminta Akranglienė, Eglė Jotautienė, Antanas Juostas

Vytauto Didžiojo universitetas

Trąšų efektyvumui didinti nuolatos tobulinama tręšimo technika bei technologijos, gerinama trąšų kokybė. Tausojant dirvožemį ir mus supančią aplinką, net ir organinės kilmės trąšas reikia berti laikantis agrotechninių reikalavimų bei tolygiai paskleisti nustatytas normas. Aktualu tinkamai parinkti barstomųjų technologinius parametrus, kad paskleidimo tolygumas būtų geriausias.

Straipsnyje pateikiami granuliuotų organinių mėšlo trąšų precizinio paskleidimo išcentrine dvidiske mineralinių trąšų barstomąja tyrimų rezultatai. Tyrimams atlikti naudota trąšų paskleidimo metodika pagal standartą LST EN 13739 – 2 : 2012 (EN 13739 – 2 : 2011 (E)), naudojant organinės mėšlo cilindrinės formos granuliuotas trąšas. Tyrimui pasirinkti plačiausiai ūkiuose taikomi 9 ir 14 km h^{-1} važiavimo greičiai, taikant 400, 600 ir 700 kg ha^{-1} trąšų bėrimo normas. Trąšų norma parinkta pagal sudarytą fosforo trūkumo pasėlyje tręšimo kintama norma žemėlapį.

Vadovaujantis atlikto tyrimo rezultatais nustatyta, kad tręšiant pasėlį 400 ir 600 kg ha^{-1} norma, pagal fosforo kiekio trūkumą, trąšų išbarstymo netolygumas buvo vienodas abiejose barstytuvo pusėse. O esant normai 700 kg/ha, trąšų skersinis paskleidimas buvo tolygus, nes Variacijos koeficientas buvo iki 3,3 proc. Apibendrinant, išcentrinės dvidiskės mineralinių trąšų barstomosios gali būti naudojamos cilindrinės formos organinių mėšlo granuliuotų trąšų paskleidimui dirvoje kintama norma.

Organinės trąšos, išcentrinė barstomoji, precizinis paskleidimas, tręšimo norma.

Įvadas

Tręšimas, greta kitų agrotechnikos priemonių – sėjomainos, žemės dirbimo, sėjos, pasėlių priežiūros ir kt. – laikomas veiksmingiausia augalų derlingumo, derliaus kokybės gerinimo priemone. Lietuvos žemdirbystės instituto (LŽI) daugelio metų tyrimų duomenimis, 25–35 % augalų derliaus padidėjimas priklauso nuo trąšų (Agroakademija, 2018). Trąšų veiksmingumą taip pat lemia nemažai veiksnių: dirvožemio fizikinės ir cheminės savybės, tręšimo lygis, maisto elementų santykis, tręšimo laikas, būdai, darbų kokybė ir kt. Vienas svarbiausių ir sudėtingiausių žemdirbių uždavinių yra racionalios augalų mitybos užtikrinimas siekiant konkurencingo derliaus, tausojant dirvožemio derlingumą, maisto medžiagų išteklius ir aplinką. Svarbu, kad augalų maisto medžiagos trąšų pavidalu būtų tinkamai panaudojamos atsižvelgiant į sąlygas, padedančias augalams jas pasisavinti (Bozys ir Guzulaitis, 2002).

Trąšų efektyvumui didinti nuolatos tobulinama tręšimo technika, technologijos bei gerinama trąšų kokybė, parenkamos optimalios trąšų normos, atitinkamuose augalų augimo tarpsniuose. Trąšų norma priklauso nuo dirvožemio sudėties, fizikinių ir cheminių savybių bei jame auginamų augalų savybių. Netolygus trąšų barstymas daro įtaką kultūrinių augalų derliui: mažina trąšų naudojimo efektyvumą ir pelną, padidina maistinių medžiagų nuostolius ir neigiamą poveikį aplinkai (Günther et al, 2006). Organinės trąšos – tai augalų maisto elementai, kurie yra ne mineraliniuose junginiuose, bet organinėse medžiagose. Organinių trąšų rūšys: granuliuotas mėšlas (galvijų, arklių, paukščių) maisto ir gyvulininkystės pramonės liekanos (kraujamilčiai, kaulamilčiai, žuvimilčiai), skystos humatinės (durpių, leonarditų, akmens anglies), biohumusinės ar augalinės ištraukos bei jų kombinacijos (Lietuvos žemės..., 2013).

Siekiant didesnio trąšų efektyvumo, geriausia rinktis mišinius, nes juose dažniausiai yra penkios svarbiausios mitybinės medžiagos augalams (azotas, fosforas, kalis, humininės ir fulvinės rūgštys). Be to, mišiniuose šių medžiagų koncentracija yra didesnė, todėl reikalinga mažesnė tręšimo norma. Organinės trąšos yra svarbus augalų maisto šaltinis. Jos būtinos humuso sluoksnio susidarymui, kuris dirvožemyje padeda ilgiau išlaikyti drėgmę ir mineralinius jonus, tada augalai ilgiau aprūpinami reikalingomis medžiagomis (Mašauskas ir Ežerinskas, 2000). Trąšos taip pat yra maistas ir dirvožemyje esantiems mikroorganizmams, kurie gerina agrochemines ir agrofizines dirvožemio savybes (Mašauskas ir kt., 2009). Žemės ūkyje organines granuliuotų trąšų paskleidimui gali būti naudojami pneumatinės arba išcentrinės diskinės trąšų barstomosios.

Tyrimų tikslas – ištirti precizinį organinių trąšų paskleidimą dirvoje barstant išcentrine diskine mineralinių trąšų barstomąja, pagal atliktų dirvožemio tyrimų sudarytą žemėlapį.

Tyrimų metodika

Paprastai mineralinių trąšų sklaida įvertinama pritaikius bandymo metodą, kuriuo nustatoma trąšų tipo, trąšų lygmens trąšadėžėje, trąšų normos, važiavimo greičio, skersinio posvyrio ir žemės paviršiaus reljefo įtaka

trąšų paskleidimui. Trąšų normos nustatymą siūlo atlikti ir trąšų barstomųjų gamintojai. Būtini papildomi bandymai, kad įvertinti kaip trąšos pasiskleidžia dirvoje esant įvairioms skirtingo klimato ir reljefo dirvoje. Šie bandymai įvertina išbėrimo ant dirvos ir paskleidimo patogumą. Bandymus galima atlikti kartu su pagrindinės mašinos, prie kurios tvirtinama barstomoji, bandymais (Tripolskaja, 2005).

Trąšų byrėjimo spartos nustatymas reikalingas nustatyti trąšų normos bei važiavimo greičio keitimo ribas. Bandymas buvo atliktas 2022 m. spalio mėn. E. Akranglio ūkyje. Tyrimo metu dienos buvo giedros, temperatūra – 6–8°C, vėjo greitis buvo mažesnis nei 3,0 m s-1, santykinis oro drėgnis – 80 %. Bandymai buvo atliekami išcentrine dvidiske mineralinių trąšų barstomąja (1 pav.). Granuliuotų organinių trąšų išbarstymo bandymai, keičiant greitį ir trąšų normą, kartoti po 3 kartus.

1 pav. Išcentrinė trąšų barstomoji ir dėžučių išdėstymo schema

Fig. 1*. Centrifugal fertilizer spreader with layout of testing boxes*

Bandymo metodika analogiška mineralinių trąšų paskleidimo metodikai pagal standartą LST EN 13739 – 2 : 2012 (EN 13739 – 2 : 2011 (E)). Atliekant bandymus gamybinėmis (lauko) sąlygomis, trąšų barstomosios techninių ir technologinių rodiklių reguliavimas valdomas kompiuterinės programos pagalba (2 pav.).

2 pav. Valdymo terminalas AMAZONE Ama Tron4 (Amazone technika, 2023)

Fig. 2*. Control terminal AMAZONE Ama Tron 4 (Amazone technika, 2023)*

3 pav. Granuliuotos trąšos naudotos tyrimui

Fig. 3*. Granular fertilizers used for the study*

Trąšų barstymo normos nustatymui būtina nustatyti trąšų byrėjimo koeficientą. Šio koeficiento nustatymo metu yra nuimamas vienas barstytuvo diskas, kurio vietoje užkabinamas specialus trąšų surinkimo kibiras. Pripilama 100 kg granuliuotų organinių trąšų. Įjungiamas darbinis velenas ir valdymo terminale aktyvuojamas testavimo procedūra. Byrėjimo koeficientas automatiškai apskaičiuojamas pagal atitinkamą laiko tarpą į kibirą išbyrėjusių trąšų svorį. Trąšų byrėjimo koeficiento tikslumo bandymas buvo atliktas ant lygaus paviršiaus. Išdėstytos trąšų paskleidimo matavimui skirtos specialios dėžutės. Barstymo tolygumo tyrimui atlikti pasirinkti du važiavimo greičiai ir 14 km h^{-1}, taikant tris 400, 600 ir 700 kg ha^{-1} trąšų barstymo normas. Bandymo plote pravažiavus barstomajai, į dėžutes sukritusios trąšos buvo sveriamos elektroninėmis svarstyklėmis 0,01 gramų tikslumu, kiekviena dėžutė atskirai.

Tyrimams naudotos iš paukščių mėšlo pagamintos granuliuotos cilindro formos NPK 4-8-1,2 trąšos. Granulėse yra labai gausu organinių medžiagų (82,02 %) ir labai gausu organinės anglies – 41,66 %. Granuliuotos trąšos yra turtingos azotu, fosforu ir kaliu – atitinkamai 4,61, 1,19 ir 2,32 %. Tyrimui atlikti

dalelės buvo atrinktos atsitiktinai. Tyrime naudotos trąšos buvo kokybiškos, nesubyrėjusios, mažai smulkios frakcijos, nesusigulėjusios, ne per kietos. Buvo vizualiai įvertinta trąšų būklė trąšadėžėje, nes trąšų būklė gali turėti poveikį trąšų išbėrimo spartos tolygumui (3 pav.). Trąšų norma parinkta pagal sudarytą fosforo trūkumo kintamos normos žemėlapį (4 pav.). Tręšimo darbinis plotis 20 m. Granuliuotų organinių mėšlo trąšų geometriniai parametrai yra: granulės skersmuo 5,28±0,8 mm. Granulių ilgis – 10–12,5 mm.

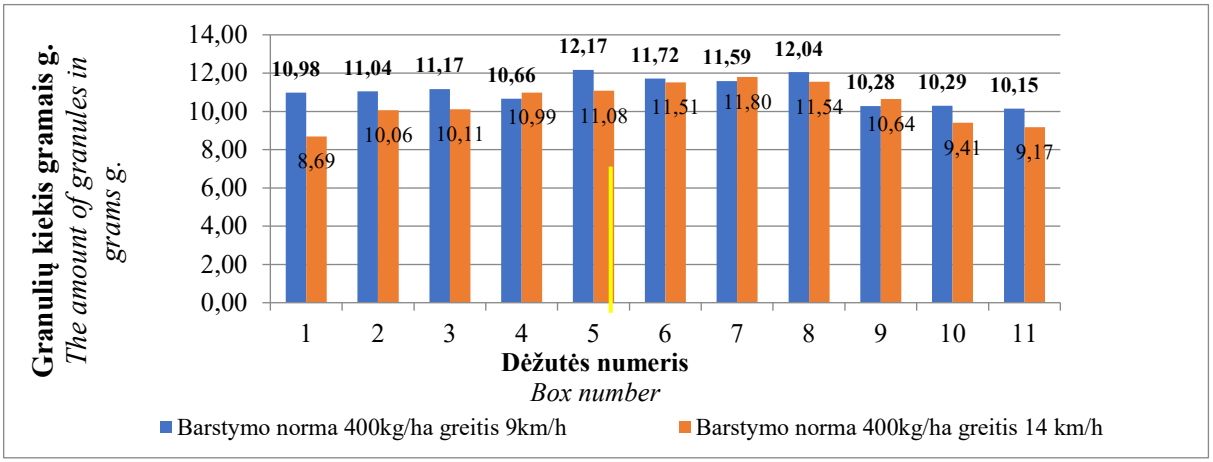
4 pav. 13.41 ha lauko fosforo kiekio žemėlapis

Fig. 4. *Phosphorus map of 13.41 ha field*

Gauti eksperimentiniai rezultatai analizuojami matematiniais statistikos metodais.

Rezultatai ir aptarimas

Iš pateikto granuliuotų mėšlo trąšų išbarstymo vidurkių grafiko, kai barstymo norma 400 kg·ha^{-1}, o važiavimo greitis 9 km·h^{-1} ir 14 km·h^{-1} (5 pav.) matyti, kad barstant 400 kg·ha^{-1} norma ir važiuojant 9 km·h^{-1} greičiu, vidutinis granulių išbyrėjimo kiekis gramais yra didesnis ir tolygesnis, su mažesniais svorio svyravimais, vidutinės svorio vertės kinta nuo 10,15 g. iki 12,17 g. Barstant 14 km·h^{-1} važiavimo greičiu, išbertų trąšų vidutinės svorio vertės ženkliai mažesnės, jos kinta nuo 8,69 g iki 11,80 g. Galima teigti, kad dirbant lėčiau ir beriant 400 kg·ha^{-1} trąšų normą, išberiama daugiau trąšų, tačiau tolygiau. Bet beriant tiek 9 km·h^{-1} tiek 14 km·h^{-1} greičiu didesnis trąšų kiekis išbyra centrinėje barstomosios dalyje (5 pav.).



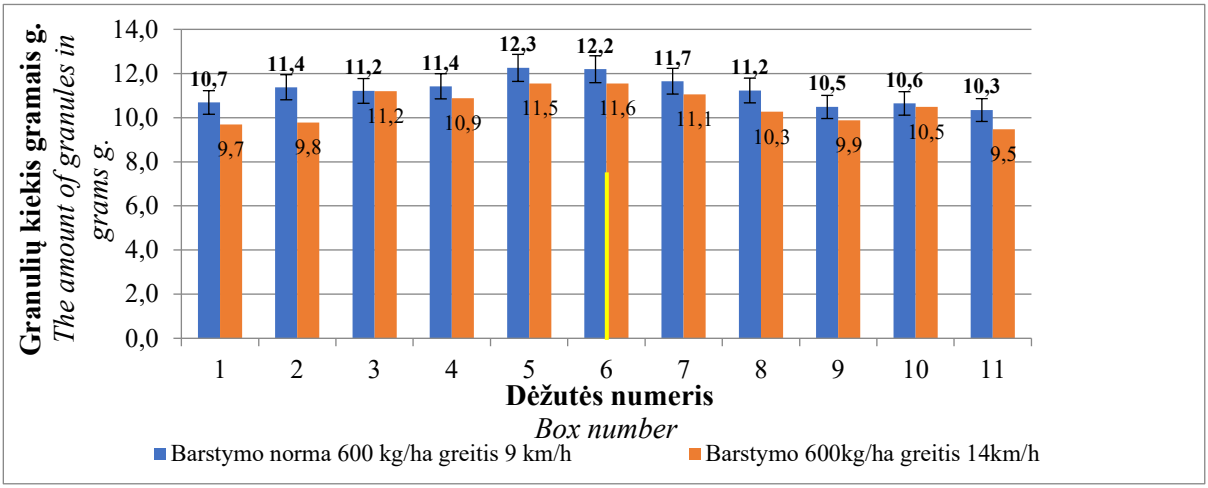
5 pav. Granuliuotų mėšlo trąšų išbarstymo grafikas, kai barstymo norma 400 kg·ha^{-1}, o greitis 9 ir 14 km·h^{-1}

Fig. 5. *Graph of the averages of spreading of granular manure at spreading rate of 400 kg ha^{-1} and a at driving speed of 9 and 14 km h^{-1}*

Granuliuotų mėšlo trąšų išbarstymo vidurkių grafike pateikta, kai barstymo norma 600 kg·ha^{-1}, o greitis 9 km·h^{-1} ir 14 km·h^{-1} (6 pav.) matyti, kad barstant 600 kg·ha^{-1} norma ir važiuojant 9 km·h^{-1} greičiu, vidutinis granulių išbyrėjimo kiekis gramais yra didesnis nei barstant 14 km·h^{-1} greičiu, vidutinės svorio vertės kinta nuo

10,3 g iki 12,3 g, didėja centrinėje barstomosios dalyje. O barstant 14 km·h^{-1} greičiu, vidutinės svorio vertės ženkliai mažesnės, jos kinta nuo 9,5 g iki 11,6 g, bet taip pat didėja centrinėje barstomosios dalyje.

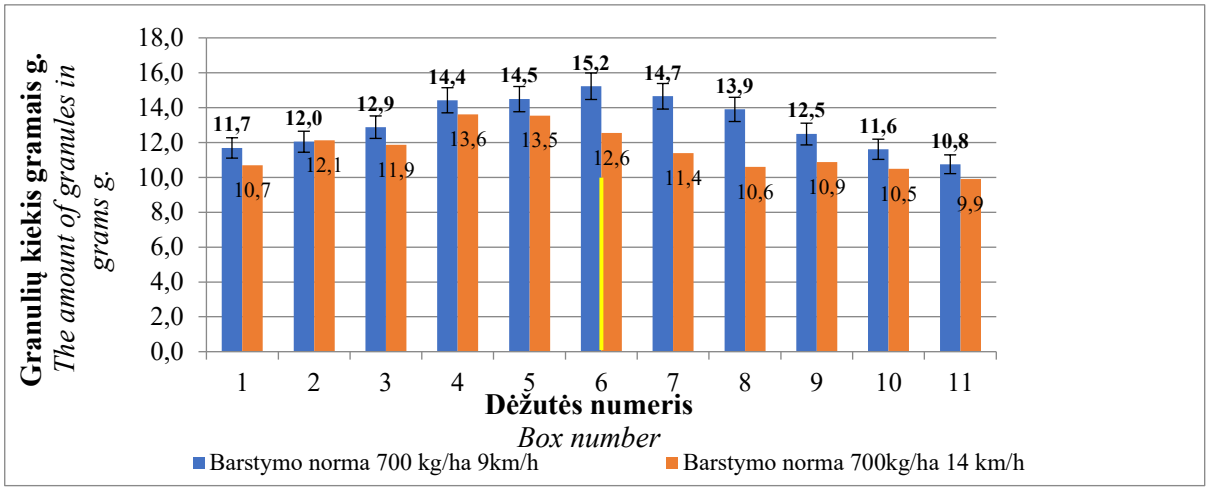
Tai rodo, kad dirbant lėčiau 9 km·h^{-1} ir beriant 600 kg·ha^{-1} normą, išberiama daugiau trąšų, tačiau tolygiau. Bet abiem atvejais taip pat didesnis trąšų kiekis išbyra centrinėje barstytuvo dalyje.



6 pav. Granuliuotų mėšlo trąšų išbarstymo vidurkių grafikas, kai barstymo norma 600 kg·ha^{-1}, o greitis 9 km·h^{-1} ir 14 km·h^{-1}

Fig. 6. *Graph of the averages of spreading granular manure fertilizer at a spreading rate of 600 kg ha^{-1} and at a driving speed of 9 and 14 km h^{-1}*

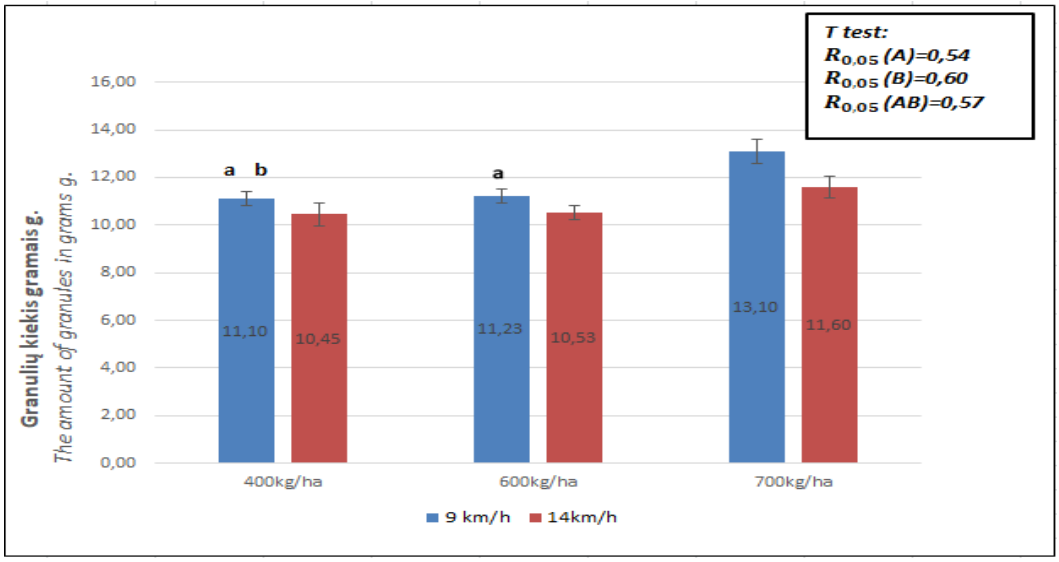
Iš pateiktų duomenų (7 pav.) su dviejų greičių ir vienos trešimo normos bandymų vidurkiais, matyti, kad barstant trąšas 700 kg·ha^{-1} norma ir važiuojant 9 km·h^{-1} greičiu, didesnis kiekis granuliuotų trąšų išbyra barstytuvo viduryje, o važiuojant 14 km·h^{-1}greičiu, didesnis kiekis granulių fiksuojamas kairėje barstytuvo pusėje, tam įtaką turėjo oro sąlygos ir pasirinkta trešimo kintama norma.



7 pav. Granuliuotų mėšlo trąšų išbarstymo vidurkių grafikas, kai barstymo norma 700 kg·ha^{-1}, o greitis 9 km·h^{-1} ir 14 km·h^{-1}

Fig. 7. *Graph of the averages of spreading of granular manure with at a spreading rate of 700 kg ha-1 and at a driving speed of 9 and 14 km h^{-1}*

Atlikus Stjudento T testą nustatyta, kad statistiškai patikimo skirtumo nėra tarp 7 iš 9 a, b – ir ta pačia raide pažymėtų stulpelių (8 pav.). Tai reiškia, kad esminis skirtumas yra patikimas tik tarp 2 porų, t.y., kai granulės paskleidžiamos 9 km·h^{-1} greičiu, o barstymo norma pasirenkama 400 kg·ha^{-1} ir 600 kg·ha^{-1}, paskleistų granulių vidurkiai yra 11,10 g ir 11,26 g ir tarp skirtumas 0,13 g, tai reiškia mažesnis nei 0,54 g. Kai granulės paskleidžiamos 14 km·h^{-1} greičiu, o barstymo norma pasirenkama 400 kg·ha^{-1} ir 600 kgha^{-1}, paskleistų granulių vidurkiai yra 10,45g ir 10,53 g, o skirtumas tarp jų – 0,08 g, t. y. mažesnis nei 0,60 g.



8 pav. Organinių granuliuotų trąšų paskleidimo priklausomybė nuo pasirinktos normos, kuomet važiavimo greitis pasirenkamas 9 ir 14km·h$^{-1,}$ naudojant TukeyT testą. Tarp a, b – ir ta pačia raide pažymėtų stulpelių nėra statistiškai patikimo skirtumo, esant 0,95 reikšmingumo lygmeniui

Fig. 8. *Organic granular fertilizers spreading dependence on the chosen rate, at a driving speed of 9 and 14 km·h^{-1}, using the TukeyT test. There is no statistically significant difference between a, b and columns marked with the same letter at the 0.95 significance level*

Išvados

1. Remiantis tyrimo rezultatais, galima teigti, kad trąšas skleidžiant barstomąja pasirinkta 400 kg·ha^{-1} ir 600 kg·ha^{-1} norma, o greitį pasirinkus 9 km·h^{-1} ir 14 km·h^{-1}, kai organinės granuliuotos trąšos skleidžiamos pagal fosforo kiekio trūkumą, trąšų išbarstymo netolygumas buvo nustatytas abiejose barstytuvo pusėse, nei skleidžiant trąšas 700 kg·ha^{-1} norma ir važiuojant 9 km·h^{-1} ir 14 km·h^{-1} greičiu. Tolygų išbarstymą parodė Variacijos koeficientas, kuris buvo 3,3 proc. ir neviršijo leistinosios 10 % ribos, beriant 700 kgha-1 norma.
2. Atlikus Matematinės statistikos Tukey *T* testą gautas patvirtinimą, kad esminis skirtumas yra tarp 400 kg·ha-1 ir 600 kg·ha-1 normos važiuojant 9 km·h^{-1} ir 14 km·h^{-1} greičiu. Paskleistų granulių kiekio vidurkiai yra 11,10 g ir 11,26 g ir jų skirtumas 0,13 g, tai reiškia mažesnis nei 0,54 g.

Literatūra

1. Agroakademija. 2018. Prieiga per internetą: http://www.agroakademija.lt/Straipsniai/StraipPerziura?StraipsnisID=12370&TemaID=7 [žiūrėta 2023-02-10].
2. Bozys J., Guzulaitis R. (2002). Mineralinių trąšų išcentrinių barstomųjų tobulinimo kryptys. Agroinžinerija ir energetika: LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo populiarinimo ir gamybos žurnalas, nr. 5, p. 9–12. 1.
3. Günther, E., Hiebler, S. and Mehling, H. (2006). Determination of the Heat Storage Capacity of PCM and PCM-Objects as a Function of Temperature. Proceedings of ECOSTOCK.
4. Lietuvos žemės ūkio konsultavimo tarnyba. 2013. Sėjomaina – tausojančio ūkininkavimo pagrindas. Prieiga per internetą: http://www.agroakademija.lt/Straipsniai/StraipPerziura?StraipsnisID=1354&TemaID=1 [žiūrėta 2023-01-10].
5. Mašauskas V., Ežerinskas V. (2000) Pažangaus ūkininkavimo taisyklės ir patarimai. Kėdainiai, 22 p.
6. Mašauskas V., Jasius S., Ruzgienė D. (2009) Aplinkosauga ir tręšimo planavimas, 65 p.
7. Rainys A. (2008). Smėlio ir druskos barstytuvo barstymo proceso tyrimai. Magistro darbas. VGTU, p. 17.
8. Tripolskaja L. (2005). Organinės trąšos ir jų poveikis aplinkai. Lietuvos žemdirbystės institutas, 205 p.
9. Amazone technika. Prieiga per internetą; http://amazone.net/en/products , [žiūrėta 2023-02-10].

Raminta Akranglienė, Eglė Jotautienė, Antanas Juostas

Investigation of Precision Spreading of Organic Fertilizers on the Soil

In order to increase the efficiency of fertilizers, fertilization techniques and technologies are constantly being improved as well as fertilizers quality. However, in order to protect the soil and the environment around us, even organic fertilizers must be applied in accordance with the agro technical requirements and spread evenly according to the established norms. Therefore, it is important properly select the technological parameters of the spreaders so that the uniformity of spreading is achieved.

The article presents the results of research on the precise spreading of granular organic manure fertilizers by a centrifugal double-disc mineral fertilizer spreader. For the research the methodology of spreading fertilizers according to the standard LST EN 13739 – 2 : 2012 (EN 13739 – 2 : 2011 (E)) was used, using organic manure cylindrical granular fertilizers. For the study, on farms most widely used fertilizing driving speeds of 9 and 14 km h^{-1} with fertilizer application rates of 400, 600 and 700 kg ha^{-1} were applied The fertilizer rate was selected based on the map of phosphorus deficiency in the crop with variable rate fertilization.

Based on the research results was found that when fertilizing the crop at the rate of 400 and 600 kg ha^{-1}, depending on the deficiency of phosphorus content, the unevenness of fertilizer spreading was the same on both sides of the spreader. At the rate of 700 kg ha^{-1}, the transverse spreading of fertilizers was even, as the Variation coefficient was up to 3.3. In summary, centrifugal double disc mineral fertilizer spreaders can be used to spread cylindrical organic manure granular fertilizers in the soil at a variable rate.

Organic fertilizers, centrifugal spreader, precision spreading, fertilization rate.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Raminta AKRANGLIENĖ. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė, Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. +370 75 23 57, el. paštas: Ramintakrangliene@gmail.com
Raminta AKRANGLIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. Tel. +370 75 23 57, e-mail: Ramintakrangliene@gmail.com
Eglė JOTAUTIENĖ. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorė; Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. 837752204, el. p. Egle.Jotautiene@vdu.lt
Eglė JOTAUTIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752204, e-mail: Egle.Jotautiene@vdu.lt
Antanas JUOSTAS. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas; Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. 837752204, el. p. Antanas.Juostas@vdu.lt
Antanas JUOSTAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. professor. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752204, e-mail. Antanas.Juostas@vdu.lt

AMONIAKO EMISIJOS MAŽINIMO BIODANGOMIS EFEKTYVUMAS IŠ TIRŠTOJO MĖŠLO

Ieva Knoknerienė, Rolandas Bleizgys

Vytauto Didžiojo universitetas

Europos aplinkos agentūros duomenimis, 2020 metais 94 proc. amoniako į aplinką išsiskyrė dėl vykdomos žemės ūkio veiklos. Apie 50 proc. šių teršalų į aplinkos orą pateko iš galvijų ūkių. NH_3 garavimą į aplinką įtakoja įvairūs biologiniai, cheminiai ir fiziniai veiksniai. Kraikiniame mėšle amoniako emisiją skatina oras, prasiskverbiantis į mėšlo vidų, todėl rekomenduojama mažinti atviro mėšlo plotą, uždengiant rietuves šiaudų, durpių, pjuvenų ar kitų medžiagų sluoksniu. Šio tyrimo tikslas – nustatyti kiek galima sumažinti amoniako emisiją iš tirštojo mėšlo jį uždengiant įvairiomis biodangomis. Eksperimentiniai tyrimai atlikti laboratorinėmis sąlygomis, tirštąjį galvijų mėšlą uždengiant 1–13 cm storio įvairių medžiagų sluoksniu (šiaudais, pjuvenomis, kanapių spaliais). Geriausias rezultatas pasiektas naudojant 13 cm storio smulkintų kanapių sluoksnį. NH_3 emisija sumažėjo 89,72 proc. – nuo 458,12 mg/m^{2}h iki 47,08 mg/m^{2}h.

Amoniakas, biodangos, emisija, tirštasis mėšlas.

Įvadas

Amoniako (NH_3) garavimas į aplinką, dėl jo savybės lengvai sudaryti junginius su vandeniu ir rūgščių lietų pavidalu rūgštinti visą ekosistemą, yra viena iš aktualiausių aplinkosaugos problemų gyvulininkystės srityje. Negana to, NH_3 lengvai jungiasi su nitratais bei sulfatais, o sudaryti nauji junginiai yra žalingi sveikatai (Pareira et al., 2010). Europos aplinkos agentūros duomenimis (2022), 2020 metais net 94 proc. amoniako į aplinką išsiskyrė dėl vykdomos žemės ūkio veiklos. Teigiama, kad 49 proc. šių kenksmingų dujų į atmosferą patenka iš galvijų tvartų. Be galvijų tvartų, kitas reikšmingas amoniako dujų šaltinis yra skystojo ir tirštojo mėšlo mėšlidės (Medėkšaitė ir kt., 2014).

Technologija, naudojama mėšlo tvarkymui ir laikymui, yra glaudžiai susijusi su gyvulių laikymo būdu. Sekliuose tvartuose susidarantis tirštasis mėšlas turi ne mažiau kaip 20 proc. sausųjų medžiagų. Gilaus kraiko karvidėse, tirštajame mėšle aptinkama daugiau nei 25 proc. sausųjų medžiagų (Skurdenienė ir kt., 2007). Toks mėšlas, jeigu ūkyje laikoma ne daugiau nei 100 sutartinių gyvulių (SG), gali būti laikomas mėšlidėse, tvartuose, rietuvėse prie tvartų arba tręšiamuose laukuose. Visais atvejais pageidaujama naudoti priemones, mažinančias sklindančius kvapus bei dujų emisiją į aplinką – dengiamos lanksčiomis, vandeniui nelaidžiomis dangomis arba ne plonesniu nei 10 cm storio biodangų (durpių, žemių, smulkintų ar nesmulkintų šiaudų, pjuvenų) sluoksniu (Lietuvos..., 2005).

Amoniako garavimas į aplinką yra sudėtingas procesas, kurį įtakoja įvairūs biologiniai, cheminiai ir fiziniai veiksniai: oro drėgnis ir temperatūra, oro judėjimo greitis, mėšle esančių baltymų kiekis, mėšlo drėgmė ir pH, vandens garavimo intensyvumas iš mėšlo ir kt. Šios dujos susidaro pūvant mėšlui, pašaro likučiams, turintiems azoto, šlapimui. Didžiausias amoniako kiekis susidaro skylant galvijų šlapime aptinkamam karbamidui (Freney et al., 1981; Petokaitis, 2017). NH_3 garavimo reiškinys atsiranda kai amoniakinis azotas, esantis mėšle ar srutose, yra paverčiamas ištirpusiomis amoniako dujomis mėšle, pagal žemiau pateiktą reakcijos lygtį (Meisinger, 2000):

$$NH_4^+\text{-N} \leftrightarrows NH_{3g} + H^+, \quad (1)$$

Kuo aukštesnis mėšlo pH bei aplinkos temperatūra ir kuo didesnė NH_4-N koncentracija, tuo aktyviau vyksta ši reakcija ir tuo daugiau ištirpusių amoniako dujų susidaro mėšle. Vėliau, difuzijos būdu, ištirpusios amoniako dujos pradeda garuoti iš mėšlo, t. y., amoniako molekulės juda iš didesnės koncentracijos į mažesnę (Mesinger, 2000)

$$NH_3\ (s) \leftrightarrows NH_3\ (d), \quad (2)$$

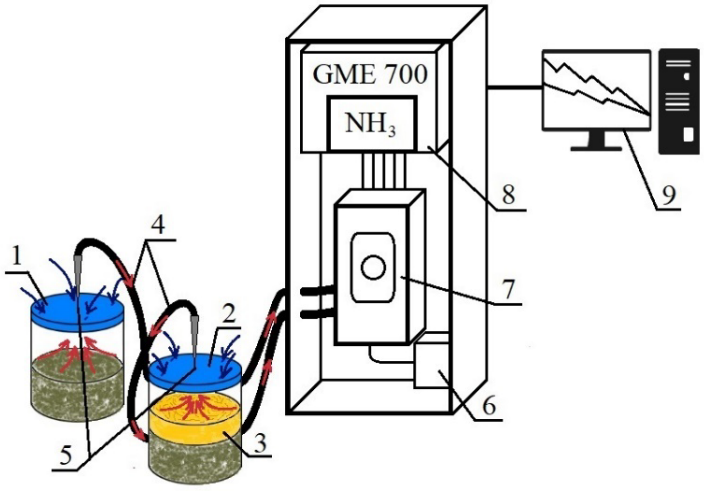
čia (s) – skysta būsena;
(d) – dujinė būsena.

Kraikiniame mėšle amoniako emisiją skatina oras, prasiskverbiantis į mėšlo vidų. Todėl rekomenduojama mažinti atviro mėšlo plotą įrengiant mėšlides su aukštomis sienomis (optimalus aukštis ~2,5 m), neleisti mėšlui įkaisti daugiau nei 50˚C, sukrautą rietuvę uždengti šiaudais, durpėmis, plėvele arba įrengti mėšlidę su stogu (Kavolėlis, 2006). Šių tyrimų tikslas yra nustatyti, kaip efektyviai galima sumažinti amoniako išsiskyrimą iš

tirštojo galvijų mėšlo į aplinką, naudojant natūralias mėšlo dangas, kurias galima pasigaminti iš ūkyje susidarančių organinių atliekų.

Tyrimų metodika

Amoniako emisijos mažinimo efektyvumui nustatyti naudojant biodangas, Termoenerginių procesų ir emisijos laboratorijoje atlikti tyrimai su šviežiu tirštuoju galvijų mėšlu. Tyrimų stendas, naudotas bandymų metu, pavaizduotas 1 pav. Prieš pradedant matavimus, palaukiama kol iš tvarto atvežto mėšlo temperatūra stabilizuosis ir bus lygi patalpos temperatūrai. Kiekvienas bandymas atliekamas 14 dienų, kurių metu didinamas dangos sluoksnio storis, duomenys fiksuojami 30 minučių intervalais. Įpusėjus bandymui, 7-ąją dieną, abejose mėšlo talpose imituojami krituliai, t. y, mėšlo paviršius apipurškiamas 300 ml vandens.



1 pav. Eksperimentinių tyrimų laboratorinio stendo schema: 1 – kontrolinė mėšlo talpa; 2 – bandomoji mėšlo talpa; 3 – pasirinkta mėšlo danga; 4 – šildomos oro tiekimo žarnos; 5 – oro mėginių paėmimo zondai; 6 – membraninis oro siurblys; 7 – elektra šildomos trikanalės sklendės; 8 – lazerinis dujų analizatorius „GME 700“; 9 – kompiuteris su įdiegta duomenų apdorojimo programa; → – švaraus aplinkos oro judėjimo kryptis; → – užteršto oro judėjimo kryptis.

Fig. 1. *Schematic diagram of experimental apparatus: 1 – control receptacle filled with manure; 2 – experimental receptacle filled with manure; 3 – the analyzed bio-cover; 4 – a heated air supply hoses; 5 – air sampling probes; 6 – a diaphragm pump; 7 – electrically heated three-way valves; 8 – laser gas analyzer "GME 700"; 9 – a computer with an installed data processing program; → – direction of clean air movement; → – direction of polluted air movement.*

Bandymų metu naudojamos 20 l talpos, 30 cm skersmens mėšlo talpyklos (1 ir 2). 1/3 talpos yra užpildoma šviežiu galvijų mėšlu, mėšlo paviršius išlyginamas. Abi talpos paliekamos ramybės būsenoje, nieko nekeičiant pirmąsias 24 val., kurių metu mėšlo temperatūra ir NH_3 garavimo procesas stabilizuojasi. Tuomet bandomojoje talpoje (2), mėšlas padengiamas pasirinkta biodanga (3). Talpos uždengiamos dangčiais su nedidelėmis ertmėmis šviežiam aplinkos orui patekti (→). Užterštas oras (→) membraniniu siurbliu (6) iš mėšlo talpų šildomomis žarnomis (4) per trikanalę sklendę (7) tiekiamas į lazerinį dujų analizatorių „GME 700“ (8). Analizatoriuje nustatoma amoniako koncentracija (ppm), gauti duomenys išsaugomi kompiuteryje (9) ir analizuojami duomenų apdorojimo programų pagalba.

Tyrimams naudojamas dujų analizatorius veikia lazerinės spektroskopijos būdu. Matavimo ribos siekia nuo 0 ppm iki 2000 ppm. Tiek oro tiekimo žarnos, tiek sklendės yra šildomos, kad matavimo prietaiso viduje nesusidarytų kondensatas. Užterštas oras nepertraukiamai tiekiamas siurbliu, kurio našumas – 6 l/min. Mėšlo paviršiaus plotas talpose – 0,071 m^2. Biodangos sluoksnio storis – nuo 1 cm iki 13 cm. Tyrimo metu palaikoma pastovi mėšlo temperatūra – 19–20°C.

Žinant mėšlo paviršiaus plotą, talpyklos vėdinimo intensyvumą ir amoniako koncentraciją ore, naudojant masės srauto metodą, įvertinamas amoniako emisijos intensyvumas (E_{NH_3})(3):

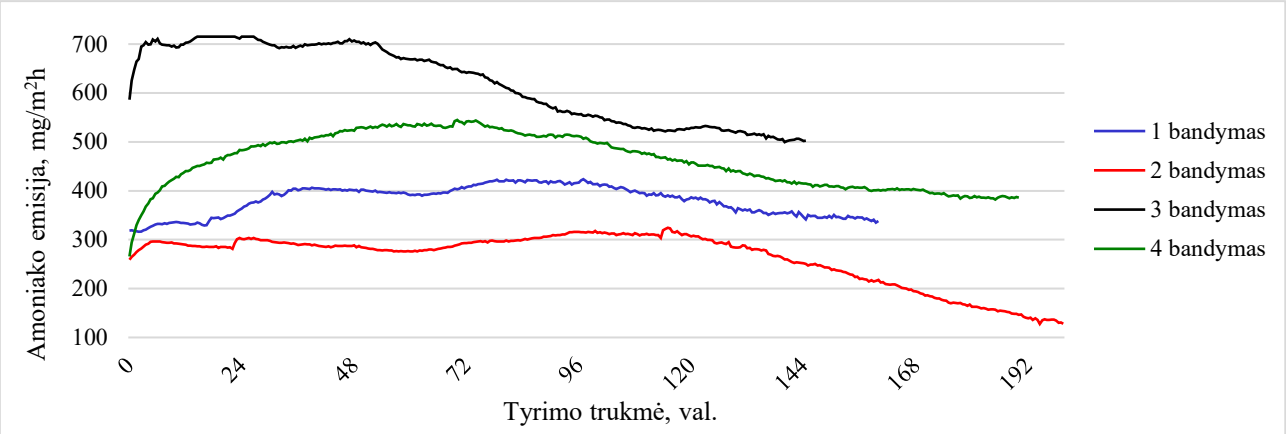
$$E_{NH_3} = \Delta C \cdot G, \quad (3)$$

čia ΔC – į talpą įeinančio ir iš jos šalinamo oro dujų koncentracijų skirtumas, mg/m^3;
G – vėdinimo intensyvumas, m^3/h.

Tyrimo duomenys statistiškai įvertinti apskaičiuojant rodiklių aritmetinius vidurkius, jų pasikliauties intervalus. Statistinis patikimumas įvertintas pagal Stjudento t-testo ir Tukey HSD testų metodiką. Statistinio reikšmingumo lygmuo $p<0,05$.

Rezultatai ir jų aptarimas

Norint sumažinti amoniako emisiją, rekomenduojama neardyti natūralios plutos, susidarančios mėšlo paviršiuje. Atliekant eksperimentinius tyrimus nustatyta, kad amoniako išsiskyrimas į aplinką palaipsniui mažėja iš tirštojo mėšlo, nes mėšlo paviršius džiūsta. Didžiausias kiekis kenksmingų dujų į aplinką patenka urino bakterijoms skaidant baltymus, esančius galvijų šlapime ir srutose. Tačiau, iš mėšlo garuojant vandeniui, jo paviršius apdžiūsta ir šis procesas lėtėja. Įvertinus gautus rezultatus, matoma, kad, nesikeičiant aplinkos sąlygoms, amoniako koncentracija pirmąsias 11 valandų sparčiai didėja, per 72–96 valandas pasiekia didžiausią emisijos intensyvumą, o vėliau jis mažėja (2 pav.).



2 pav. Amoniako emisijos intensyvumas iš tirštojo mėšlo kontrolinėse talpose

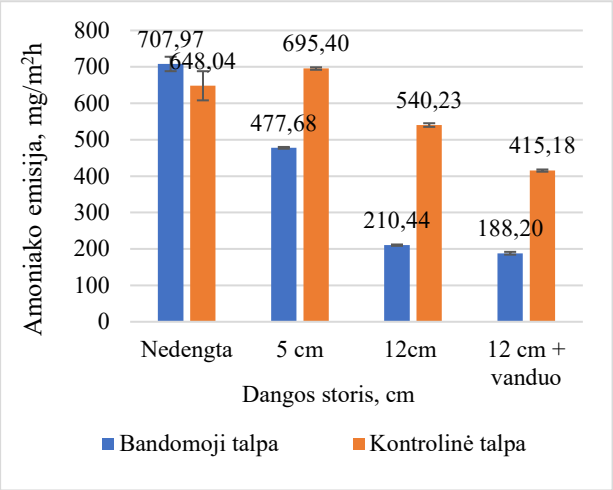
Fig. 2. *Intensity of ammonia volatilization from solid manure in control receptacles*

Laboratorijoje aplinkos sąlygos palaikomos stabilios bet, kaip matoma 2 pav., bandymų rezultatai skiriasi. Skirtumus lėmė nevienoda mėšlo sudėtis, nes mėšlo mėginiai paimti skirtingais metų laikotarpiais. Eksperimentiniai tyrimai atlikti gegužės, birželio ir lapkričio mėnesiais, kurių metu taikomas nevienodas gyvulių šėrimo racionas. 1-ojo bandymo metu, tęsėsi pereinamasis laikotarpis, kurio metu pradėta ganiava, tačiau gyvuliai vis dar šeriami pagal tvartinio laikotarpio šėrimo racioną. 2-ojo bandymo laikotarpiu šėrimo racionas pritaikytas ganiavos laikotarpiui. Mėšlas, naudotas 3-iojo bandymo metu, susidarė rudens pereinamuoju laikotarpiui. Paskutinis tyrimas atliktas nutraukus ganiavą ir gyvulius šeriant pagal tvartinio laikotarpio racioną.

Įvertinus 4 bandymų rezultatus, nustatyta didžiausia amoniako emisija vidutiniškai siekė 502,04±267,86 mg/m^{2}h. Esant pastoviai 19–20 °C aplinkos temperatūrai, kuri artima ir mėšlo temperatūrai, bei 0,36 m^3/h vėdinimo intensyvumui virš mėšlo paviršiaus, per pirmąsias 7–8 bandymo dienas, amoniako garavimo intensyvumas vidutiniškai sumažėjo 39,80 proc., iki 302,24±244,68 mg/m^{2}h. Panašią tendenciją aprašė ir Zhuang et. al (2020), remdamasis tyrimo duomenimis, atlikto su tirštuoju galvijų mėšlu tradicinėse Kinijos gyvenvietėse. Intensyviausiai kenksmingos dujos garavo pirmas 8 tyrimo dienas, kurių metu į aplinką pateko didžioji dalis amoniako, susidariusio viso tyrimo laikotarpiu. Matoma, kad nustatytos emisijos yra didelės, tad mėšlą reikia dengti. Autoriai teigia, kad naudojant tinkamas mėšlo dengimo technologijas, NH_3 emisijas į aplinką galima sumažinti 40–98 %. Kita vertus, netinkamai parinkta ar pritaikyta amoniako mažinimo strategija gali emisijas ir padidinti (Amon et al., 2006). Šio eksperimento metu nustatytas didžiausias efektyvumas siekė 89,72 proc. (3–6 pav.).

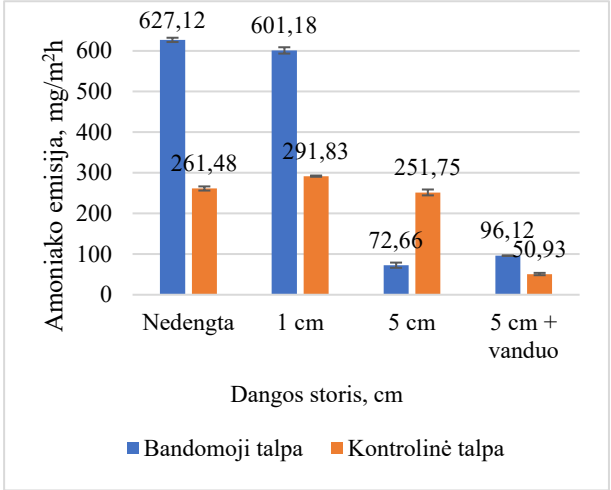
Naudojant biodangas tirštojo galvijų mėšlo uždengimui, yra svarbu įvertinti pasirinktos medžiagos savybes sudaryti neporėtą sluoksnį ir sugerti mėšlo paviršiuje esančius skysčius. Ūkiuose dažnai pakratams naudojami šiaudai, kurie gali būti naudojami ir mėšlo rietuvių uždengimui. Net ir nedidelis smulkintų šiaudų sluoksnis (5 cm) ženkliai sumažina amoniako garavimą į aplinką. Tyrimo metu, prieš uždengiant mėšlą šiaudais, nustatyta vidutinė 707,97±19,81 mg/m^{2}h amoniako emisija į aplinką. Mėšlo paviršių padengus 5 cm storio smulkintų šiaudų sluoksniu, garavimo intensyvumas sumažėjo iki 477,68±2,40 mg/m^{2}h (32,53 proc.), o storį padidinus iki 12 cm, rodikliai sumažėjo iki 210,44±1,85 mg/m^{2}h (70,28 proc.). Įpusėjus bandymui, mėšlo

talpose imituojami krituliai, užpurškiant 300 ml vandens. Po apipurškimo vandeniu, NH_3 emisija sumažėjo iki 188,20±3,83 mg/m^{2}h (73,42 proc.) Įvertinus rezultatus galima teigti, kad norint, jog smulkinti šiaudai efektyviau sumažintų aplinkos taršą kenksmingomis dujomis, reikia sutankinti šiaudų sluoksnį, nes jie suformuoja porėtą sluoksnį, pro kurį aplinkos oras ilgainiui pasiekia mėšlo paviršių ir amoniako emisijos vėl suintensyvėja, nors, kaip rodo duomenys, pradinio lygio nepasiekia (3 pav.).



3 pav. Amoniako emisijos mažinimo efektyvumas, mėšlą uždengiant šiaudais

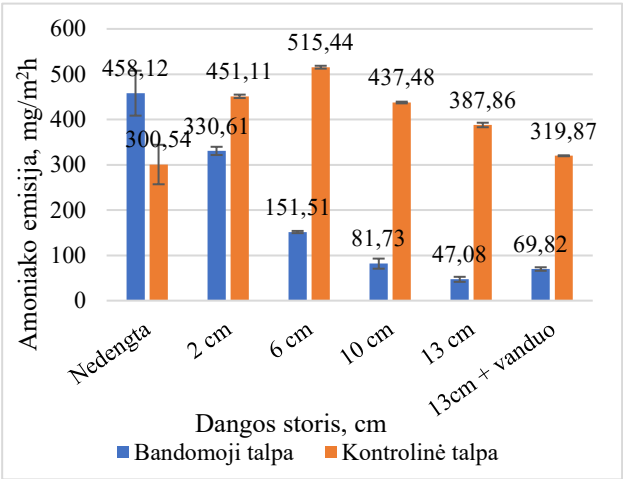
Fig. 3. *Effectiveness of reducing ammonia emissions by covering manure with straw*



4 pav. Amoniako emisijos mažinimo efektyvumas, mėšlą dengiant smulkiomis įvairios medienos pjuvenomis

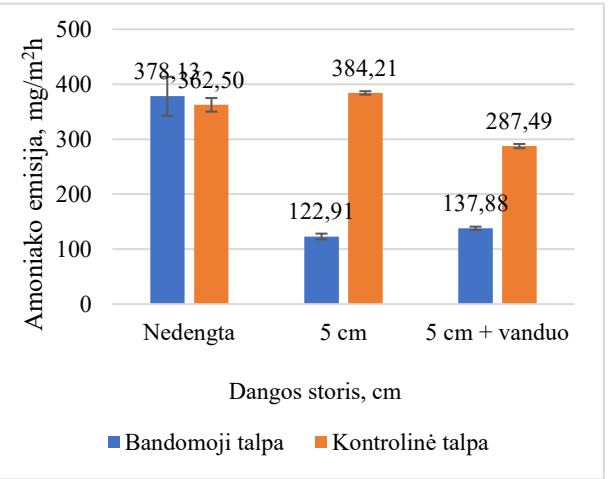
Fig. 4. *Effectiveness of reducing ammonia emissions by covering manure with fine various wood sawdust*

Tyrimui panaudojus smulkias, įvairių rūšių medienos pjuvenas nustatytas didžiausias 88,41 proc. dangos efektyvumas (4 pav.). NH_3 emisijos iš neuždengto mėšlo vidutiniškai siekė 627,12±5,26 mg/m^{2}h. Mažiausias nustatytas garavimo intensyvumas (72,66±6,43 mg/m^{2}h) gautas naudojant 5 cm storio sluoksnį, kuris ilgainiui išbrinko dėl ant mėšlo paviršiaus buvusių skysčių. Kadangi tyrimas atliktas laboratorijoje, naudojant uždaras talpas, kurios apriboja pjuvenų sluoksnio plėtimąsi, jo tankis ženkliai padidėja, todėl mažėja oro pralaidumas ir kenksmingų dujų emisija į aplinką. Norint patvirtinti dangos efektyvumą, rekomenduojama pakartoti bandymą sudarant sąlygas, kurios neribotų pjuvenų plėtimosi galimybių joms brinkstant. Užpurškus vandens ant pjuvenų sluoksnio, amoniako emisija vėl tampa didesnė (96,12±0,54 mg/m^{2}h). Manoma, kad dėl pjuvenų dalelių dydžio, ši danga negali sugerti daug skysčių, tad srutoms ir šlapimui skverbiantis iš apatinės pusės, o krituliams drėkinant iš viršaus, danga peršlampa, skystos būsenos azotas pasiekia dangos paviršių, kol galiausiai virsta į dujinę ir sklinda į aplinką.



5 pav. Amoniako emisijos mažinimo efektyvumas, mėšlą uždengiant kanapių spaliais

Fig. 5*. Effectiveness of reducing ammonia emissions by covering manure with hemp chaff*



6 pav. Amoniako emisijos mažinimo efektyvumas, mėšlą uždengiant spygliuočių pjuvenomis

Fig. 6. *Effectiveness of reducing ammonia emissions by covering manure with coarse coniferous tree sawdust*

Kaip matoma 5 paveiksle, naudojant smulkintus kanapių spalius, amoniako emisiją pavyko sumažinti iki 9,7 karto. Prieš uždengiant šviežią galvijų mėšlą, vidutinė NH_3 emisija siekė 458,12±49,64 mg/m^{2}h. Geriausias rezultatas (47,08±3,88 mg/m^{2}h) pasiektas naudojant 13 cm storio sausą sluoksnį. Kaip ir atliekant bandymus su smulkiomis pjuvenomis, po apipurškimo vandeniu amoniako emisija suintensyvėjo iki 69,82±0,80 mg/m^{2}h. Šio bandymo metu pasiektas maksimalus 89,72 proc. dangos efektyvumas.

Remiantis duomenimis (6 pav.), stambios spygliuočių medžių pjuvenos taip pat žymiai sumažina amoniako garavimą į aplinką. Panaudojus vos 5 cm storio pjuvenų sluoksnį emisija sumažėjo nuo 378,13±35,51 mg/m^{2}h iki 122,91±5,37 mg/m^{2}h, kai danga yra sausa, ir iki 137,88±3,11 mg/m^{2}h, kai ant pjuvenų patenka kritulių. Šios dangos efektyvumas atitinkamai siekia 67,49 proc. ir 63,54 proc.

Nustatyta, kad dangos, kurių dalelės yra smulkesnės, sudaro tankesnį ir mažiau pralaidų sluoksnį. Toks sluoksnis geriau apriboja aplinkos oro patekimą prie mėšlo paviršiaus ir geriau mažina aplinkos taršą. Tačiau labai smulkios dalelės labiau absorbuoja skysčius, dangos paviršius labiau sudrėksta, NH_3 garavimas suintensyvėja. Stambios dalelių danga yra poringa, gali nepakankamai sulaikyti šviežio oro patekimą prie mėšlo. Renkantis dangą, reikia atsižvelgti į dalelių dydį, tinkamai pasirinkti sluoksnio storį ir įvertinti galimybę pagal poreikį sutankinti, suslėgti naudojamos biodangos sluoksnį arba naudoti didesnį jos kiekį.

Eksperimentinių tyrimų metu panaudotos keturios skirtingos biodangos – smulkinti šiaudai, stambios spygliuočių pjuvenos, įvairios medienos smulkios pjuvenos bei smulkinti kanapių spaliai. Uždengus šviežią galvijų mėšlą, amoniako emisijos sumažėjo 67,49-89,72 proc. Geriausi rezultatai pasiekti naudojant 13 cm storio smulkintų kanapių sluoksnį. Amoniako išsiskyrimas į aplinką sumažėjo 9,7 karto. Tyrimui naudotos smulkios pjuvenos NH_3 emisijas taip pat ženkliai sumažino – 8,6 karto. Smulkintų šiaudų ir stambių spygliuočių pjuvenų nustatytas veiksmingumas kiek mažesnis. Šios medžiagos kenksmingų dujų garavimo sumažino atitinkamai 3,8 ir 3,1 karto.

Išvados

1. NH_3 emisija iš šviežio tirštojo mėšlo per 72-96 valandas pasiekia didžiausią intensyvumą. Pirmąsias 11 valandų šis procesas didėja sparčiausiai, todėl, siekiant sumažinti aplinkos taršą, reikia taikyti amoniako emisijos mažinimo priemones.
2. Biodangomis uždengus tirštąjį mėšlą galima sumažinti amoniako garavimo intensyvumą. Mėšlą uždengus smulkintais šiaudais amoniako emisija sumažėja 73,42 proc., spygliuočių pjuvenomis – 67,49 proc., kitomis pjuvenomis – 88,41 proc., kanapių spaliais – 89,72 proc.
3. Amoniako emisiją iš tirštojo galvijų mėšlo efektyviausiai galima sumažinti jį uždengus 13 cm storio smulkintų kanapių spalių sluoksniu. Tyrimo metu amoniako emisija sumažėjo nuo 458,12±49,64 mg/m^{2}h iki 47,08±3,88 mg/m^{2}h (89,72 proc.). Atliekant tolimesnius tyrimus, rekomenduojama dangos sluoksnio storį pagrįsti ekonominiu įvertinimu.

Literatūra

1. Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., Zechmeister-Boltenstern, S. (2006). Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. Agriculture, ecosystems & environment, 112(2-3), 153–162.
2. European Environment Agency. (2022). Sources and emissions of air pollutants in Europe. Web report. Prieiga per internetą: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/sources-and-emissions-of-air
3. Freney, J. R., Simpson, J. R., Denmead, O. T. (1981) Ammonia volatilization. Ecological Bulletins. 1981, 291-302.
4. Kavolėlis B. 2006 Galvijų fermų technologinio projektavimo taisyklės ir patarimai. Raudondvaris: Lietuvos žemės ūkio universiteto Žemės ūkio inžinerijos institutas, 2006, p. 70–71.
5. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2005) Mėšlo ir srutų tvarkymo aplinkosaugos reikalavimų aprašas. Nauja redakcija nuo 2021-03-15. Prieiga per internetą: https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.260167/asr
6. Medėkšaitė, J., Čingienė, R. (2014). Gyvulininkystės objektų skleidžiamą taršą įtakojančių veiksnių analizė. Žmogaus ir gamtos sauga 2014: 20 tarptautinės mokslinės-praktinės konferencijos medžiaga= Human and nature safety 2014: proceedings of the 20th international scientific-practice conference. Akademija: Aleksandro Stulginskio universitetas, Vytauto Didžiojo universitetas, Lietuvos mokslų akademija. Prieiga per internetą: https://zua.vdu.lt/wp-content/uploads/2019/02/90_Medeksaite.pdf

7. Meisinger, J. J., Jokela, W. E. (2000) Ammonia volatilization from dairy and poultry manure. Proc Managing nutrients and pathogens from animal agriculture. Camp Hill, PA, 28–30.
8. Pereira, J., Misselbrook, T. H., Chadwick, D. R., Coutinho, J., & Trindade, H. (2010). Ammonia emissions from naturally ventilated dairy cattle buildings and outdoor concrete yards in Portugal. Atmospheric Environment, 44(28), 3413–3421.
9. Petokaitis, M. (2017) Oro taršos amoniako dujomis kontrolė naudojant biodangas mėšlui: magistro tezės. Akademija, 2017, p. 11–14. Prieiga per internetą: https://gs.elaba.lt/object/elaba:22408460/
10. Skurdenienė, I., Ribikauskas, V., Bakutis, B. (2007) Ekologinio ūkio privalumai gyvulininkystėje. Baisiogala: Lietuvos veterinarijos akademijos Gyvulininkystės institutas, 2007. p. 99, 106–107.
11. Zhuang, M., Shan, N., Wang, Y., Caro, D., Fleming, R. M., Wang, L. (2020) Different characteristics of greenhouse gases and ammonia emissions from conventional stored dairy cattle and swine manure in China. Science of the Total Environment. 2020, 722, 137693.

Ieva Knoknerienė, Rolandas Bleizgys

Effectiveness of Reducing Ammonia Emissions from Solid Manure by Using Bio-Covers

According to the European Environment Agency, in 2020, 94 percent ammonia was released into the environment due to agricultural activities. Cattle farms are the recourse of roughly 50 percent of these pollutants. Various biological, chemical and physical factors influence the intensity of ammonia volatilization. Ammonia emissions increase when air penetrates into top layer of manure pile. This is the reason why it is recommended to reduce the surface area of the manure piles that contact with open air. Straw, peat, sawdust or other materials can be used as a bio-covers. The purpose of this study is to determine the efficiency of bio-covers while covering solid manure. Experimental studies were carried out in laboratory conditions, covering solid cattle manure with a 1-13 cm thick layer of various materials. As the results show, crushed hemp stems reduces ammonia volatilisation the best. Efficiency reached up to 89,72 percent, when ammonia emission was reduced from 458,12 mg/m^{2}h to 47,08 mg/m^{2}h.

Ammonia, bio-covers, emissions, solid manure.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Ieva KNOKNERIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos studijų programos magistrantė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. +370 75 23 57, el. paštas: ieva.knokneriene@gmail.com
Ieva KNOKNERIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Master's degree in Agricultural Engineering and Management Address: Studentų 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 75 23 57, e-mail: ieva.knokneriene@gmail.com
Rolandas BLEIZGYS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos instituto technologijos mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 15, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 686 10900, el. paštas: rolandas.bleizgys@vdu.lt
Rolandas BLEIZGYS. Vytautas Magnus university, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Mechanical, Energy and Biotechnology engineering, doctor of Technology Science, professor. Address: Studentų 15a, LT-53362, Akademija, Kauno dist., Lithuania. +370 37 686 10900, e-mail: rolandas.bleizgys@vdu.lt

APLINKĄ TAUSOJANČIOS TRĄŠŲ IŠBARSTYMO TECHNOLOGIJOS

Jurgita Milerienė, Eglė Jotautienė, Kristina Lekavičienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Saugus ir atsakingas trąšų naudojimas, tręšimo technologinių procesų valdymas sukuria prielaidas dirvožemio apsaugai nuo spartaus nykimo ir atitinka valstybines bei tarptautines aplinkosaugos nuostatas. Straipsnyje tiriama granuliuotų organinių trąšų sklaida lauko sąlygomis, barstant išcentrine mineralinių trąšų barstomąja. Tyrimų rezultatai parodė, kad netolygiam trąšų barstymo pasiskirstymui abiejose barstymo pusėse turėjo įtakos važiavimo greitis, sklaidomojo disko sukimosi dažnio nustatymas bei trąšų išmetimo aukštis (atstumas nuo sklaidomojo disko iki dirvos paviršiaus). Siekiant aplinką tausojančių trąšų barstymo technologijų efektyvaus pritaikymo rekomenduojama padidinti sklaidomojo disko sukimosi dažnį, suvienodinant trąšų sklaidą visame darbiniame plotyje.

Aplinkos tausojimas, granuliuotos trąšos, išcentrinė barstomoji, išbarstymo sklaida.

Įvadas

Užterštumas cheminėmis medžiagomis gali turėti neigiamą poveikį dirvožemio kokybei, kelti grėsmę žmonių sveikatai ir aplinkai. Tinkamas tręšimas, saugus ir atsakingas trąšų naudojimas, technologinių procesų valdymas sukuria prielaidas dirvožemio apsaugai nuo spartaus nykimo ir atitinka valstybines bei tarptautines aplinkosaugos nuostatas (Aplinkos nuostatų įgyvendinimo Lietuvoje peržiūros suvestinė, 2019). Svarbu, kokios praktinės inžinerinės ir technologinės priemonės naudojamos įvairiose ūkio srityje, tame tarpe ir augalininkystėje, siekiant užtikrinti aplinkosauginių nuostatų įgyvendinimą. Lietuva, kaip ir kitos Europos Sąjungos šalys, besivadovaujančios 1992 m. pasirašyta Rio de Žaneiro deklaracija dėl aplinkos apsaugos ir plėtros, stengiasi įgyvendinti subalansuotos plėtros siekius. Europos Sąjungos dirvožemio teminėje strategijoje pabrėžiama būtinybė užtikrinti tvarų dirvožemio naudojimą. Siekiama sustabdyti tolesnę dirvožemio degradaciją, atkurti nualintas žemes, efektyviai naudoti turimus išteklius (Nadzeikienė, 2012).

Dirvožemio praturtinimui trąšomis svarbu tinkamai organizuoti technologinius procesus. Galimas tręšimas organinėmis ir mineralinėmis trąšomis. Tręšimas apibrėžiamas kaip agrotechnikos priemonė, kuri padeda trąšomis didinti žemės ūkio augalų derlių, gerinti dirvožemio kokybę (Žemės ūkio enciklopedija, 2007). Tręšimo metu keičiamos dirvožemio savybės, kaupiamos atsarginės maisto medžiagos dirvožemyje.

Viena iš dirvožemio nykimo priežasčių – tai netinkama žemės ūkio praktika. Pernelyg gausus tręšimas siejamas su dirvožemio užterštumu sunkiaisiais metalais, kurie yra linkę kauptis ir kelti pavojų gyvajai gamtai bei žmogui. Neigiamai aplinką veikia ir per didelis pesticidų naudojimas. Per didelis cheminių medžiagų kiekis toksiškai veikia visus gyvuosius dirvožemio organizmus, slopina biologinį ir biocheminį dirvožemio aktyvumą, patenka į augalus, gyvulių ir žmogaus organizmą. Dideli trąšų ir pesticidų kiekiai ne tik kenkia dirvožemiui, bet ir gali tirpti paviršiniame vandenyje ir patekti į giluminius vandenis bei aplinkinius vandens telkinius (Mikučionienė ir Živatkauskienė, 2018).

Vis labiau plintant aplinkosauginėms nuostatoms, kurių populiarumą lemia akivaizdus globalinis klimato šiltėjimas, tampa aktualus ne tik organinių medžiagų panaudojimas įvairiose srityse, bet ir dirvožemio išsaugojimas naudojant tinkamą trąšų kiekį. Šiuolaikinių technologijų teikiama galimybė tiksliai reguliuoti mineralinių trąšų paskleidimo normą labai svarbi tausojančiai žemdirbystei (Jagaitė, 2019). Tai padeda sutaupyti žemės ūkio technikai skiriamas lėšas, ūkyje turėti mažiau menkai naudojamų įrenginių. Saugant dirvožemį ir mažinant trąšų sąnaudas aktualu įrodyti aplinką tausojančių trąšų barstymo technologijų patogumą ir pranašumą.

Augalams reikalingos maisto medžiagos – tai jiems reikalingos trąšos. Fizikinės trąšų savybės lemia jų įterpimo į dirvą būdą. Birios trąšos yra barstomos barstytuvais. Nuo barstymo tikslumo priklauso tręšimo efektyvumas ir ekologiškumas, kadangi perteklinis tręšimas yra žalingas dirvožemiui. Vis labiau plintant aplinkosauginėms nuostatoms, kurių populiarumą lemia akivaizdus globalinis klimato šiltėjimas, tampa aktualus saikingas, optimalus trąšų panaudojimas ir dirvožemio išsaugojimas. Šiuolaikinių technologijų teikiamos tikslaus trąšų barstymo galimybės padeda sutaupyti žemės ūkio technikai ir trąšoms skiriamas lėšas (Žemės..., 2007). Nors Lietuva laikoma viena sparčiausiai augančių Europos šalių, tačiau jos ekologinių idėjų veiksmingumas vis dar atsilieka nuo Europos Sąjungos vidurkio (Aplinkos..., 2019). Lietuvos Respublikoje galiojantys valstybiniai bei tarptautiniai teisės aktai įpareigoja ūkinius subjektus ir gyventojus rūpintis aplinkos apsauga. Įstatymų įgyvendinimui svarbu, kokios praktinės inžinerinės ir technologinės priemonės naudojamos

įvairiose ūkio srityje, tame tarpe ir augalininkystėje, siekiant užtikrinti aplinkosauginių nuostatų įgyvendinimą augalininkystėje.

Straipsnyje nagrinėjami 2022 metais atlikti granuliuotų organinių trąšų sklaidos tyrimo rezultatai, barstant išcentrine mineralinių trąšų barstomąja. Trąšos buvo barstomos kintama trąšų norma. Barstomos granuliuotos mineralinės trąšos, naudojant du barstymo greičius (9 km/h ir 12 km/h).

Tyrimo tikslas – važiavimo greičio ir tręšimo normos įtaka trąšų barstymo kokybei.

Tyrimo metodika

Bandymas buvo atliktas 2022 m. lapkričio mėn. Kalvarijos savivaldybėje, Jonų kaime, ūkininko Mindaugo Milerio ūkyje. Pasirinktas laukas su žemais sodiniais (iki 10 cm).

Atliekant bandymą naudojamas trąšų barstytuvas AXIS H 30.2 EMC (+W) | RAUCH Düngerstreuer (1 pav.). Amonio sulfato trąšomis barstomo lauko plotas 40 ha. Trąšų norma 80 kg/ha, važiavimo greitis 9 km/h ir trąšų norma 100 kg, važiavimo greitis 12 km/h. Išmetimo diskų sukimosi greitis 600 sūk./min. Bandymai vykdyti trimis pakartojimais. Barstymo norma pasirinkta mažesnė nei rekomenduojama, kadangi yra galimybė barstyti kintama norma, kai pagal žemėlapį kompiuterizuota įranga nustato barstomų trąšų kiekį. Bandymų metu vėjo greitis apie 4 m/s, oro temperatūra 9 °C.

1 pav. Trąšų barstytuvas AXIS H 30.2 EMC (+W) | RAUCH Düngerstreuer

Fig. 1. *Fertilizer spreader AXIS H 30.2 EMC (+W) | RAUCH Düngerstreuer*

Lauko plotas lygus, be pastebimo nuolydžio, galinčio turėti įtakos važiavimo greičio ar byrėjimo kampo pokyčiams. Tręšimo metu keičiamos dirvožemio savybės, kaupiamos atsarginės maisto medžiagos dirvožemyje, padedančios augalams augti ir gauti gerą jų derlių. Efektyvūs darbo metodai ir tinkamas tręšimo pasirinkimas svarbus kokybiškam ir naudingam bei tvariam ūkininkavimui.

Pradedant darbą sukalibruojamos barstytuvo svarstyklės, nustatomas trąšų svoris bunkeryje. Darbiniame kompiuterio ekrane rodomas dirbamo lauko plotas, numatytas barstymo kiekis. Reguliuojamas barstymo plotis, kuris bandymo metu buvo nustatytas 18 m. Barstymo aukštis nustatytas pritaikant jį normaliam tręšimui 1 030 mm (maksimalus barstymo aukštis – 1 040 mm). Patikrinama, ar dirba visos paskirstymo dalys: išmetimo diskai, išmetamosios mentelės ir kt., kokia jų būklė. Patikrinamas kieko normavimo mechanizmas, nustatomas bei įtvirtinamas dozavimo šliaužiklis dešinėje ir kairėje pusėse. Trąšų naudingumas augalams neabejotinai susijęs su jų paskleidimo norma ir tolygumu. Tikslus ir vienodas trąšų paskleidimas užtikrina vienodas augimo sąlygas augalams, tolygų augimą ir gali turėti įtakos derliaus nuėmimo sąlygoms. Maksimalaus derliaus gavimui svarbus tinkamų augimo sąlygų sudarymas (Mašauskas, 2009; Mikučionienė ir kt., 2018). Tinkamas trąšų kiekio parinkimas ir tolygus jų barstymas svarbus aplinkos tausojimui.

Trąšų paskleidimas vertinamas atsižvelgiant į du pagrindinius rodiklius: trąšų barstymo tolygumą bei išbertų trąšų normą.

Šių rodiklių vertinimui bandomajame lauke, lygiame plote, išdėstomos dėžutės trąšų kiekio nustatymui kas 1,8 m (žr. 2 pav.). Po kiekvieno pravažiavimo vertinamas į dėžutes patekusių trąšų kiekis gramais.

2 pav. Trąšų kiekio matavimo dėžučių išdėstymas lauke ir bandymo procesas

Fig. 2. *Placement of fertilizer metering boxes in the field and testing process*

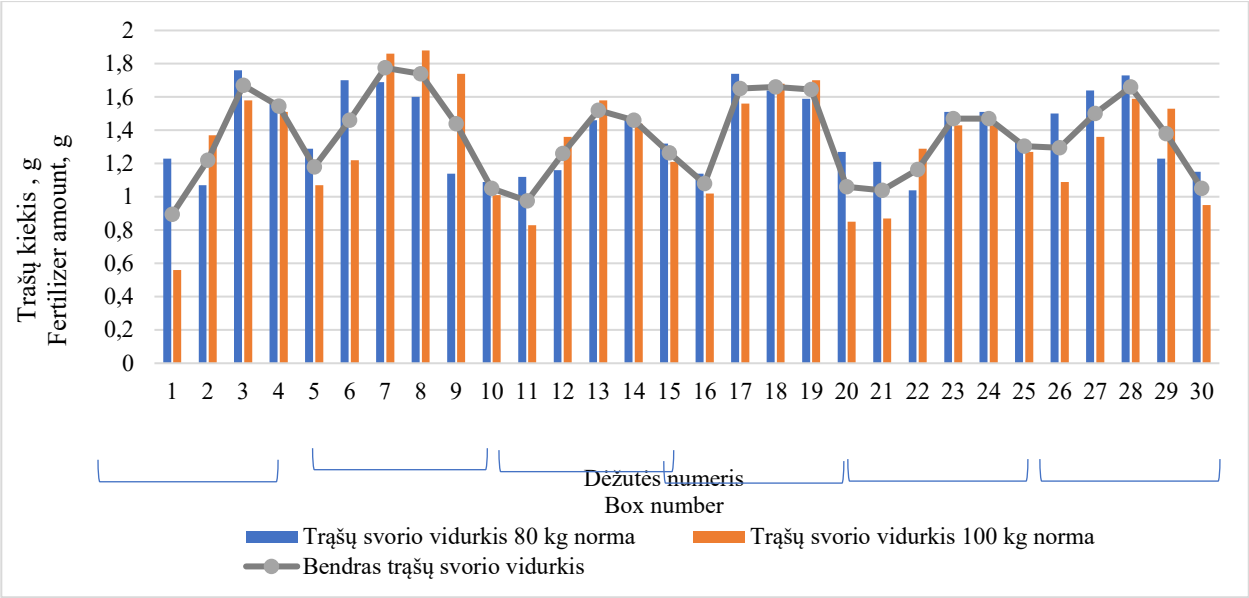
Pagal trąšų normą vertinama trąšų barstymo kokybė, barstymo tolygumas. Barstomų trąšų norma nustatoma pagal atliktus tyrimus ir trąšų kiekio rekomendacijas. Dėžučių išdėstymas lauke neviršija mašinos darbinio pločio. Trąšų barstymo procesas valdomas darbinio kompiuterio pagalba.

Rezultatai

Atlikus trąšų barstymą skirtingomis sąlygomis, įvertinti darbiniame tręšimo plotyje išdėstytose dėžutėse surinktų trąšų kiekiai. Darbinis barstymo plotis nustatomas naudojant elektroninės valdymo skalės viršutinį lanką (trąšų užduoties indikatorių).

3 pav. pateiktas trąšų barstymo grafikas, kuriame mėlyna spalva vaizduojamas 80 kg normos barstymo pakartojimų vidurkis ir oranžine spalva vaizduojamas 100 kg normos barstymo pakartojimų vidurkis. Pilka linija rodo bendrą vidurkį, leidžiantį vizualiai įvertinti skirtingų barstymo normų nuokrypį nuo vidurkio.

Kiekvieno trąšų barstymo linijos viduryje nustatytas nežymus trąšų kiekio padidėjimas, būdingas kiekvienam pakartojimui ir bendram pakartojimų vidurkiui. Barstant 100 kg trąšų normą, nuokrypis nuo vidurkio svyravo nuo 0,543 iki 0,010. Vidutinis standartinis nuokrypis svyravo nuo 0,24980 iki 0,02603. Variacijos koeficientas septyniolika atvejų iš trisdešimties viršijo leistiną 10 % ribą.



3 pav. Trąšų išbarstymo vidurkių palyginimas abiejų barstymų metu – 1–30 dėžutės

***Fig. 3**. Comparison of fertilizer spreading averages during both spreadings – 1–30 boxes*

Barstant 80 kg trąšų normą, nuokrypis nuo vidurkio svyravo nuo 0,321 iki 0,006. Vidutinis standartinis nuokrypis svyravo nuo 0,185 iki 0,009. Variacijos koeficientas vienu iš trisdešimties atvejų viršijo leistiną 10 % ribą. Standartinė paklaida su 95 % pasikliovimo lygmeniu rodo, kad populiacijos vidurkis yra dvigubos standartinės paklaidos reikšmės intervale į abi puses nuo imties vidurkio.

Galima konstatuoti, kad mažesni nuokrypiai nuo vidurkio ir tolygesnis trąšų pasiskirstymas nustatytas barstant 80 kg trąšų normą 9 km/h greičiu (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Trąšų barstymo rezultatai esant skirtingoms trąšų normoms ir važiavimo greičiui

***Table 1.** Fertilizer application results at different fertilizer rates and travel speeds*

Dėžutės Nr.	**Standartinis nuokrypis**		**Standartinė paklaida**		**Variacijos koeficientas**		**Koreliacijos koeficientas**
	Trąšų norma 100 kg, važiavimo greitis 12 km/h	Trąšų norma 80 kg važiavimo greitis 9 km/h	Trąšų norma 100 kg, važiavimo greitis 12 km/h	Trąšų norma 80 kg, važiavimo greitis 9 km/h	Trąšų norma 100 kg, važiavimo greitis 12 km/h	Trąšų norma 80 kg, važiavimo greitis 9 km/h	
1	0,274	0,038	0,15822	0,022	28,25%	2,04%	-0,998
2	0,420	0,102	0,24251	0,058	17,70%	5,23%	-0,973
3	0,196	0,103	0,11319	0,059	7,16%	4,47%	0,992
4	0,125	0,021	0,07211	0,012	4,78%	0,97%	-0,038
5	0,299	0,092	0,17285	0,052	16,15%	4,73%	0,827
6	0,404	0,021	0,23333	0,012	19,13%	1,02%	-0,971
7	0,328	0,035	0,18941	0,020	10,18%	1,68%	-0,994
8	0,543	0,006	0,31342	0,003	16,67%	0,22%	0,367
9	0,385	0,321	0,22214	0,185	12,77%	14,80%	-0,252
10	0,433	0,096	0,24980	0,055	24,73%	5,34%	-0,604
11	0,239	0,020	0,13836	0,011	16,67%	0,96%	0,855
12	0,335	0,047	0,19368	0,027	14,24%	2,33%	-0,248
13	0,097	0,121	0,05608	0,070	3,55%	5,26%	-0,170
14	0,145	0,147	0,08353	0,085	5,80%	6,39%	-0,991
15	0,075	0,116	0,04333	0,067	3,58%	5,93%	0,353
16	0,115	0,125	0,06667	0,072	6,54%	6,73%	-0,693
17	0,413	0,025	0,23849	0,014	15,29%	1,22%	0,079
18	0,369	0,058	0,21341	0,033	12,70%	2,52%	0,523
19	0,344	0,043	0,19835	0,025	11,67%	1,94%	0,995

Dėžutės Nr.	Standartinis nuokrypis		Standartinė paklaida		Variacijos koeficientas		Koreliacijos koeficientas
	Trąšų norma 100 kg, važiavimo greitis 12 km/h	Trąšų norma 80 kg važiavimo greitis 9 km/h	Trąšų norma 100 kg, važiavimo greitis 12 km/h	Trąšų norma 80 kg, važiavimo greitis 9 km/h	Trąšų norma 100 kg, važiavimo greitis 12 km/h	Trąšų norma 80 kg, važiavimo greitis 9 km/h	
20	0,140	0,110	0,08083	0,063	9,51%	5,68%	0,454
21	0,116	0,061	0,06692	0,035	7,69%	3,57%	0,998
22	0,140	0,032	0,08090	0,018	6,27%	1,58%	-0,115
23	0,107	0,025	0,06173	0,014	4,32%	1,11%	-0,830
24	0,067	0,098	0,03844	0,057	2,69%	4,49%	-0,945
25	0,045	0,020	0,02603	0,012	2,05%	1,15%	-0,998
26	0,010	0,015	0,00577	0,009	0,53%	0,85%	-0,655
27	0,322	0,055	0,18586	0,031	13,67%	2,56%	-0,117
28	0,265	0,061	0,21050	0,035	13,24%	2,82%	0,174
29	0,356	0,060	0,19953	0,035	13,04%	2,99%	-0,140
30	0,165	0,061	0,09528	0,035	10,03%	3,37%	0,344

Lyginant abiejų trąšų normų atliktų išbarstymo bandymų atvejus, taikant Stjudento kriterijų dviem priklausomoms imtims, ir laikant rezultatus reikšmingais jei p reikšmė yra <0,05, nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas dviem atvejais (p=0,044 ir p=0,025). Tikėtina, kad šis skirtumas galėjo būti atsitiktinis dėl paviršiaus netolygumo ar bandymo metu įvykusio nedidelio barstytuvo važiavimo trajektorijos pasikeitimo. Gautas koreliacijos koeficientas rodo stiprią priklausomybę (jis siekia -0,998) tarp abiejų barstymų vidurkių normų. Galima konstatuoti pirmojo barstymo (1–10 dėžučių) metu buvusį didesnį trąšų barstymo tolygumą. Tai patvirtina ir variacijos koeficiento skaičiavimo rezultatai, nes šiuo atveju tik viena koeficiento reikšmė buvo didesnė už leistiną 10 % ribą.

Išbertų trąšų kiekio svyravimas vidurinėse ir kraštinėse dėžutėse leidžia teigti, kad derėtų koreguoti trąšų barstymo nustatymus arba barstytuvo važiavimo greitį, dėl kurio galėjo atsirasti šis netolygumas. Esant mažesniam greičiui, tikėtina, kad kiekis barstymo kelio viduryje ir kraštinėse dalyse susivienodėtų. Taip pat gali būti svarbu pareguliuoti barstytuvo disko sukimosi greitį, važiuojant didesniu greičiu, reikėtų nustatyti didesnį barstomosios disko sukimosi dažnį. Išlieka tikimybė, kad kai kurie netolygumai galėjo atsirasti ir dėl nedidelių vėjo gūsių arba trąšų drėgnumo bei kokybės. Atsižvelgiant į šiuos aspektus, ypač svarbu tinkamai nustatyti barstomosios techninius parametrus, kas užtikrina tolygų trąšų paskleidimą.

Išvados

1. Atlikus bandymus su dviem skirtingomis trąšų normomis važiuojant skirtingu greičiu (Trąšų norma 80 kg, važiavimo greitis 9 km/h ir trąšų norma 100 kg, važiavimo greitis 12 km/h), nustatytas trąšų išbarstymo netolygus pasiskirstymas abiejose barstomosios pusėse. Variacijos koeficiento vidurkis buvo 11,02 % ir viršijo leistiną 10 % ribą, kai buvo barstoma 100 kg/ha norma. Netolygiam trąšų pasiskirstymui galėjo turėti įtakos netinkamai parinktas važiavimo greitis.
2. Gauti tyrimo rezultatai parodė, kad barstant trąšas 80 kg/ha norma Variacijos koeficiento vidurkis buvo 3,47 % ir neviršijo leistinosios 10 % ribos. Rekomenduojama, siekiant aplinką tausojančių trąšų barstymo technologijų efektyvesnio pritaikymo, tinkamai parinkti trąšų barstomosios technologinius parametrus, derinant trąšų normas bei važiavimo greitį.

Literatūra

1. Aplinkos nuostatų įgyvendinimo Lietuvoje peržiūros suvestinė. (2019). Briuselis.
2. Nadzeikienė, J. (2012). Aplinkos apsaugos inžinerija. Vilnius.
3. Žemės ūkio enciklopedija. T. III. (2007). Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas.
4. Jagaitė, R. (2019). Efektyvių technologijų paieškos pereinant į ekologinį ūkininkavimą. Mano ūkis. Nr. 1.
5. Mašauskas, V. (2009). Aplinkosauga ir tręšimo planavimas. [žiūrėta 2022 m. sausio 11 d.], Prieiga per internetą https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT_versija/Naujiena/Leidiniai/Projekto_%E2%80%9ELietuva_be_kaimo-Lietuva_be_ateities%E2%80%9C_leidiniu_elektronines_versijos/Aplinkosauga%20ir%20tr%C4%99%C5%A1imo%20planavimas.pdf
6. Mikučionienė, R., Živatkauskienė, I. (2018). Agrarinė aplinkosauga. Kaunas: Kauno kolegija.

Jurgita Milerienė, Eglė Jotautienė, Kristina Lekavičienė

Environmentally Friendly Fertilizer-Spreading Technologies

Safe and responsible use of fertilizers, and management of technological fertilisation processes create prerequisites for soil protection against rapid deterioration and comply with state and international environmental regulations.

The article investigates the spreading of granular organic fertilizers in field conditions using a centrifugal mineral fertilizer spreader using experimental methods. It was found that the uneven distribution of fertilizer spreading on both sides of the spreader was influenced by the driving speed, the setting of the rotation frequency of the spreader disc and the height of the fertilizer discharge (distance from the spreader disc to the soil surface). In order to effectively apply environmentally friendly fertilizer spreading technologies, it is recommended to increase the rotation frequency of the spreader disc, equating the distribution of fertilizers in the spreading width.

Environmental protection, granular fertilizers, centrifugal spreader, spreader.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Jurgita MILERIENĖ. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė, Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 75 23 57, el. paštas: jjurgita82@gmail.com
Jurgita MILERIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 75 23 57, e-mail: jjurgita82@gmail.com
Eglė JOTAUTIENĖ. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorė; Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. 837752204, el. paštas: Egle.Jotautiene@vdu.lt
Eglė JOTAUTIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 37 752204, e-mail. Egle.Jotautiene@vdu.lt
Kristina LEKAVIČIENĖ. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentė; Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. 8 37 752357, el. paštas: Kristina.Lekaviciene@vdu.lt
Kristina LEKAVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. professor. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 37 752357, e-mail: Kristina.Lekaviciene@vdu.lt

GRANULIUOTŲ TRĄŠŲ, PAGAMINTŲ IŠ KARVIŲ, KIAULIŲ IR PAUKŠČIŲ MĖŠLO, FIZIKINIŲ–MECHANINIŲ SAVYBIŲ PALYGINIMAS

Alina Krušinskaitė, Ramūnas Mieldažys

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje analizuojama galvijų, karvių, kiaulių, vištų mėšlo medžiagos ir pagamintų laboratorinėmis sąlygomis granulių fizikinės-mechaninės charakteristikos. Mėšlo granuliavimas gali padidinti tūrinį tankį, pagerinti sandėliavimą, sumažinti transportavimo išlaidas ir palengvinti šių medžiagų tvarkymą naudojant tradicinę žemės ūkio įrangą. Laboratorinėmis sąlygomis paruošti keturi eksperimentiniai mėšlo medžiagos mėginiai. Granulių gamybai buvo naudojamas 7,5 kW granuliatorius su horizontalia 6 mm matrica. Tyrimo metu įvertinta mėšlo medžiagų frakcinė sudėtis, drėgmė, biometrinės savybės (matmenys, masė), žaliavos ir granulių tūris ir tankis, granulių stiprumas. Gauti rezultatai parodė, kad didžiausias paruošto medžiagos tūrinis tankis buvo gautas iš karvių mėšlo, o mažiausias – iš vištų mėšlo. Didžiausias drėgnis buvo karvių mėšlo, o mažiausias nustatytas drėgnis – paukščių mėšlo mėginiuose. Didžiausias tankis nustatytas galvijų mėšlo komposto granulėms. Didžiausias gniuždymo stipris, nustatytas karvių mėšlo granulėms, joms sugniuždyti reikalinga jėga siekė iki 690 N. Šio darbo tikslas – palyginti pagrindines tiriamos mėšlo medžiagos ir pagamintų eksperimentinių granulių fizikines–mechanines savybes.

Mėšlas, organinės granuliuotos trąšos, fizikinės – mechaninės savybės, tankis, granulių stiprumas

Įvadas

Dirvožemio nykimo problema skatina atidžiau pažvelgti į organinių trąšų taikymo žemės ūkyje galimybes. Šių galimybių gerinimui naudojamas mėšlo granuliavimas, padedantis paversti organines trąšas patogias transportavimui ir mechanizuotam tręšimui naudojant trąšų barstomuosius įrenginius (Staugaitis, 2016). Tręšiant mėšlu ne tik pagerėja dirvos būklė, bet ir pasiekiamas tikslas gauti geresnį pasėlių derlių. Tinkamai naudojamas įvairių gyvūnų ir paukščių mėšlas gali tapti vertinga žaliava trąšų gamybai. Ypač populiarėja mėšlo granuliavimas, todėl tręšiant galima neprarasti naudingų medžiagų. Granuliuotų organinių trąšų privalumai – patogesnis tvarkymas, sandėliavimas, transportavimas, lyginant su tradiciniu mėšlo tvarkymu su kraiku. Pasak Papandrea ir kitų autorių, komposto granuliavimo tikslas yra gaminti granules, kurios yra sutankintos komposto ar kitų mišinių formos, supaprastinant tvarkymo, transportavimo ir saugojimo operacijas (Papandrea ir kt., 2021). Sprendžiant intensyvios gyvulininkystės atliekų tvarkymo problemas tarptautiniu mastu, daugiau rūpinamasi mėšlo apdirbimo, o ne saugojimo ir paskleidimo technologijomis (BAT, 2010). Todėl ypač populiarėja mėšlo granuliavimas, leidžiantis tręšimo metu neprarasti naudingųjų medžiagų ir tolygiau padengti dirvožemį, paskleidžiant mėšlo granules jo paviršiuje. Todėl tampa aktualu išsiaiškinti, kokios yra mėšlo kaip organinės trąšos vertingosios savybės ir kokios yra mėšlo granulių gamybos proceso sąlygos, siekiant užtikrinti efektyvų šių trąšų panaudojimą. Svarbiausia granuliavimo proceso metu pasiekti, kad granulės būtų stabilios, išlaikytų formą ir būtų tinkamos mechaniniam įterpimui, paskleidžiant jas dirvožemyje (Pekarskas, 2013).

Tyrimo tikslas – palyginti pagrindines tiriamos mėšlo medžiagos ir pagamintų eksperimentinių granulių fizines ir mechanines savybes, ypatingą dėmesį skiriant granulių stiprumui.

Tyrimo metodika

Ištirtos šios kompostuoto mėsinių galvijų ir džiovinto karvių, kiaulių ir paukščių mėšlo fizikinės-mechaninės charakteristikos: maltos medžiagos frakcinė sudėtis, žaliavos masės drėgnis ir tūrinis tankis, pagamintų granulių biometriniai parametrai (išmatavimai, masė, tankis), granulių stiprumas.

Žaliavos paruošimas. Marijampolės rajone esančiuose ūkiuose buvo surinktas karvių, kiaulių ir vištų dedeklių tirštasis mėšlas (po maždaug 10 kg). Šiaudai buvo naudojami kraikui visiems minėtų rūšių gyvūnams. Mėšlas buvo laikomas atviroje mėšlidėje. Mėšlo mėginiai buvo džiovinami natūraliai iki 50 % drėgmės. Norint pasiekti apie 15 – 20 % drėgnumą, mėginiai dirbtinai išdžiovinti ventiliacijos kanale, tiekiant šildomą orą. Po to paruošta medžiaga malama plaktukiniu malūnu GMM-1 (Lietuva), kur mėšlas sumalamas iki smulkios frakcijos (malūne naudotas 3 mm sietas). Galvijų mėšlo komposto mėginiai įsigyti iš mėšlą kompostuojančios įmonės Kaišiadorių rajone. Galvijų mėšlo kompostas nebuvo papildomai džiovinamas ar malamas, nes tai atliko kompostą platinanti įmonė.

Frakcinė kompozicija. Frakcinė susmulkinto mėšlo sudėtis nustatyta naudojant kratytuvą Retsch AS 200 (Vokietija) ir 200 mm skersmens sietų rinkinį. Sietų skersmuo buvo 0 mm, 0,25 mm, 0,5 mm, 0,63 mm, 1 mm,

2 mm, 3,15 mm, 4 mm ir 5 mm. Po sijojimo apskaičiuota ant sietų likusi masė ir kiekvienos frakcijos mėginio dalis procentais. Atlikti 3 pakartojimai.

Medžiagos tūrinis tankis. Tūrinis tankis nustatytas pagal standartinę metodiką (LST EN 1237:2002). Paruošta medžiaga pilama į 6 dm^3 talpos cilindrinį indą iki viršutinio krašto. Tuščias indas ir indas su malta medžiaga pasveriami Kern ABJ (Vokietija) svarstyklėmis (tikslumas – 0,01 g.). Tūrinis tankis apskaičiuojamas mėginio masę padalijus iš talpyklos tūrio. Atlikti 3 pakartojimai.

Drėgmės kiekis nustatytas pagal standartinę metodiką (EN 12048:1999). Mėginiai pasverti ir džiovinami 24 valandas laboratorinėje džiovinimo kameroje 105 ºC temperatūroje.

Granulių gamyba. Granulių gamybai buvo naudojamas 7,5 kW galios granuliatorius ZLSP200B (Lenkija), su horizontalia granuliavimo matrica ir 6 mm skersmens skylutėmis. Pagaminti keturi mėšlo granulių variantai, jiems suteikti sutrumpinti pavadinimai:

- GA – mėsinių galvijų tirštojo mėšlo su kraiku kompostas.
- KA – melžiamų karvių tirštasis mėšlas su kraiku.
- S – kiaulių tirštasis mėšlas su kraiku.
- VI – paukščių (vištų) tirštasis mėšlas su kraiku.

Granulių parametrai. Cilindrinių granulių parametrai nustatyti išmatavus jų ilgį ir skersmenį elektroniniu slankmačiu LIMIT 150 mm (tikslumas – 0,01 mm). Granulių svoris buvo nustatytas Kern ABJ (Vokietija) svarstyklėmis (tikslumas – 0,01 g.). Kiekvienam mėšlo mėginių tipui, naudojant po 10 granulių, nustatytas ilgis, skersmuo ir svoris, kad būtų gauta vidutinė paklaida. Granulių tūris apskaičiuojamas pagal granulių skersmenį ir ilgį. Visų tirtų granulių mėginių tankis apskaičiuotas standartiniais metodais.

Granulių stiprumo nustatymas. Granulių stiprumo bandymai atlikti naudojant bandymų aparatą „Instron 5960“ (JAV) ir parametrų registravimo sistemą „Bluehill“. Tyrimui parinktos kiekvienos rūšies 5 granulės, kurių aukščio ir skersmens santykis yra didesnis nei 2:1. Granulės buvo dedamos horizontaliai ant plokštelės ir suspaudžiamos, kol pasiekiamas jos lūžimas. Granulės gniuždymo stipris (N) buvo nustatytas kaip didžiausia jėga, užfiksuota suspaudžiant granulę lūžimo metu. Buvo naudojama pusiau statinė apkrova, kurios pastovus poslinkis buvo 20 $mm \cdot min^{-1}$.

Viso duomenų apdorojimo metu naudojant atitinkamą pakartojimų skaičių, rasta vidutinių reikšmių ir jų pasikliautinų intervalų (PI) iki 95 % tikimybės lygio.

Rezultatai

Eksperimentiniai mėšlo medžiagos ruošimo ir granuliavimo tyrimai atlikti 2022 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedroje esančioje laboratorijoje.

Atlikus frakcinės sudėties tyrimą nustatyta, kad mėsinių galvijų mėšlo komposte daugiausia medžiagos (65%) buvo masės frakcijoje iki 0,25 mm. Karvių mėšlo malūne daugiausia buvo 1–2 mm medžiagos (22 %). Kiaulių mėšle daugiausia buvo iki 0,25 mm frakcijos medžiagos, masės kiekis siekė iki 23 %. Vištų mėšle medžiagos kiekis iš 1–2 mm frakcijos siekė 33 % (1 lentelė). Visų rūšių mėšlo frakcinė sudėtis buvo iki 2 mm, todėl galima teigti, kad visų tirtų rūšių, tiek džiovinta, tiek kompostuota (galvijų mėšlo (GA) atveju) medžiaga buvo tinkama granuliuoti.

1 lentelė. Mėšlo miltų frakcinė sudėtis (procentais)

Table 1. *Fraction composition of milled material (percent)*

Mėšlo miltų rūšis *Type of manure material*	Sietų skylučių skersmuo, mm *Range of diameter of sieve holes, mm*							
	0–0,25	0.25–0.5	0.5–0.63	0.63–1	1–2	2–3.15	3.15–4	4–5
Galvijų (GA) *Cattle (GA)*	65,2±2,30	17,4±1,75	3,87±0,76	4,3±0,64	4,63±0,28	2,07±0,11	1,03±0,46	1,5±1,12
Karvių (KA) *Cow (KA)*	17,60±0,92	19,83±1,93	13,00±0,84	19,77±0,28	22,17±1,60	4,60±1,12	1,27±0,46	1,77±0,56
Kiaulių (S) *Pig (S)*	23,20±1,81	21,50±0,49	12,13±0,53	18,23±0,76	16,53±0,56	3,70±0,49	1,47±0,46	3,23±0,28
Vištų (VI) *Hen (VI)*	14,33±6,72	17,10±2,62	11,60±2,11	18,91±1,05	33,53±5,29	4,05±1,85	0,29±0,13	0,18±0,13

Iš gautų rezultatų matome, kad didžiausias paruoštų miltų tūrinis tankis buvo karvių mėšlo medžiagoje – 620 kg·m^{-3}, o mažiausias – 445,3 kg·m^{-3} vištų dedeklių mėšlo miltuose. Drėgmės kiekis yra vienas iš dominuojančių veiksnių, turinčių įtakos granulių kokybei. Vidutinis paruošto miltų drėgnis po dirbtinio džiovinimo buvo nuo 13,98±0,26 % vištų mėšle iki 22,53±1,91 % karvių mėšle, nedaug atsiliko ir kiaulių mėšlo drėgnis – 21,39±0,32 (2 lentelė). Iš mėšlo miltų tankio nustatymo rezultatų matome, kad didžiausias piltinis tankis buvo karvių džiovintame mėšle – 620 kg·m^{-3}, o mažiausias piltinis tankis vištų džiovintame mėšle – 445,3 kg·m^{-3}.

2 lentelė. Paruoštų miltų piltinis tankis ir drėgnis

Table 2. *The density and moisture content of prepared mill*

Parametrai *Parameters*	Galvijų (GA) kompostas *Cattle (GA) compost*	Karvių (KA) džiovintas *Cow (KA) manure dried*	Kiaulių (S) džiovintas *Pig (S) manure dried*	Vištų (VI) džiovintas *Hen (VI) manure dried*
Piltinis tankis, kg·m^{-3} *Bulk density, kg·m^{-3}*	556,4±5,81	620±7,04	525,3±4,05	445,3±4,31
Drėgnis, % *Moisture content, %*	16,90±0,46	22,53±1,91	21,39±0,32	13,98±0,26

Nustatyta, kad visos pagamintos granuliuotos trąšos buvo iki 6 mm skersmens. Vidutinis granulių ilgis buvo ne didesnis kaip 15,7±1,25 mm (VI mėginių atveju). Didžiausias tankis nustatytas galvijų mėšlo komposto granulėms – 1497,32±70,58 kg·m^{-3}, o mažiausias vištų mėšlo granulėms – 1234,15±42,25 kg·m^{-3} (3 lentelė). Galvijų ir kiaulių mėšlo malta medžiaga buvo smulkesnės frakcijos, todėl tikėtina, kad todėl minėtų granulių tankis buvo didžiausias. Kitų autorių duomenimis, kiaulių mėšlo granulių, pagamintų iš džiovinto kiaulių mėšlo (įpylus 10 % vandens), tankio vertės buvo atitinkamai – 1407,23 kg·m^{-3}, o pagamintų iš džiovinto kiaulių mėšlo pridedant 20 % vandens – 1363,04 kg·m^{-3} (Kažimírová et al., 2020).

3 lentelė. Granulių tankio nustatymas

Table 3. *Determination of the density of different types of granules*

Granulių rūšis *Type of granules*	Granulės parametrai *Granule parameters*		
	Ilgis, l, mm *Length, l, mm*	Skersmuo d, mm *Diametre d, mm*	Tankis, kg·m^{-3} *Density, kg·m^{-3}*
Galvijų (GA) *Cattle (GA)*	15,03±1,4	5,56±0,8	1497,32±70,58
Karvių (KA) *Cow (KA)*	13,9±1,6	5,55±0,9	1256,93±81,28
Kiaulių (S) *Pig (S)*	13,2±5,6	5,57±0,9	1461,66±105,75
Vištų (VI) *Hen (VI)*	15,7±1,2	5,83±0,11	1234,15±42,25

Bendras pagamintų galvijų (GA), karvių (KA), kiaulių (S) ir vištų (VI) mėšlo granulių vaizdas pateiktas 1 – 4 paveiksluose. Kadangi granulėms gaminti naudojama ta pati technologija, vizualiai granulės nesiskyrė, išskyrus spalvos intensyvumą. Pažymėtina, kad visos pagamintos granulių rūšys neturi būdingo mėšlui kvapo.

1 pav. Pagamintos galvijų mėšlo komposto (GA) granulės

Fig. 1. *Cattle manure compost (GA) granules*

2 pav. Pagamintos karvių mėšlo (KA) granulės

Fig. 2. *Cow (KA) manure granules*

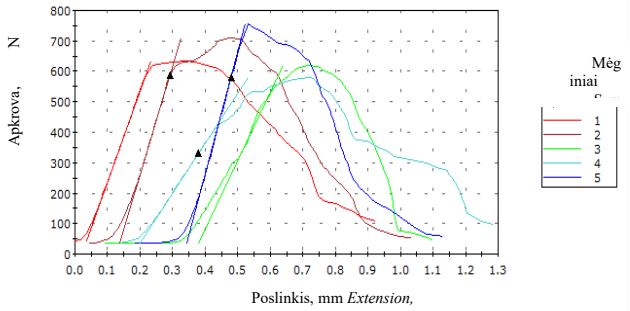
3 pav. Pagamintos kiaulių mėšlo (S) granulės

Fig. 3. *Pig (S) manure granules*

4 pav. Pagamintos vištų mėšlo (VI) granulės

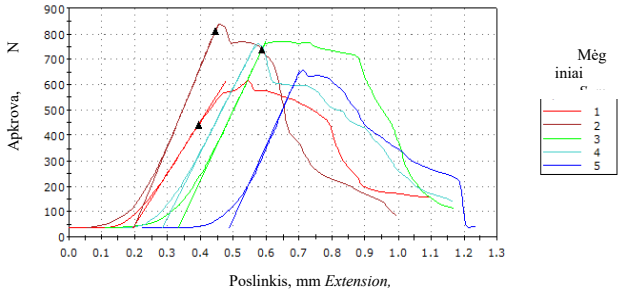
Fig. 4. *Hen (VI) manure granules*

Granuliuotų mėšlo trąšų gniuždymo stiprumo bandymų rezultatai pateikti 5 – 6 paveiksluose. Galvijų mėšlo komposto granulės (GA), deformuotos esant didesnei nei 600 N didžiausiai gniuždymo jėgai, o deformacija svyruoja nuo 0,1 mm iki 0,5 mm, kol granulės visiškai suiro (5 pav.). Karvių mėšlo granulės deformavosi, esant didžiausiai 800 N gniuždymo jėgai, deformacija gniuždymui vyko nuo 0,2 mm iki 0,7 mm, kol granulės visiškai suiro (6 pav.). Kiaulių mėšlo granulės deformavosi, esant didžiausiai 450 N gniuždymo jėgai, deformacija vyko nuo 0,1 mm iki 0,8 mm, kol granulės visiškai suiro (7 pav.). Vištų mėšlo granulės deformavosi, esant didžiausiai 500 N gniuždymo jėgai, deformacija gniuždymui vyko nuo 0,1 mm iki 0,5 mm, kol granulė suiro (8 pav.).



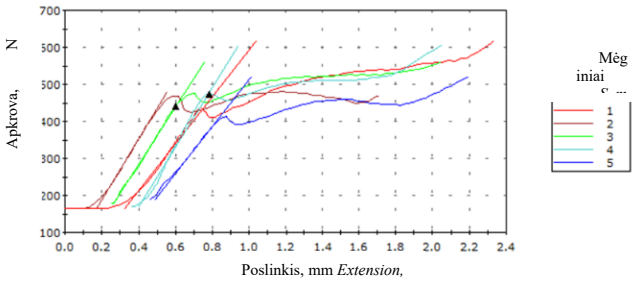
5 pav. Galvijų mėšlo (GA) granulių atsparumas gniuždymui

Fig 5. *Cattle manure compost (GA) granules strength test*



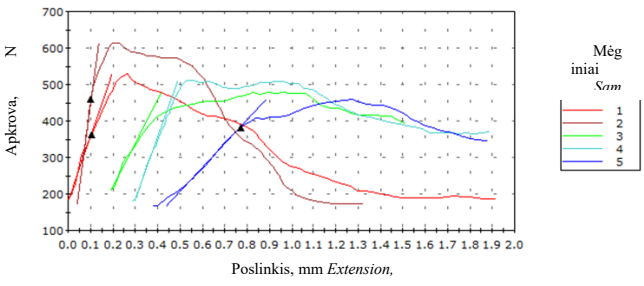
6 pav. Karvių mėšlo (KA) granulių atsparumas gniuždymui

Fig 6. *Cow (KA) manure granules strength test*



7 pav. Kiaulių mėšlo (S) granulių atsparumas gniuždymui

Fig 7. *Pig manure (S) granules strength test*



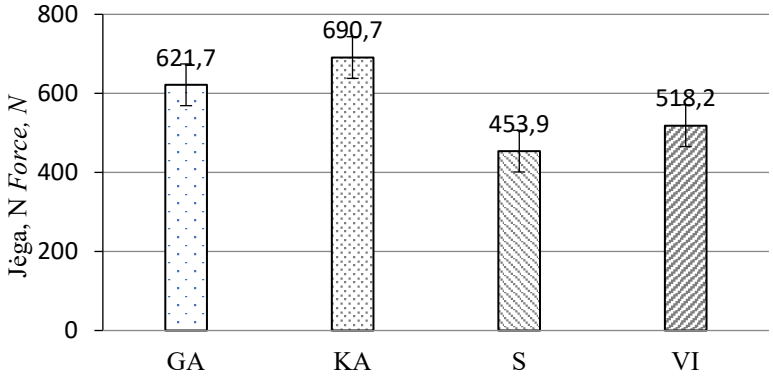
8 pav. Vištų mėšlo (VI) granulių atsparumas gniuždymui

Fig. 8*. Hen manure (VI) granules strength test*

Analizuodami visų mėšlo mėginių deformacijų kreives, pastebėjome, kad didžiausia gniuždymo jėga horizontalia kryptimi, pasiekta esant didesnei nei 800 N ir deformacijai, svyravo nuo 0,1 iki 0,8 mm. Kai kuriais atvejais silpnesnės granulės buvo galvijų mėšlo (GA) mėginiuose, bet ir minimalus granulių stiprumas siekė šiek tiek daugiau nei 400 N.

Didžiausios gniuždymo apkrovos bandymo rezultatai iš visų serijų granulių mėginių ir vidutinės vertės bei jų pasikliautinieji intervalai (PI) pateikti 9 paveiksle. Didžiausios gniuždymo stiprios jėgos reikšmės, surinktos iš Bluehill programos duomenų. Nustatyta, kad visi eksperimentiniai granulių mėginiai pasižymi dideliu

gniuždymo stipriu, kuris horizontalia kryptimi viršijo 400 N. Karvių mėšlo (KA) granulių mėginiai, kurių vidutinis pusiau statinis stabilumas 690,7 N, buvo mechaniškai stabiliausi, tačiau didelio skirtumo lyginant jas su galvijų mėšlo komposto (GA) granulėmis nepastebėta (9 pav.).



9 pav. Pagamintų galvijų (GA), karvių (KA), kiaulių (S), vištų (VI) mėšlo granulių atsparumo gniuždymui palyginimas

Fig 9. *Comparison of the compressive strength of produced cattle (GA), cow (KA), pig (S), hen (VI) manure granules*

Palyginimui, pasak mokslininkų iš Lenkijos, granulių stiprumas žymiai didėja kartu su didesniu mėšlo kiekiu ir mažesniu kraiko kiekius. Su 80 % viščiukų mėšlo ir 20 % kraiko, tirtų granulių stiprumas pasiekė 465 N stiprumą (Zdanowicz ir kt., 2017). Galima teigti, kad visos tirtos granulės buvo pakankamai tvirtos. Nors kiaulių mėšlo granulių atsparumas gniuždymui nustatytas mažiausias, jam prireikė 453,9 N jėgos granulės sugniuždymui, šios granulės, taip pat, kaip ir kitų rūšių granulės (ne mažiau kaip 400 N) pakankamai stiprios ir turėtų užtikrinti patogų jų tvarkymą, sandėliavimą, transportavimą bei skleidimą dirvose.

Išvados

1. Iš galvijų, karvių, kiaulių ir vištų mėšlo, taikant granuliavimo technologijas, galima pagaminti kokybiškas trąšas, kurios neturi mėšlui būdingo aštraus kvapo, lengvai transportuojamos, gali būti naudojamos įvairaus dydžio pasėliams tręšti. Granuliuotos mėšlo trąšos didina augalų derlių ir kokybę bei humuso kiekį dirvoje. Granuliuotų organinių trąšų naudojimas atitinka tvaraus, aplinką tausojančio ūkininkavimo idėjas.
2. Vidutinis paruošto granuliavimui medžiagos drėgnis buvo nuo 13,98±0,26 vištų mėšlo iki 22,53±1,91 karvių mėšle. Didžiausia miltų frakcija nuo 1 iki 2 mm – 22,17 %. Kiaulių tirštojo mėšlo miltų drėgnis buvo 21,39±0,32 %, didžiausia miltų frakcija buvo iki 0,25 mm – 23,20 %. Vištų mėšlo miltų drėgnis - 13,98±0,26 %, bei frakcinė sudėtis nuo 1 iki 2 mm – 33,53 %. Daugiausia medžiagos (65 %) buvo galvijų mėšlo komposte masės frakcijoje iki 0,25 mm. Karvių mėšlo miltuose daugiausia buvo 1–2 mm medžiagos (22 %), kaip ir vištų mėšle (33 %). Kiaulių mėšle daugiausia buvo iki 0,25 mm frakcijos medžiagos, masės kiekis siekė iki 23 %. Visų rūšių mėšlo frakcinė sudėtis buvo iki 2 mm, todėl galima teigti, kad visų tirtų rūšių džiovinta arba kompostuota mėšlo medžiaga buvo tinkama granuliuoti.
3. Nustatyta, kad pagamintos granuliuotos trąšos buvo iki 6 mm granulių skersmens. Vidutinis granulių ilgis buvo ne didesnis kaip 15,7±1,25 mm (vištų mėšlo mėginių atveju). Didžiausias tankis nustatytas galvijų mėšlo komposto granulėms – 1497,32±70,58 kg.m-3, o mažiausias vištų mėšlo granulėms – 1234,15±42,25 kg.m-3. Galvijų ir kiaulių mėšlo miltai buvo smulkesnės frakcijos, dėl to ir pagamintų granulių tankis gavosi didesnis.
4. Didžiausias atsparumas gniuždymui, horizontalioje plokštumoje, nustatytas karvių mėšlo granulėms, kurioms sugniuždyti reikalinga jėga pasiekė 690 N. Nors kiaulių mėšlo granulių atsparumas gniuždymui mažiausias, jam prireikė 453 N jėgos granulės sugniuždymui, bet šios granulės, taip pat kaip ir kitų mėšlo rūšių granulės (ne mažiau kaip 400 N), pakankamai stiprios ir turėtų užtikrinti patogų jų tvarkymą, sandėliavimą, transportavimą bei skleidimą dirvose.

Literatūra

1. BAT. Best available technologies for manure treatment (2010). Published by Baltic Sea 2020, Stockholm, 102 p. Prieiga per internetą: http://www.balticsea2020.org/english/images/Bilagor/ippp%2020100201%20best_practice_manure_handling_final.pdf
2. Kažimírová, V., Kubík, Ľ., & Mihina, Š. (2020). Evaluation of properties of pellets made of swine manure. Acta Technologica Agriculturae, 23(3), pp. 137–143.

3. Papandrea, S. F., Cataldo, M. F., Palma, A., Gallucci, F., Zimbalatti, G., Proto, A. R. (2021) Pelletization of Compost from Different Mixtures with the Addition of Exhausted Extinguishing Powders. Agronomy, 11(7), 1357.
4. Pekarskas, J. (2013). Ekologiškų granuliuotų galvijų mėšlo trąšų gamybos, jų tręšimo būdų ir efektyvumo augalams tyrimai. Final report of the research project, ASU, 40 p.
5. Staugaitis, G. (2016). Granuliuoti mėšlo poveikio tyrimai augalams ir dirvožemiui. Mokslinio tyrimo ataskaita, Akademija.
6. Zdanowicz, A., Chojnacki, J. (2017). Mechanical properties of pellet from chicken manure mixed with chopped rye straw. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 62(4).

Alina Krušinskaitė, Ramūnas Mieldažys

Comparison of the Physical Mechanical Properties of Granular Fertilizers made from Cattle, Pig and Poultry Manure

The article analyses the physical-mechanical characteristics of cattle, cow, pig, and hen manure materials produced in laboratory conditions. Granulation of manure can increase bulk density, improve storage, reduce transportation costs, and facilitate handling of these materials using traditional agricultural equipment. Four experimental samples of manure material were prepared under laboratory conditions. A 7.5 kW granulator with a horizontal 6 mm matrix was used for granules production. During the study, the fractional composition, moisture, biometric properties of manure materials (dimensions, mass), volume and density of raw material and granules, granule strength were evaluated. The obtained results showed that the highest bulk density of the prepared material was obtained from cow manure, and the lowest - from pig manure. The highest moisture content was found in cow manure and the lowest moisture content was found in poultry manure samples. The highest density is determined for cattle manure compost granules. The maximum compressive strength determined for cow manure granules was up to 690 N. The aim of this work is to compare the main physical and mechanical properties of the investigated manure material and the produced experimental pellets.

Manure, organic granular fertilizers, physical-mechanical properties, density, granule strength.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Alina KRUŠINSKAITĖ. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė, Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: alina.krusinskaite@gmail.com
Alina KRUŠINSKAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 75 23 57, e-mail: alina.krusinskaite@gmail.com
Ramūnas MIELDAŽYS. VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros lektorius, Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kauno r. Tel. (8-37) 75 23 57, el. p. ramunas.mieldazys@vdu.lt
Ramūnas MIELDAŽYS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, lector. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 75 23 57, e-mail: ramunas.mieldazys@vdu.lt

ŽALIAVINIO PIENO KOKYBINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS

Viktorija Zujūtė, Rasa Čingienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Pienas ir pieno produktai yra plačiai paplitę ir vartojami visame pasaulyje jau tūkstančius metų dėl jame esančių organizmo ląstelėms atsinaujinti ir energijai gauti svarbių maisto komponentų: riebalų, baltymų, angliavandenių, vitaminų, organinių rūgščių, fermentų, imuninių ir mineralinių medžiagų. Pieno kokybė priklauso nuo cheminių parametrų – riebalų ir baltymų kiekio, taip pat nuo bakterijų ir somatinių ląstelių skaičiaus. Pieno cheminei sudėčiai įtakos turi įvairūs veiksniai, tokie kaip: pašarai, šėrimo būdas, sezoniškumas, karvių priežiūros ir laikymo sąlygos bei karvių sveikatos būklė.

Straipsnyje pateikiama skirtingų karvių melžimo sistemų (melžimo robotais ir karuselės tipo melžimo aikštele) pieno kokybinių rodiklių analizė. Atliktų tyrimų rezultatais nustatyta, kad karvių melžimo technologiniai sprendimai didžiausią įtaką turėjo pieno bendram bakteriniam užterštumui, kuris kito nuo 79,39 ± 9,79 iki 91,50 ± 7,68 tūkst. cm^{-3}, baltymų ir riebalų kiekis buvo vienodas.

Pienas, kokybė, melžimo technologijos.

Įvadas

Žemės ūkio sektorius yra vienas iš svarbiausių ekonomikos sektorių daugelyje pasaulio šalių. Pieno gamyba yra viena iš daugelio šio sektoriaus sričių ir turi didelę reikšmę maisto pramonei. Vienas iš svarbiausių kokybinių rodiklių tyrimų yra žalio pieno tyrimas. Žalio pieno kokybės vertinimas yra būtinas norint užtikrinti, pieno produktų saugumą, nes tyrimai apima daugybę rodiklių, tokių kaip: riebalai, baltymai, laktozė, urėja, bendrą bakterijų skaičius, inhibitorinės medžiagos, užšalimo temperatūra.

Pieno gamyba Europos Sąjungoje (ES) sudaro didelę ES žemės ūkio produkcijos vertės dalį. Ne išimtis ir Lietuvos pienininkystės ūkis, kuris yra vienas svarbiausių Lietuvos žemės ūkio šakų ir sudaro apie 15 % visos žemės ūkio produkcijos (Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerija, 2023). Lietuvos pieno rinka šiuo laikotarpiu susiduria su smulkių pieno ūkių mažėjimo problema dėl smulkių ūkių konkurencingumo, modernizacijos, gamybos našumų stokos bei ekonominių, socialinių ir demografinių veiksnių. Remiantis Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centro duomenimis nuo 2016 m. iki 2022 m. 1–2 karvių ūkių skaičius, parduodančių pieną sumažėjo beveik 60 %, o ūkių, laikančių daugiau kaip 501 karvę padidėjo daugiau kaip 20 % (Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centras, 2023). Pieno ūkių stambėjimas skatina diegti išmaniąsias technologijas, modernizuoti, robotizuoti ir efektyviau valdyti ūkį naudojant bandos valdymo sistemas, automatinių karvių melžimo sistemas (melžimo robotus) ir šėrimo robotus. Ūkių automatizavimas ir mechanizavimas padeda sumažinti ūkininkavimo kaštus apie 15 %, (Lopes et al., 2020), automatizuotos melžimo sistemos padidina pieno primilžį apie 18 % (Wiking, 2022), o darbo jėgos poreikis sumažinamas vidutiniškai apie 20 % (Rodenburg, 2017).

Automatinės melžimo sistemos (AMS) pagrįstos savanorišku galvijų melžimu visiškai automatizuotame procese, kuris priklauso nuo kompiuterinio valdymo. Palyginti su tradiciniu melžimu, AMS pakeičia bandos valdymą, o tai daro įtaką ūkio ekonominiams, techniniams ir socialiniams aspektams, gyvūnų fiziologijai, sveikatai ir gerovei (Hogenboom et al., 2019). Automatizuotos melžimo sistemos taip pat vadinamos robotizuotomis melžimo sistemomis. Savanoriškas melžimas leidžia karvei pačiai nuspręsti melžimo laiką ir intervalą. Kai karvė bando patekti į melžimo įrenginį, karvės radijo dažnio identifikavimo įrenginio jutiklis nuskaito prie karvės pritvirtiną identifikavimo žymą ir perduoda karvės ID valdymo sistemai. Karvei patekus į melžimo įrenginį, atliekamas automatinis spenių valymas, spenelių užtepimas, melžimas ir spenių purškimas antiseptiku (Biradar, Abraham, Sachin ir Koundinya, 2018).

Žaliavinio pieno sudėtis ir sudėties pokyčiai turi didelę įtaką pieno pramonei ir pieno produktų kokybei (Kocsis et al., 2022). Pieno sudėtis gali skirtis priklausomai nuo gyvūno rūšies, amžiaus, sezoniškumo, tešmens sveikatos būklės, laktacijos laikotarpio. Dėl savo natūralių komponentų ir mažo rūgštingumo pienas yra gera terpė vystytis mikroorganizmams, kurie gali sukelti pieno gedimą ir pabloginti produkto kokybę. Žalio pieno taršos šaltiniai gali atsirasti pieno melžimo ir tvarkymo metu arba iš įrangos ir aplinkos (Visciano ir Schirone, 2022).

Šveicarijoje atliktame tyrime 2010–2015 m., nustatyta melžimo sistemos „MultiLactor“ poveikis skirtingų veislių melžiamų karvių pieno produktyvumui ir pieno kokybei 3 ūkiuose (pirmas ūkis – 170 Holšteino fryzų veislės karvės, antras ūkis – 130 Holšteino fryzų (raudonųjų karvių) ūkis ir trečias ūkis – 54 rudųjų šveicarų

karvių). Paros primilžis, panaudojus melžimo sistemą, tiriamuoju laikotarpiu nuo 2010–2015 m. atitinkamai išaugo iki 117 %, 162 %, 151 %. Per tą patį laikotarpį padidėjo ir pieno riebalų ir baltymų kiekis. Melžimo sistema turėjo reikšmingą poveikį tešmens sveikatos būklei, sumažinant somatinių ląstelių skaičių piene atitinkamai 54,81 %, 51,54 %, 51,66 % (Kaskous, 2018).

Tyrimų metodika

Tyrimo tikslas – išanalizuoti karvių melžimo technologinius sprendimus ir įvertinti jų įtaką pieno primilžiui bei pieno kokybiniams rodikliams (riebalų, baltymų ir bendro bakterinio užterštumo).

Tyrimai buvo vykdomi dviejose karvidėse su skirtingais melžimo technologiniais sprendimais: pilnai automatizuotoje karvidėje, kurioje 4 robotai melžia 260 karvių ir karvidėje, kurioje 240 karvių melžiama karuselės tipo melžimo aikštelės sistema. Abi karvidės yra boksinio tipo, kuriose įrengti seklūs boksai, iškloti guminiais kilimėliais, ant kurių šiek tiek pabarstoma pjuvenų; naudojami panašaus raciono pašarai, šėrimui naudojama stacionari įranga – juostinis transporteris, kuris paskleidžia pašarą ėdžiose per visą tvarto ilgį. Robotizuotoje karvidėje 260 karvių suskirstyta į 4 grupes po 65 karves (nes jas melžia keturi robotai). Vidutinis karvių melžimų skaičius per parą siekė iki 2,5 karto, o vienas robotas melžia apie 225 kartus per parą. Melžimo robote viena karvė vidutiniškai užtruko 18,34 min. Melžimo robotas yra užprogramuotas minimaliam 6 val. intervalui tarp melžimų (nuo 22 val. iki 4 val.). Karvidėje, kurioje karvės melžiamos karuselės tipo melžimo sistema visos karvės yra melžiamos 2 kartus (rytinis melžimas prasideda 5 val. ryto, vakarinis – 16 val.) Tyrimo metu (nuo 2021 m. lapkričio mėn. iki 2022 m. lapkričio mėn.), abiejose karvidėse taikant skirtingas melžimo technologijas, buvo vertinamas pieno primilžis, pieno kokybiniai rodikliai (riebalai, baltymai ir bendras bakterinis užterštumas).

Pieno riebalų ir baltymų kiekio nustatymui buvo naudojamas pieno sudėties analizatorius „*MilkoScan FT 120*“ (žr. 1 pav.). Įrenginys naudoja *Furje* transformacijos infraraudonųjų spindulių spektroskopijos (FTIR) matavimo principą. Įrenginyje yra integruota automatinio valymo ir nulio nusistatymo prieš mėginio analizavimą funkcija. Prieš atliekant pieno mėginio tyrimą, įvertinamas įrenginio duomenų pateikimo patikimumas su kontroliniais mėginiais iš UAB „Pieno tyrimai“. Kontrolinio pieno riebalų ir baltymų duomenys, išanalizuoti su įrenginiu „*MilkoScan FT 120*“ neturi viršyti ±0,04 % nustatytos ribos, arba kitaip laikoma, kad įrenginys veikia netinkamai. Po kontrolinio mėginio buvo analizuojami pieno mėginiai iš automatizuotos melžimo aikštelės ir karuselės tipo melžimo aikštelės, mėginio pakartojimų skaičių atliekant 3 kartus.

1 pav. Pieno sudėties analizatorius „*MilkoScan FT 120*“

Fig. 1. *Milk composition analyser „MilkoScan FT 120“*

Pieno bendram bakterijų kiekiui nustatyti buvo vadovaujamasi standarto LST EN ISO 4833 metodika. Metodas pagrįstas mezofilinių aerobinių ir fakultatyvių anaerobinių mikroorganizmų gebėjimu sudaryti skaičiuojamas kolonijas standžioje mitybos terpėje per 72 h, esant 30 ± 1°C temperatūrai. (Šalomskienė, 2004). Tiriamasis pieno mėginys atsargiai supurtomas 25 kartus, stengiantis išvengti mėginio putų. Į 90 ml skiediklį („*Maximum recovery broth*“) sterilia pipete įpilamas 10 ml tiriamojo pieno mėginio. Gaunamas pirmasis skiedinys, kuris purtomas apie 7 s rankomis. Taip gaunamas pirmasis 10^{-1} skiedinys. Antrasis skiedinys (10^{-2}) gaunamas iš pirmojo mėginio paėmus 1 ml tiriamojo mėginio ir jį įpylus į 9 ml skiediklį, skiedinys gerai

sumaišomas. Trečiasis skiedinys (10^{-3}) atliekamas antrojo skiedinio 1 ml sumaišius su 9 ml skiedikliu, skiedinys gerai sumaišomas. Sekantys 2 skiediniai (10^{-4} ir 10^{-5}) atliekami tokiu pačiu principu. Prieš pradedant skiedinio sėjimą ant *Petri* lėkštelės dugno pažymima skiedinio numeris. Kiekvienam skiediniui imama sterili, vienkartinė, pažymėta skiedinio numeriu *Petri* lėkštelė, į kurią su sterilia pipete įpilama po 1 ml skiedinio. Atlikus dešimtkarčių skiedinių sėjimą, į kiekvieną lėkštelę įpilama 12–15 ml prieš tai vandens vonelėje pašildytas (44–47°C) mitybinis agaras mikroorganizmams skaičiuoti („*Plate Count Agar (PCA) with skimmed milk*“) . Pasėtas mėginys su mitybine terpe sumaišomas sukant *Petri* lėkšteles tokiu būdu:

- Pastumdoma lėkštelė pirmyn atgal 5 kartus vertikaliai;
- Pasukama lėkštelė 5 kartus laikrodžio rodyklės kryptimi;
- Pastumdoma lėkštelė pirmyn atgal 5 kartus horizontaliai;
- Pasukama lėkštelė prieš laikrodžio rodyklę 5 kartus.

Po mėginio sumaišymo jis paliekamas ant šalto, horizontalaus paviršiaus sustingti. Po mėginio sustingimo, ant pasėlio terpės paviršiaus užpilama maždaug 4 ml mitybinės agaro terpės. Sustingęs mėginys apverčiamas dangteliu į apačia ir inkubuojamas termostate aerobinėmis sąlygomis 72 ± 3 h, kuriame palaikoma 30 °C temperatūra pagal ISO 7218 standarto reikalavimus.

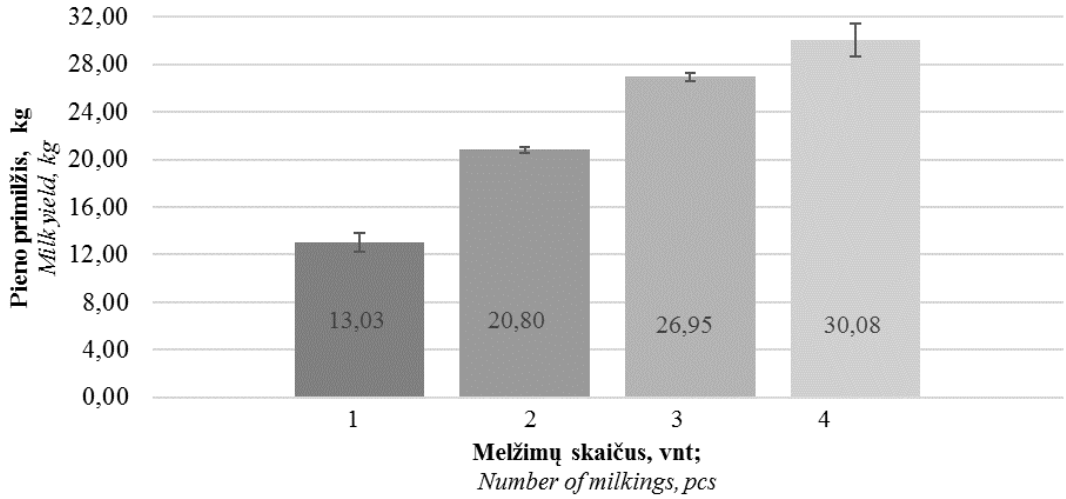
Po 3 parų, lėkštelėse išaugusios mikroorganizmų kolonijos skaičiuojamos su kolonijų skaičiavimo įrenginiu („*Star Count STC – 1000*“) neryškioje šviesoje. Mikroorganizmų skaičius mėginyje nustatomas apskaičiuojant 2 vienas po kito einančių skiedinių vidurkį pagal tokią lygtį:

$$N = \frac{\sum C}{V \times [n_1 + (0{,}1 \times n_2] \times d}, \quad (1)$$

čia ΣC – suma kolonijų, suskaičiuotų visose neatmestose lėkštelėse iš dviejų vienas po kito einančių skiedinių, kai bent vienoje lėkštelėje yra mažiausiai 15 kolonijų;
V – užsėtos medžiagos tūris lėkštelėje, mililitrais;
n_1 – pirmojo skiedinio vertinamų lėkštelių skaičius;
n_2 – antrojo skiedinio vertinamų lėkštelių skaičius;
d – pirmojo vertinamo skiedinio skiedimo koeficientas (d = 1, kai tiriamas skystas produktas (tiriamasis mėginys) yra neskiestas) (Šalomskienė, 2004).

Rezultatai ir aptarimas

Vertinant skirtingas melžimo technologijas, pirmas rodiklis kuris daro įtaką pieno primilžiui yra karvių melžimo dažnis. Automatizuotoje karvidėje karvės robote apsilanko nuo 2 iki 4 kartų (1 pav.), o karuselės tipo melžimo aikštelėje – 2 kartus.



2 pav. Karvių melžimo dažnumo įtaka pieno primilžiui

Fig. 2. *The influence of milking frequency of cows on milk yield*

Tyrimų rezultatai rodo, kad kuo dažniau karvė apsilanko melžimo robote, tuo primilžio kiekis didėja. Karvėms apsilankius 1 kartą per parą vidutinis primilžis – 13,03 ± 4,64 kg, 2 kartus – 20,80 ± 6,02 kg,

3 kartus – 26,95 ± 7,49 kg, o melžimo robote apsilankius 4 kartus per parą karvė vidutiniškai duoda 30,08 ± 7,53 kg pieno.

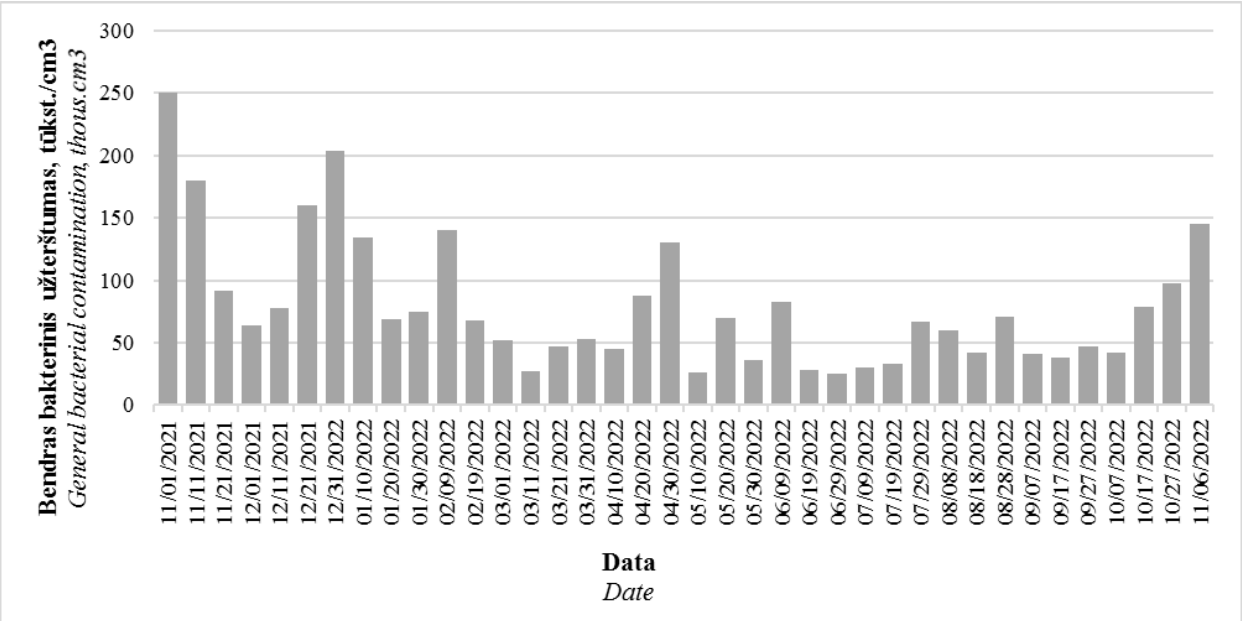
Nustatyti pieno riebalų ir baltymų kiekiai automatizuotoje melžimo sistemoje sudarė atitinkamai 4,36 ± 0,03 % ir 3,39 ± 0,01 %, o karuselės tipo melžimo sistemoje 4,37 ± 0,05 % ir 3,39 ± 0,02 % (1 lentelė). Statistiškai reikšmingo skirtumo tarp pieno riebalų ir baltymų kiekių nustatyta nebuvo. Galima daryti prielaidą, kad skirtingos melžimo sistemos įtakos pieno riebalų ir baltymų kiekiui neturi, kadangi kaip teigia Atalay (2019), pieno riebalų ir baltymų kiekis gali priklausyti nuo karvių mitybos raciono, medžiagų apykaitos, laktacijos, vaisingumo ir sveikatos būklės.

1 lentelė. Nustatytos pieno parametrų vertės automatinėje melžimo sistemoje ir karuselės tipo melžimo sistemoje

Table 1. *The values of the milk parameters in the automatic milking system and the carousel type milking system*

Rodikliai *Indicators*	Nustatytos pieno parametrų vertės *Estimated milk parameters values*	
	Automatinės melžimo sistemos *Automatic milking system*	Karuselės tipo melžimo sistema *Carousel milking system*
Pieno primilžis, kg iš karvės per dieną *Milk yield, kg from one cow*	26,2 ± 1,12	24,1 ± 1,34
Bendras primilžis, kg iš karvės per metus *Total milk yiel, kg from one cow*	9480 ± 1,89	8720 ± 2,11
Riebalų kiekis, % *Fat content, %*	4,36 ± 0,03	3,39 ± 0,02
Baltymų kiekis, % *Protein content, %*	4,37 ± 0,05	3,39 ± 0,02

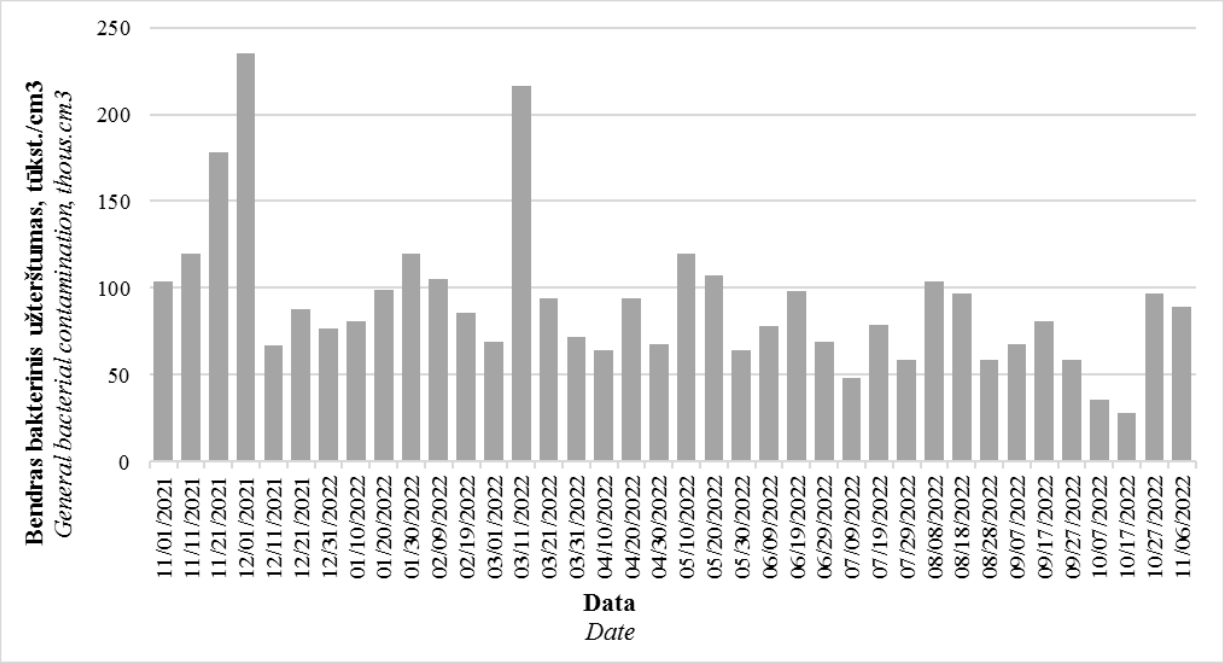
Melžimo įranga ir melžimo higiena turi didelę įtaką kokybiniams pieno rodikliams. Karves melžiant automatizuota melžimo sistema, per visą tyrimų laikotarpį, tik 8 kartus pieno bakterinis užterštumas padidėjo virš leistino ribos: 100 tūkst. cm^{-3}. Pieno bendras bakterinis užterštumas kito nuo 25 iki 250 tūkst. cm^{-3}, o tyrimų laikotarpiu vidutinis bakterinis užterštumas sudarė 79,39 ± 9,79 tūkst. cm^{-3} (3 pav.).



3 pav. Pieno bendro bakterinio užterštumo kaita karves melžiant automatine melžimo sistema

Fig. 3. *Changes in total bacterial contamination of milk during milking cows with an automatic milking system*

Karves melžiant karuselės tipo melžimo aikštele, per visą tyrimų laikotarpį, pieno bakterinis užterštumas leistiną 100 tūkst. cm^{-3} ribą viršijo 10 kartų ir kito nuo 29 iki 238 tūkst. cm^{-3}, o vidutinė riba siekė 91,50 ± 7,68 tūkst. cm^{-3} (4 pav.).



4 pav. Pieno bendro bakterinio užterštumo kaita karves melžiant karuselės tipo melžimo aikštele

Fig. 4. *Changes in total bacterial contamination of milk during milking cows in a carousel type milking parlor*

Vorobjovas (2011) teigia, jog automatizuotas melžimas padidina pieno riebumą ir baltymingumą, tačiau atlikto tyrimo rezultatai šio teiginio nepatvirtina. Riebalų ir baltymų kiekis, nepriklausomai nuo melžimui naudojamo technologinio sprendimo, nekito; buvo stebimi skirtingi pieno primilžio kiekiai, kuriuos paaiškina prielaida, kad dažnesnis karvių melžimas leidžia padidinti primelžiamo pieno kiekį.

Išvados

1. Didėjant karvės apsilankymų skaičiui melžimo robote, pieno primilžis didėja. Karvėms apsilankius 1 kartą per parą vidutinis primilžis – 13,03 ± 4,64 kg, 2 kartus – 20,80 ± 6,02 kg., 3 kartus – 26,95 ± 7,49 kg, o melžimo robote apsilankius 4 kartus per parą karvė vidutiniškai duoda 30,08 ± 7,53 kg pieno.
2. Automatinėje melžimo sistemoje pieno riebalų ir baltymų kiekis atitinkamai sudarė 4,36 ± 0,03 % ir 3,39 ± 0,02 %, o karuselės tipo melžimo sistemoje atitinkamai 4,37 ± 0,05 % ir 3,39 ± 0,02 %. Statistiškai reikšmingo skirtumo tarp skirtingų melžimo sistemų ir pieno riebalų bei baltymų kiekio nustatyta nebuvo.
3. Pieno bendras bakterinis užterštumas automatinėje melžimo sistemoje sudarė 79,39 ± 9,79 tūkst. cm^{-3}, o karuselės tipo melžimo sistemoje – 91,50 ± 7,68 tūkst. cm^{-3}.

Literatūra

1. Atalay, H. (2019). Milk Fat/Protein Ratio in Ketosis and Acidosis. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, *8*(3), 143–146. Prieiga per internetą: https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/908474
2. Biradar, D., Abraham, J., Sachin, S.P., Koundinya, U. (2018). Development of Milking Systems and its Impact on Milk Quality. *International Journal of Livestock Research,* Vol 8(12), 1-12. doi: 10.5455/ijlr.20180317120751
3. International Standard Organization. (2007). ISO 7218: 2007. Microbiology of food and animal feeding stuffs—General requirements and guidance for microbiological examinations. *International Organization for Standardization, Geneva.*
4. Hogenboom, J. A., Pellegrino, L., Sandrucci, A., Rosi, V., D'Incecco, P. (2019). Invited review: Hygienic quality, composition, and technological performance of raw milk obtained by robotic milking of cows. *Journal of dairy science*, 102(9), 7640-7654. doi: 10.3168/jds.2018-16013
5. Kaskous, S. (2018). The effect of using quarter individual milking system "MultiLactor" on improvement of milk performance and milk quality of different dairy cows breeds in different farms. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 57–64. doi: 10.9755/ejfa.2018.v30.i1.1591

6. Kocsis, R., Süle, J., Nagy, P., Gál, J., Tardy, E., Császár, G., Rácz, B. (2022). Annual and seasonal trends in cow's milk quality determined by FT-MIR spectroscopy in Hungary between 2011 and 2020. *Acta Veterinaria Hungarica,* 207–214. doi: 10.1556/004.2022.00019
7. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerija. (2023). Pieno pramonė. Prieiga per internetą: https://zum.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/zemes-ir-maisto-ukis/maisto-pramone/pieno-pramone
8. Lopes, M. A., Brito, S. C., Rossi, G., Conti, L., Barbari, M., Filho, L.M.S. (2020). Robotic milking of dairy cows: a review. Semina: Ciências Agrárias (Londrina), 41(6), 2833–2850. doi: 10.5433/1679-0359.2020v41n6p2833
9. LST EN ISO 4833:2013. Maisto grandinės mikrobiologija. Bendrasis mikroorganizmų skaičiavimo metodas. 1 dalis. Kolonijų skaičiavimas 30 °C temperatūroje sėjimo tūryje būdu.
10. Rodenburg, J. (2017). Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7729–7738. doi: 10.3168/jds.2016-11715
11. Šalomskienė J., Mačiulienė I. Mikrobiologinės kontrolės instrukcija pieno perdirbimo įmonėms. *KTU Maisto institutas.* 2004. 202 p.
12. Valstybės įmonė Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centras. (2023). Pieną parduodančių ūkių struktūra. Prieiga per internetą: https://www.vic.lt/pieno-rinka/piena-parduodanciu-ukiu-struktura/
13. Visciano, P., Schirone, M. (2022). Assessment of Quality and Safety Criteria of Raw Milk Samples from Different Dairy Farms. *Microbiology Research*, 13(3), 620–625. doi: 10.3390/microbiolres13030044
14. Vorobjovas G. Karvių pieno produkcijos tyrimai, taikant inovatyvias melžimo technologijas. Daktaro disertacija Žemės ūkio mokslai. LVA. Kaunas. 2011.
15. Wiking, L. (2022). Milking and Handling of Raw Milk: Influence on Free Fatty Acids. doi: 10.1016/B978-0-12-818766-1.00128-8

Viktorija Zujūtė, Rasa Čingienė

Study of Qualitative Indicators of Raw Milk Production

Milk and milk products are widespread and consumed worldwide for thousands of years because of the food components important for the regeneration of body cells and obtaining energy: fats, proteins, carbohydrates, vitamins, organic acids, enzymes, immune and mineral substances. The quality of milk depends on chemical parameters – the amount of fat and protein, as well as the number of bacteria and somatic cells. The chemical composition of milk is influenced by various factors, such as: feed, method of feeding, seasonality, conditions of care and keeping of cows, and health status of cows.

The article presents an analysis of milk quality indicators of different cow milking systems (milking with robots and a carousel-type milking parlor). According to the results of the conducted research, it was established that the technological decisions of milking cows had the greatest influence on the total bacterial contamination of milk, which varied from 79.39 ± 9.79 to 91.50 ± 7.68 thousand. cm^{-3}, protein and fat content were equal.

Milk, quality, milking technologies.

Gauta 2023 kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Viktorija ZUJŪTĖ. 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. +370 603 68947, el. paštas: viktorija.zujute@vdu.lt

Viktorija ZUJŪTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 603 68947, e-mail: viktorija.zujute@vdu.lt

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. +370 682 22874, el. paštas: rasa.cingiene@vdu.lt

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 dist. +370 682 22874, e-mail: rasa.cingiene@vdu.lt

PAŠALINIŲ OBJEKTŲ VALDYMO PRIEMONIŲ DIEGIMAS PIENO PERDIRBIMO ĮMONĖJE

Jurgita Stadalnykienė[1], Rasa Čingienė[1], Aušra Steponavičienė [2]

[1]Vytauto Didžiojo universitetas, [2]Kauno kolegija

Maisto produktų kokybė ir sauga yra aktuali bendruomenėms visame pasaulyje, o šio aspekto svarbą išryškina sveikatai iškylantys pavojai. Vartotojai ir priežiūros įstaigos nori žinoti, kokios kilmės maisto produktai, iš ko jie pagaminti ir kaip buvo tvarkomi. Tačiau šiandienos sudėtingose globaliose tiekimo grandinėse, kai nuolat keičiasi pramonės procesai ir teisinis reguliavimas, pateisinti tokius lūkesčius yra sunkiau nei kada nors anksčiau. Norint sėkmingai konkuruoti maisto pramonėje, labai svarbu įrodyti saugius ir atsakingus darbo metodus, visišką produktų atsekamumą bei siekti atitikti vis griežtėjančius maisto pramonės ir priežiūros institucijų standartus.

Išanalizavus maisto saugą reglamentuojančių tarptautinių standartų reikalavimus glaistytų varškės sūrelių gamybos linijoje įvertinti galimi fiziniai taršos šaltiniai, pritaikytos pašalinių objektų valdymo priemonės. Tyrimais nustatyta, kad glaistytų varškės sūrelių gamyboje, pritaikius svetimkūnių valdymo procedūrą, bei parinkus metalo detektorių, neatitikčių ir skundų sumažėjo.

Svetimkūnis, sauga, metalo detektorius, rizikos veiksnys, valdymo priemonės.

Įvadas

Pieno sektorius Lietuvoje turi gilias tradicijas. Pirminė pieno gamyba yra viena pagrindinių žemės ūkio šakų, o pieno perdirbimas – svarbiausia maisto perdirbimo sritis. Sektorius yra svarbus gyventojų užimtumo šaltinis. Lietuviški pieno gaminiai sėkmingai konkuruoja eksporto rinkose ir ilguoju laikotarpiui, augant pieno paklausai pasaulyje, turi geras vystymosi perspektyvas (EKT, 2018).

Pienas yra gera mitybinė terpė jame esantiems arba iš aplinkos patekusiems mikroorganizmams daugintis ir vystytis. Pieno mikroflora – tai piene esančių mikroorganizmų rūšių visuma. Žalinga mikroflora tai piene esantys šalutiniai mikroorganizmai (bakterijos, jų sporos, virusai, grybai, pirmuonys), sukeliantys infekcines ligas ir apsinuodijimus maistu (Gudonis, 2016).

Per vandenį, naudojamą tešmens apiplovimui bei indų plovimui, į pieną gali patekti įvairūs mikroorganizmai, iš jų ir patogeniniai, todėl vanduo, naudojamas karvių fermoje, turi būti geros kokybės. Didžioji mikroorganizmų dalis į pieną patenka iš blogai išplautos melžimo įrangos bei netinkamai paruošiamų pieno laikymo talpų (Urbienė, 2006).

Cheminiai taršos šaltiniai – sunkieji metalai, dioksinai, pesticidai, inhibitorinės medžiagos, valymo ir dezinfekavimo priemonių likučiai. Visi maisto produktai yra sudaryti iš cheminių medžiagų ir visos cheminės medžiagos, esant atitinkamai jų dozei, gali būti toksiškos. Maiste gali būti 2 rūšių cheminiai veiksniai, kurių priežastis gali būti natūralios ar įdėtos cheminės medžiagos. Abiejų rūšių gali būti cheminis apsinuodijimas, jei leistinas kiekis yra viršijamas (Danilčenko, 2012).

Fiziniai taršos objektai – pašalinės medžiagos, svetimkūniai, kurių nesitikima rasti maisto produkte. Jie gali būti vidiniai ir išoriniai. Fiziniai pavojai gali sukelti sužalojimus burnos, dantų, gerklės arba blogiausiu atveju gali sukelti uždusimą. Išoriniai fiziniai pavojai paprastai nuo užteršimo iš gamybos aplinkos. Tai būtų iš pažeistos įrangos perdirbimo metu (kietas plastikas arba metalas iš gamybos ir matavimo įrangos, stiklas nuo apšvietimo lempų, medžio atplaišos – gamybinėse zonose naudojant medinius padėklus, nuo naudojamo inventoriaus ir kt.). Taip pat galimas bioterorizmas iš tyčinių paskatų, t.y., kai nepatenkinti įmonės darbuotojai tyčia užteršia produktą įvairiomis pašalinėmis medžiagomis. Šių svetimkūnių kilmė ir dydis yra svarbūs veiksniai, į kuriuos reikia atsižvelgti. Pagal JAV maisto ir vaistų administraciją, kietos medžiagos dalelės, kurių dydis yra nuo 7 iki 25 mm yra patys pavojingiausi (EFSA, 2018 m). Maisto gamybos įmonės siekia, kad į jų tiekiamą maistą nepatektų pašalinių objektų, tuo tikslu vykdo svetimkūnių kontrolę (1 lentelė).

Įmonėse siekiant sumažinti plastiko taršą, visi dužūs plastikiniai objektai yra identifikuojami, suregistruojami „Stiklo, trapaus plastiko kontrolės žurnale“ ir atliekamas periodinis jų būklės įvertinimas ir kontrolė. Nuolatos yra atnaujinamas nusidėvėjęs plastikinis inventorius, tara, įrengimų transportavimo takeliai ar plastikinės dalys, valymo inventorius, kuris yra iš plastiko. Stikliniai langai, esantys gamybinėse patalpose arti atvirų produktų ar pusgaminių, turi apsauginę plėvelę iš vidaus (į gamybos pusę), kuri apsaugo nuo stiklo patekimo į produktą. Metalinių objektų taršos suvaldymui – visa įranga ir inventorius yra nuolat tikrinami ir prižiūrimi. Stengiamasi naudoti įrenginius ir inventorių su kuo mažiau atskirų detalių ir be papildomų

sutvirtinimų. Ypatingas dėmesys skiriamas smulkinimo, formavimo įrenginiams ir jų būklei – jie po kiekvienos dienos įvertinami dėl ašmenų pažeidimo. Jei nulūžusi dalis nebūtų randama, tokiu atveju produktų partija būtų laikoma neatitiktina. Atliekama nuolatinė metalinių objektų – įrengimų – vizualinė stebėsena, kuri atžymima kontrolės žurnale. Tačiau tai užima daug darbuotojo darbo laiko ir išlieka didelė tikimybė žmogiškai klaidai.

1 lentelė. Svetimkūnių rūšių pasiskirstymo atvejai

Table 1. *Cases of distribution of types of foreign objekts*

Svetimkūniai *Foreign objects*	Metai/ *Year*						Iš viso *In all*
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Metalas / *Metal*	13(+)	4(-)	14	7	8	10	**56**
Plastikas / *Plastic*	8	11	8	14	4	5	**50**
Stiklas / *Glass*	3	4	5	1(-)	5	4	**22**
Vabzdžiai / *Insects*	6	7(-)	20	23	13	12	**81**
Kaulai / *Bones*	1	3	2	5	0(-)	6	**17**
Guma / *Gum*	0(-)	3	2	1	1	0(-)	**7**
Mediena / *Wood*	1	2	2	0(-)	0(-)	1	**6**
Akmuo / *A stone*	0(-)	1	0(-)	0(-)	1	3	**5**
Nežinomas objektas *Unknown object*	3	6	5	6	3	2	**25**
Viso / *Total*	**35**	**41**	**58**	**57**	**35**	**43**	**269**

Vertinant pateiktą informaciją, galima teigti, kad daugiausia pranešimų per 5 metus buvo dėl vabzdžių (81 atvejų), metalo (56 atvejai), plastiko (50 atvejų), nežinomo objekto (25 atvejai) ir stiklo (22 atvejai). Khairi ir kt. (2020) apibendrindami panašius tyrimus teigia, jog dažniausiai pasitaikantys svetimkūniai yra metalo.

Produkto užteršimo rizika gali būti sumažinta arba pašalinta efektyviai naudojant svetimkūnių aptikimo ir jų pašalinimo įrangą. Tai galėtų būti sietai, filtrai, metalų detektoriai, magnetai, rentgeno detekcijos įrengimai ir kt. fizinio atskyrimo įrengimai (BRC).

Maisto saugos reikalavimai tampa vis griežtesni, vartotojų teisių apsaugos įstatymas įpareigoja gamintoją užtikrinti gaminamų gaminių saugumą. Tačiau bet kurioje gamyboje labai sunku pasiekti visišką metalo inkliuzų pašalinimą gaminiuose nenaudojant metalo detektoriaus.

Tyrimų tikslas – pagal maisto saugą reglamentuojančių tarptautinių standartų reikalavimus išanalizuoti glaistytų varškės sūrelių gamybos linijoje galimus fizinius taršos šaltinius, pritaikyti pašalinių objektų valdymo priemones.

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti 2021–2022 m. pieno perdirbimo įmonėje. Taikant tarptautinių maisto saugos vadybos sistemos standartų (IFS, BRC) reikalavimus, varškės sūrelių gamybos metu įdiegta maisto saugos vadybos sistema – pritaikytos fizinių taršos šaltinių (stiklo, plastiko, metalo, medžio) valdymo priemonės.

Tyrimai atlikti metalo detektoriumi (*Metler Toledo Safeline*), parengta jo veikimo kontrolės metodika ir pritaikymas glaistytų varškės sūrelių GSL 6 Nr. 195 gamybos linijoje (1 pav.).

1 pav. Metalo detektorius Safeline ir jo etalonai

Fig. 1. *Metal detector Safeline and its benchmarks*

Tyrimų metu atlikta: tarptautinių standartų (IFS, BRC) analizė, vertinant reikalavimus pašalinių objektų valdymui maisto gamybos įmonėse; varškės sūrelių gamybos technologinio proceso analizė, vertinant galimus fizinės taršos šaltinius technologinio proceso metu bei pagal tarptautinių maisto saugos vadybos sistemos standartų reikalavimus, pritaikant jų valdymo priemones, neatitikčių/vartotojų skundų dėl fizinių taršos šaltinių varškės sūrelių gamybos įmonėje analizė prieš maisto saugos vadybos sistemos įdiegimą ir po įdiegimo; prastovų laiko/trukmės dėl varškės sūrelių gamybos įrenginių kontrolės įvertinimas prieš maisto saugos vadybos sistemos įdiegimą ir po įdiegimo sūrelių gamybos įmonėje.

Rezultatai ir aptarimas

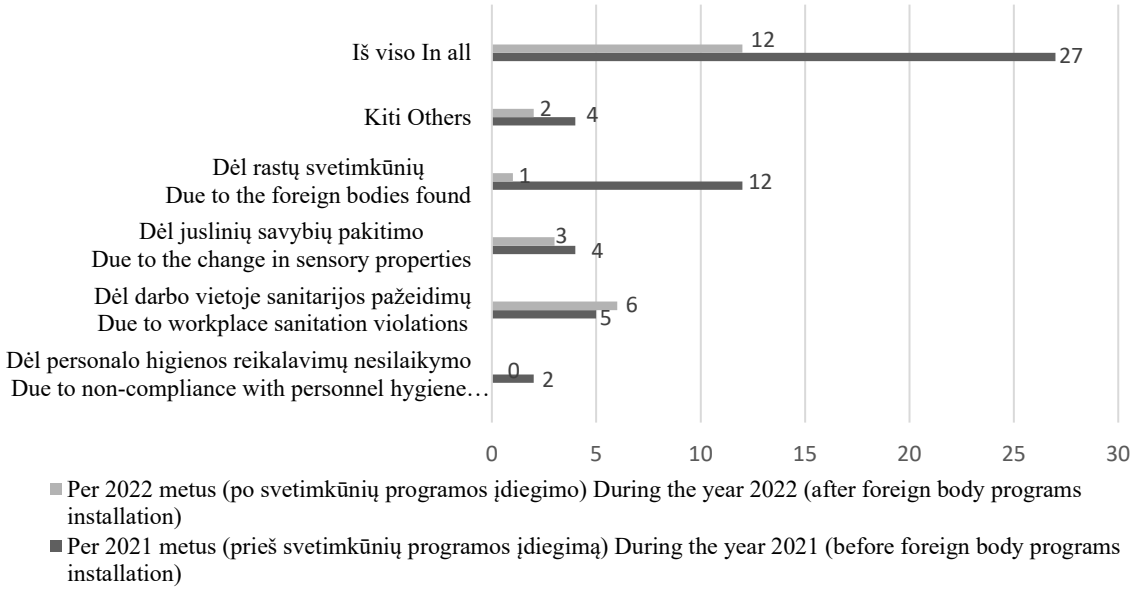
Atlikus IFS ir BRC standartų analizę galima teigti, kad maisto gamybos įmonėje diegiant maisto saugos vadybos sistemą pagal tarptautinių standartų reikalavimus turi būti atlikta fizinių rizikos veiksnių analizė bei pritaikytos pašalinių objektų valdymo priemones (2 lentelė).

2 lentelė. IFS ir BRC tarptautinių standartų reikalavimai fizinių taršos šaltinių valdymui maisto įmonėse

Table 2. *Requirements of IFS and BRC international standards for the management of physical sources of pollution in food establishments*

IFS reikalavimai *IFS Requirements*	BRC reikalavimai *BRC Requirements*
• Remiantis rizikos veiksnių analize ir susijusios rizikos vertinimu, turi būti sukurtos procedūros, skirtos vengti užteršimo pašalinėmis medžiagomis. Užteršti produktai laikomi neatitinkančiais reikalavimų. *Based on risk factor analysis and associated risk assessment, procedures must be developed to avoid contamination by foreign materials. Contaminated products are considered non-compliant.* • Apdorojami produktai turi būti apsaugoti nuo fizinio užteršimo, kuris apima aplinkos teršalus, alyvas arba iš mašinų lašančius skysčius, dulkes. *Processed products must be protected from physical contamination, which includes environmental pollutants, oils or liquids dripping from machinery, dust.* • Ypatingas dėmesys taip pat turi būti skiriamas produktų užteršimo rizikai, kurią sukelia: įranga ir reikmenys, vamzdžiai, takai, platformos, kopėčios. *Special attention must also be paid to the risk of product contamination caused by: equipment and supplies, pipes, walkways, platforms, ladders.* • Jei, atsižvelgiant į technologines charakteristikas ir (arba) poreikius, produktų apsaugoti neįmanoma, turi būti apibrėžtos ir taikomos tinkamos kontrolės priemonės. *If product protection is not possible due to technological characteristics and/or needs, appropriate control measures must be defined and applied.*	• Turi būti taikomos procedūros, kad žaliavinės medžiagos nebūtų fiziškai užterštos nuo žaliavinių medžiagų pakuotės. *Procedures must be in place to prevent physical contamination of raw materials from packaging of raw materials.* • Atviros produkto gamybos vietose naudojamos rašymo priemonės turi būti kontroliuojamos taip, kad būtų kuo labiau sumažinta fizinio užteršimo rizika (pvz. pagamintos be smulkių detalių ir aptinkamos svetimkūnių aptikimo įranga). *Writing instruments used in open product manufacturing areas must be controlled to minimize the risk of physical contamination (eg manufactured without small parts and detectable by foreign body detection equipment).* • Turi būti dokumentais įforminta aštrių metalo reikmenų valdomo naudojimo ir saugojimo kontrolės politika. *A policy for controlling the controlled use and storage of metal sharps must be documented.* • Produkto užteršimo riziką gali būti sumažinta arba pašalinta, efektyviai naudojant svetimkūnių aptikimo ir jų pašalinimo įrangą. Tai galėtų būti sietai, filtrai, metalų detektoriai, magnetai, rentgeno detekcijos įrengimai ir kt. fizinio atskyrimo įrengimai. • *The risk of product contamination can be reduced or eliminated by effective use of foreign object detection and removal equipment. These could be sieves, filters, metal detectors, magnets, X-ray detection equipment, etc. physical separation devices.* • Gamybos vietoje turi būti metalo detektorius, nebent jis nepagerina galutinių produktų apsaugos nuo užteršimo metalais. Metalo detektoriaus nebuvimas normaliai gali būti paremtas tik alternatyvų naudojimu, labiau efektyviais apsaugos metodais. *A metal detector must be installed at the production site, unless it does not improve the protection of the final products against metal contamination. The absence of a metal detector can normally only be supported by the use of alternative, more effective protection methods.*

Varškės sūrelių gamybos įmonėje diegiant maisto saugos vadybos sistemą pagal tarptautinių standartų (BRC ir IFS) reikalavimus įvertinti galimi fizinės taršos šaltiniai viso varškės sūrelių gamybos technologinio proceso metu. Vertinant įdiegtos maisto saugos vadybos sistemos efektyvumą atlikta vartotojų skundų bei neatitikčių dėl svetimkūnių analizė už 2021–2022 metus (2 pav.).



2 pav. Vartotojų skundų bei neatitikčių dėl svetimkūnių analizė per 2021–2022 metus

Fig. 2. *Analysis of consumer complaints and discrepancies regarding foreign bodies in 2021–2022*

Prieš svetimkūnių programos įvedimą buvo skaičiuojamos 27 neatitiktys. Iš jų didžiausią dalį sudarė svetimkūniai (12 neatitikčių), sanitarijos pažeidimų darbo vietoje (5 neatitiktys) ir kiti nusiskundimai fiksuojami dėl personalo higienos (2 neatitiktys). Po svetimkūnių programos įvedimo neatitikčių skaičius sumažėjo iki 12, kas sudaro 55,6 proc., iš kurių dėl svetimkūnių buvo 1 neatitiktis, t.y. 91,7 proc. mažiau, dėl sanitarijos pažeidimų darbo vietoje fiksuotos 6 neatitiktys.

Varškės sūrelių gamybos įmonėje, vertinant įdiegtos maisto saugos vadybos sistemos efektyvumą, atlikta įrenginių prastovų ir jų vykdomos kontrolės analizė. Prieš maisto saugos vadybos sistemos įdiegimą (2021 m.) buvo atliekama vizualinė gamybos linijos patikra, kurios metu, prieš keičiant sūrelių masės spalvos rūšį, buvo vykdomas pilnas kimštuvo plovimas (trukmė 45 min.), po to sekė vizualinė patikra (10 min.), o, keičiant glaisto rūšį, buvo vykdomas gamybos linijos glaistyklės plovimas (25 min.). Visa ši patikra per metus užtrukdavo 243 darbo valandas, t. y. 30 darbo dienų per metus. Naudojant metalo detektorių, varškės sūrelių masės patikra buvo atliekama darbo pradžioje prieš keičiant kiekvieną produkto rūšį ir darbo pabaigoje. Patikros metalo detektoriumi trukmė – 1 minutė, o tai per metus sudaro 61 darbo valandą. Varškės sūrelių masės patikrai, dėl galimų fizinių svetimkūnių naudojant metalo detektorių, įmonė sutaupo 183 darbo valandas per metus.

Išvados

1. Pieno perdirbimo įmonės siekia gaminamus produktus apsaugoti nuo pašalinių objektų patekimo į juos, tuo tikslu vykdoma svetimkūnių kontrolė diegiant maisto saugos valdymo sistemas.
2. Pieno perdirbimo įmonėje įdiegus svetimkūnių valdymo programą skundų dėl higienos, sanitarijos, juslinių savybių pakitimo ir svetimkūnių aptikimo gauta 55,6 proc. mažiau, o skundų dėl metalo svetimkūnių aptikimo net 91,7 proc. mažiau lyginant su svetimkūnių valdymo programos nebuvimu.
3. Sūrelių gamybos linijoje įdiegus pašalinių objektų valdymo programą, patikrai naudojant metalo detektorių, įmonė sutaupo 183 darbo valandas per metus.

Literatūra

1. BRC maisto saugos standartas [žiūrėta 2023-01-21] Prieiga per internetą: http://www.techni-k.co.uk/wp-content/uploads/2015/11/BRC-Global-Standard-for-Food-Safety-Issue-7-UK-Free-PDF.pdf
2. Danilčenko, H.. Maisto žaliavų kokybės ir saugos valdymas. 2012, 11–73 p.
3. Gudonis, A. (2016). Pieno gaminių technologija ir inžinerija. 95–190 p.

4. Hazard analysis approaches for certain small retail establishments in view of the application of their food safety management systems ADOPTED: 18 January 2017, doi: 10.2903/j.efsa.2017.4697 www.efsa.europa.eu/efsajournal EFSA Journal 2017; 15(3):4697.
5. IFS maisto saugos standartas [žiūrėta 2023-01-21] Prieiga per internetą: https://www.ifs-certification.com/frontend.php?SID=24b2ee94bb04dbe0c76e06c39c746148&page=supplier_index&content=ifs_cms_dashboard&id=68384
6. Khairi M. T. M, Ibrahim S., Yunus M. A. M, Faramarzi M., Pusppanathan J., Abid A. (2020). Occurrence and assessment of physical contaminants based on food recalls in Canada. Food and Environment safety. Vol. XIX, Isuue 3, 2019 0150227.
7. Pienas. [žiūrėta 2023-11-06] Prieiga per internetą: https://vmvt.lt/maisto-sauga/maisto-produktai/gyvuninis-maistas/pienas-ir-jo-gaminiai/pienas
8. Pieno sektoriaus apžvalga Lietuvoje, 2018 m. [žiūrėta 2023.01.28] Prieiga per internetą: https://www.ekt.lt/wp-content/uploads/2019/01/Pieno-tyrimas_19.01.pdf
4. Urbienė, S. (2006). Pieno sudėtis ir savybės. Žaliava produktų gamybai. 59–122 p.

Jurgita Stadalnykienė, Rasa Čingienė, Aušra Steponavičienė

Management of External Objects in a Milk Processing Company

The quality and safety of food products is of concern to communities around the world, and the importance of this aspect is highlighted by emerging health risks. Consumers and regulatory bodies want to know the origin of food products, what they are made of and how they have been handled. But in today's complex global supply chains, where industry processes and legal regulation are constantly changing, meeting such expectations is more difficult than ever. In order to successfully compete in the food industry, it is essential to demonstrate safe and responsible work methods, complete product traceability and strive to meet the increasingly stringent standards of the food industry and regulatory authorities.

After analyzing the requirements of the international standards regulating food safety, the possible physical sources of pollution in the production line of glazed cottage cheese can be assessed, and measures for the management of extraneous objects are applied. Research has shown that in the production of glazed curds, after applying the foreign body management procedure and selecting a metal detector, non-conformities and complaints have decreased.

Foreign body, safety, metal detector, risk factor, control measures.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Jurgita STADALNYKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto, Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos studijų programos magistrantė. Adresas: Likiškėlių g. 1-24, Alytus. Tel: +370 680 31627, el. paštas: jurgita.stadalnykiene@stud.vdu.lt
Jurgita STADALNYKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Master's student of the agricultural engineering and management study program. Address: Likiškėlių g. 1-24, Alytus. +370 680 31627, e-mail: jurgita.stadalnykiene@stud.vdu.lt
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. +370 37 788107, el. paštas: rasa.cingiene@vdu.lt
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 dist. +370 37 788107, e-mail: rasa.cingiene@vdu.lt
Aušra STEPONAVIČIENĖ. Kauno kolegijos Technologijų fakulteto Maisto ir agrotechnologijų katedros docentė. Adresas: Pramonės pr. 22, LT-50387 Kaunas.Tel. (8 675) 47564, el. paštas: ausra.steponaviciene@go.kauko.lt
Aušra STEPONAVIČIENĖ. Kaunas Applied Sciences University, Department of Food and Agrotechnology of the Faculty of Technology, assoc. prof. Address: Pramonės pr. 22, LT-50387 Kaunas. +370 675 47564, e-mail: ausra.steponaviciene@go.kauko.lt

ORO TARŠOS TYRIMAS GYVULININKYSTĖS ŪKYJE

Žygimantas Poškus, Rasa Čingienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Vienas iš svarbiausių oro taršos šaltinių gyvulininkystės ūkiuose yra amoniako dujos. Aukštas amoniako dujų kiekis gali turėti neigiamą poveikį gyvūnų sveikatai, kuris gali pasireikšti sumažėjusiu pieno kiekiu, sumažėjusiu svoriu ar kitomis sveikatos problemomis. Atlikus eksperimentinius tyrimus 200 vietų šalto tipo karvidėje nustatėme amoniako emisijos priklausomybę nuo oro temperatūros ir karvidės vėdinimo intensyvumo skirtingais metų laikais. Didžiausia amoniako amoniako koncentracija (5,8±0,37 ppm) stebima mėšlo take žiemą, tai 2,9 karto daugiau nei toje pačioje vietoje vasarą. Šėrimo takuose amoniako koncentracija svyravo nuo 2,2±0,98 ppm vasarą iki 4,6±0,62 ppm žiemą. Šie skirtumai susidaro dėl mėšlo šalinimo, oro temperatūros, vėdinimo intensyvumo karvidėje. Karvidės aplinkoje, t. y. 15 m spinduliu aplink ją, amoniako koncentracija buvo nuo 1,2±0,47–2,1±0,93 ppm.

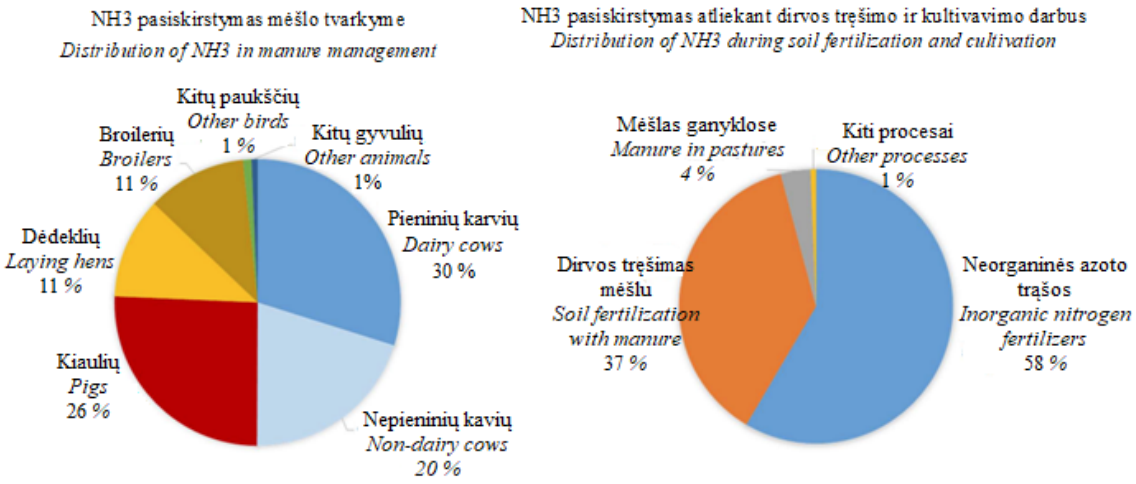
Oro tarša, amoniakas, emisija, karvidė.

Įvadas

Gyvulininkystė sudaro labai svarbų indėlį pasaulinėje maisto gamyboje ir visos ekosistemos kūrimo kontekste. Gyvulininkystės sektoriaus svarba teikiant maistą, pajamas, visuomenės užimtumą yra pripažinta ir vertinama. Tačiau, tuo pačiu metu, atliktų mokslinių tyrimų rezultatai atskleidžia, kad spartus pasaulinės gyvulininkystės produktų gamybos ir vartojimo augimas prisideda prie daugelio aplinkosauginio problemų, iš kurių labiausiai pastebimas didelis sektoriaus indėlis į klimato kaitos pokyčius.

Gyvulininkystės sistemos yra vienas pagrindinių šaltinių, kuris sukelia atmosferos taršą vietos ir pasaulio mastu. Gyvulininkystės produkcijos ir jos šalutinių produktų išmetamos šiltnamio efektą sukeliančios dujos sudaro apie 18 % viso pasaulio išmetamo kiekio (Wei et al., 2018). Dideli kiekiai emisijų, kuriose pagrindiniai teršalai yra amoniakas, sieros vandenilis ir kt., sukelia ne tik gyvūnų ligas, bet ir darbuotojų bei aplinkinių gyventojų sveikatos sutrikimus, kelia grėsmę supančiai aplinkai: orui, vandeniui, dirvai.

Vykdant žemės ūkio veiklą sunaudojama labai daug gamtos išteklių, o šio sektoriaus ryšys su aplinka yra sudėtingas. Lietuvoje 2017 m. 88 % į aplinkos orą išmetamo amoniako kiekio susidarė dėl žemės ūkio veiklos, dėl tokios veiklos kaip mėšlo saugojimas, srutų skleidimas ir neorganinių azoto trąšų naudojimas (Oro taršos būklė Lietuvoje, 2020).



1 pav. Amoniako išmetimas pagal žemės ūkio veiklas 2017 m.
Fig. 1. *Ammonia emissions from agricultural activities in 2017*

Vienas iš svarbiausių oro taršos šaltinių gyvulininkystės ūkiuose yra amoniako dujos, kurių koncentracija tvartų ore priklauso nuo gyvulių laikymo technologijų, vėdinimo ir mėšlo sudėties ir jo laikymo sąlygų. Amoniakas yra pagrindinis atmosferos teršalas, kuris skatina dirvožemio ir paviršinio vandens rūgštėjimą, eutrofikaciją, miškų nykimą (Pereira et al., 2010).

Italijos mokslininkai (Gambuti et al., 2018) analizuodami karvių laikymo sąlygų ir mėšlo sudėties įtaką amoniako emisijai teigia, kad karvidėse taikant laisvą karvių judėjimą ir automatizuotą mėšlo šalinimo būdą stebima mažesnė amoniako emisija nei tuomet kai karvių judėjimas yra ribojamas arba mėšlas nuo takų šalinamas periodiškai. Vertinant amoniako išsiskyrimą skirtingais metų laikais mokslininkų atlikti tyrimai (VanderZaag et al, 2014) leidžia stebėti esminius sezoninius skirtumus. Rudenį emisija yra apie 40 % didesnė nei pavasarį, nes buvo užfiksuotos daug didesnės amoniako emisijos.

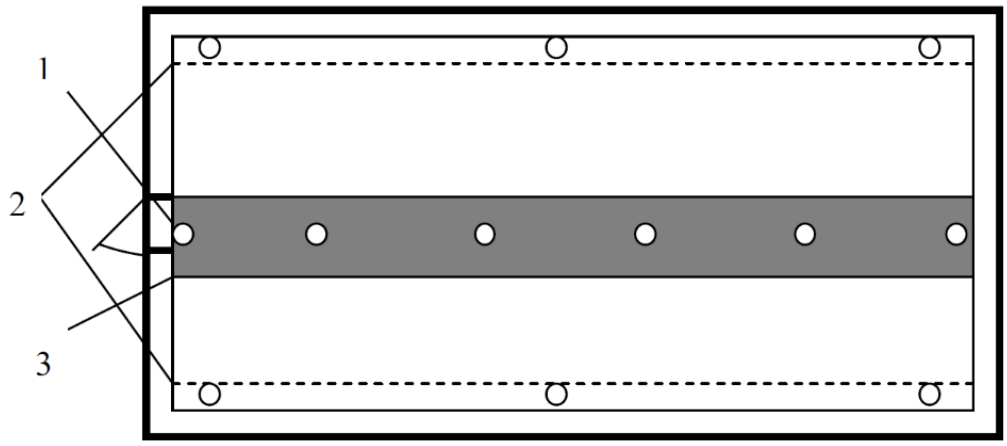
Dar vienas svarbus veiksnys įtakojantis amoniako koncentraciją karvidėje yra vėdinimo intensyvumas. Vėdinimo kiekį rekomenduojama sumažinti tik tuo atveju, jei oro kokybės rodikliai atitinka aplinkai keliamus reikalavimus. Geresnės galimybės sumažinti amoniako emisiją galimos valdant terminius procesus karvidėje. Vienu laipsniu sumažinus vidutinę metinę oro temperatūrą (11,3 °C) karvidėje, amoniako emisija sumažės 10 % (Bleizgys, 2016).

Daugelyje valstybių seniai ribojama dujų kenkiančių gyvuliams ir žmonėms koncentracija tvarto ore. Leistiną amoniako dujų koncentraciją tvarto ore kiekviena valstybė reglamentuoja teisiniais aktais, rekomendacijomis. Daugelyje Europos šalių, atsižvelgiant į dirginančias amoniako savybes, didžiausia koncentracija tvarte nustatyta 25 ppm per 8 valandų darbo dieną. Lietuvoje galvijų pastatų technologinio projektavimo taisyklės prieauglio ir suaugusių galvijų tvartuose amoniako koncentraciją riboja iki 25 ppm (Galvijų...., 2009).

Tyrimo tikslas – ištirti oro taršą karvidėje ir jos aplinkoje bei pasiūlyti priemones oro taršos mažinimui.

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti 200 vietų šalto tipo karvidėje, kurioje karvės laikomos palaidos boksuose, kraikui naudojami šiaudai. Mėšlas šalinamas skreperiu iš fermos ir požeminiu kanalu išstumiamas į šalia fermos esančią mėšlidę. Fermoje įrengta šachtinė vėdinimo sistema. Tyrimai atlikti 2022–2023 metų pavasarį, vasarą, rudenį ir žiemą karvidės viduje ir jos aplinkoje. Teršalų koncentracijos buvo nustatomos karvidės technologinėse zonose – karvių stovėjimo vietose, mėšlo ir šėrimo takuose, o aplinkoje – 15 m atstumu nuo karvidės. Pasirinkta 12 matavimo taškų.



2 pav. Matavimų schema karvidėje (1 – matavimo taškai, 2 – mėšlo takai; 3 – šėrimo takas)

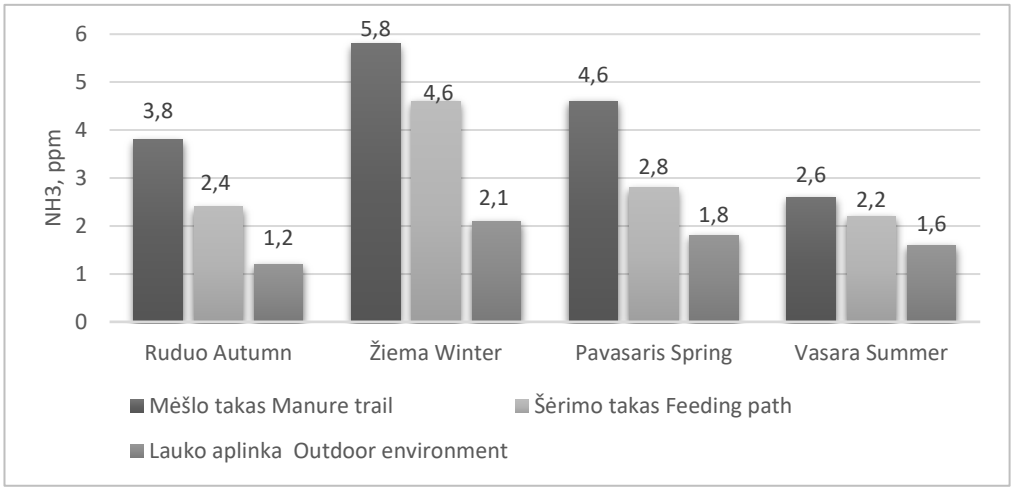
Fig. 2. *Scheme of measurements in the cowshed (1 – measurement points, 2 – manure paths; 3 – feeding path)*

Dujų koncentracija buvo matuojama dujų analizatoriumi Drager 700. Oro temperatūra registruota kas valandą temperatūros programuojamais autonominiais matuokliais MicroLite LITE5032P-RH. Tyrimams naudoti 8 matuokliai, iš jų 2 pakabinami lauke, kiti 6 įvairiose vietose tvarte. Temperatūros matavimo ribos nuo -35 ºC iki +85 ºC, matavimo tikslumas ≤± 0,5 ºC matuojamos reikšmės. Prieš padedant bandymus temperatūros matuokliai kompiuteriu suprogramuoti reikiamiems bandymų rėžimams, naudojant Fourtec programą. Oro greitis matuotas sparneliniu anemometru: sparnelių vamzdžio skersmuo 80 mm, matavimo ribos 0,2–20 m/s; matavimo tikslumas ≤±1,5% matuojamos reikšmės.

Rezultatai ir aptarimas

Amoniako koncentracijos kaita gali būti svarbus veiksnys įtakojantis karvių sveikatą ir gerovę. Ši koncentracija gali kisti dėl kelių veiksnių, tokių kaip: karvių šėrimas, vandens suvartojimas, karvių tankis patalpose, mėšlo tvarkymo reguliarumas bei ventiliacijos sistemos būklė.

Analizuojamoje fermoje buvo tiriama H_2S, CO, SO_2, NOX, NH_3 dujų koncentracijos. Eksperimentinių tyrimų metu išryškėjo, kad pagrindinis oro teršalas yra amoniakas, nes kitų dujų koncentracijos buvo labai mažos arba iš viso nepavyko jų išmatuoti. Todėl tolimesniems tyrimams buvo pasirinktas būtent amoniako koncentracijos kitimo stebėjimas priklausomai nuo sezoniškumo (3 pav.).

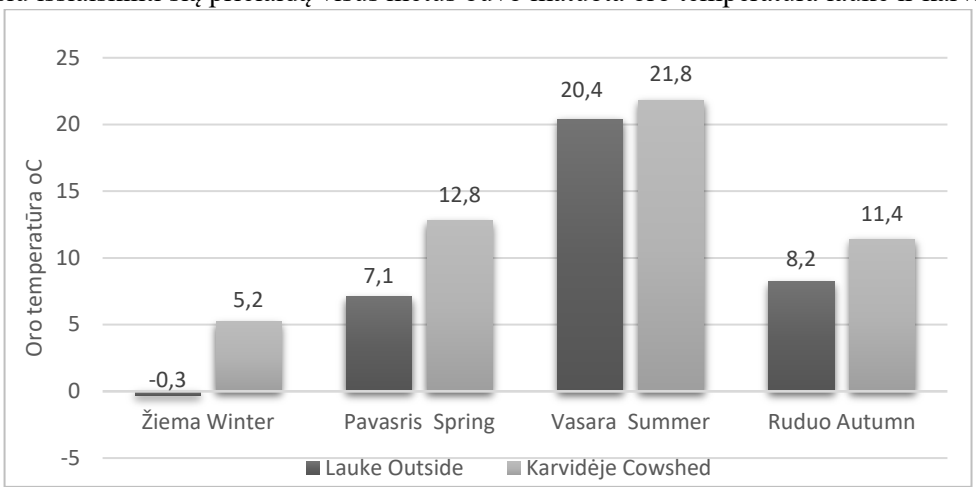


3 pav. Amoniako vidutinė koncentracija karvidėje

Fig. 3. *The average concentration of ammonia in cowshed*

Didžiausia amoniako koncentracija (5,8±0,37 ppm) stebima mėšlo take žiemą, tai 2,9 karto daugiau nei toje pačioje vietoje vasarą. Šėrimo takuose amoniako koncentracija svyravo nuo 2,2±0,98 ppm vasarą iki 4,6±0,62 ppm žiemą. Šie skirtumai susidaro dėl mėšlo šalinimo, oro temperatūros, vėdinimo intensyvumo karvidėje. Karvidės aplinkoje, t. y. 15 m spinduliu aplink ją, amoniako koncentracija buvo nuo 1,2±0,47 – 2,1±0,93 ppm.

Analizuota prielaida kaip oro temperatūra įtakoja amoniako koncentracijos kitimą, nes aukštesnė oro temperatūra gali padidinti molekulių energiją, skirtingų molekulių vidutinį greitį ir difuzijos greitį. Dėl šios priežasties pakilus oro temperatūrai amoniako molekulės lengviau skverbiasi į aplinką, todėl koncentracija sumažėja. Tikslu išsiaiškinti šią prielaidą visus metus buvo matuota oro temperatūra lauke ir karvidėje (4 pav.)

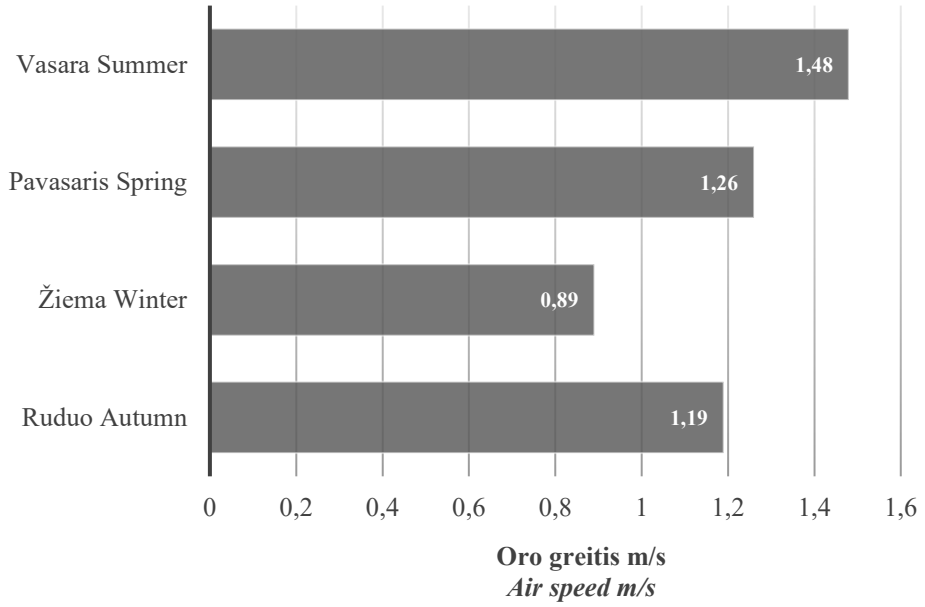


4 pav. Vidutinė oro temperatūra lauke ir karvidėje

Fig. 4. *Average air temperature outside and in the cowshed*

Vienas iš svarbiausių gero mikroklimato karvidėje sudarymo veiksnių yra tinkamas oro vėdinimas, kuris padeda pašalinti perteklinę drėgmę, bei kontroliuoti kondensaciją. Karvides reikia intensyviai vėdinti, tiktai

ekstremaliais atvejais, kai oro temperatūra lauke labai žema ir vėjo greitis didelis, ortakius reikia pridaryti, bet visiškai jų uždaryti negalima. Labai svarbu įvertinti oro greitį, pagal kurį galima spręsti apie vėdinimo intensyvumą, oro srautų pasiskirstymą karvidėje. Viso tyrimo metu vidutinis oro greitis karvidėje buvo nedidelis 1,2 m/s, didžiausias (1,48 ± 2,1) stebimas vasarą, tuomet kada oro temperatūra lauke ir karvidėje yra aukščiausia, o žemiausias (0,89±1,02) žiemą, kai mažiausias vėdinimo intensyvumas (5 pav.).



5 pav. Vidutinis oro greitis karvidėje
Fig. 5. *Average air speed in the cowshed*

Karvidėje labai svarbu mažinti mėšlu užterštą paviršiaus plotą, o tai padaryti galima sumažinant karvidės vėdinimo intensyvumą. Intensyvinant tvarto vėdinimą, labiau garuoja amoniakas, todėl rekomenduojama vėdinimo intensyvumą mažinti. Tačiau jis neturėtų būti mažesnis nei reikalingas perteklinei drėgmei pašalinti.

Išvados

1. Vienas iš svarbiausių oro taršos šaltinių karvidėje yra amoniako dujos, kurių koncentracija ore priklauso nuo gyvulių laikymo technologijos, vėdinimo intensyvumo, mėšlo sudėties ir jo laikymo sąlygų.
2. Eksperimentinių tyrimų metu didžiausia amoniako koncentracija (5,8±0,37 ppm) stebima mėšlo take žiemą, tai 2,9 karto daugiau nei toje pačioje vietoje vasarą. Šėrimo takuose amoniako koncentracija svyravo nuo 2,2±0,98 ppm vasarą iki 4,6±0,62 ppm žiemą.
3. Tyrimo metu vidutinis oro greitis karvidėje buvo 1,2 m/s, didžiausias (1,48 ± 2,1) stebimas vasarą, tuomet kada oro temperatūra lauke ir karvidėje yra aukščiausia, o žemiausias (0,89±1,02) žiemą, kai mažiausias vėdinimo intensyvumas.
4. Siekiant sumažinti oro taršą karvidėje tikslinga mažinti mėšlu užterštą paviršiaus plotą, mažinant karvidės vėdinimo intensyvumą

Literatūra

1. Bleizgys, R. Bagdonienė, I. (2016). Control of ammonia air pollution through the management of thermal processes in cowsheds. Science of The Total Environment, Vol. 568, p. 990–997.
2. Galvijų pastatų technologinio projektavimo taisyklės (2009). Prieiga per internetą: https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.351249?jfwid=32wf9aqt
3. Gambuti, V., Pindozzi, S., Tricarico,F., Savino, V. N., Cavallo, R. A., Annicchiarico G., Gagliardi, F., Romano, R. (2018). Ammonia emissions from dairy production in a Mediterranean area: the effect of cow housing and manure management systems. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 258, p. 128–134.

4. Oro taršos būklė Lietuvoje. Pagrindinių išmetamų teršalų analizė bei pasiskirstymas ūkio sektoriuose 2005–2017 metais. (2020). Prieiga per internetą: https://failai.gamta.lt/files/Oro_tarsa_sektoriai_informacine_santrauka.pdf
5. Pereira J., Misselbrook T. H., Chadwick D. R., Coutinho J., Trindade H. (2010). Ammonia emissions from naturally ventilated dairy cattle buildings and outdoor concrete yards in Portugal. Atmospheric Environment. Vol. 44 (28). P. 3413–3421.
6. VanderZaaga, A.C.; Fleschb, T.K.; Desjardinsa, R.L.; Baldéa, H.; Wright, T. (2014). Measuring methane emissions from two dairy farms: Seasonal andmanure-management effects. Agricultural and Forest Meteorology. Vol. 194, 259–267 p.
7. Wei, S., Bai, Z. H., Chadwick, D., Hou, Y., Qin, W., Zhao, Z.Q., Jiang, R. F., Ma, L., 2018. Greenhouse gas and ammonia emissions and mitigation options from livestock production in peri-urban agriculture: Beijing – A case study. J. Clean. Prod. Vol. 178, P. 515–525.

Žygimantas Poškus, Rasa Čingienė

Study of Air Pollution in Livestock Farm

One of the most important sources of air pollution in livestock farms is ammonia gas. High levels of ammonia gas can have a negative effect on the health of animals, which can manifest as reduced milk production, weight loss or other health problems.

After conducting experimental studies in 200 places in a cold-type cow house, we determined the dependence of ammonia emission on air temperature and ventilation intensity of the cow house at different times of the year. The highest concentration of ammonia ammonia (5,8±0,37 ppm) is observed in the manure path in winter, which is 2,9 times more than in the same place in summer. The concentration of ammonia in the feeding passages varied from 2,2±0,98 ppm in summer to 4,6±0,62 ppm in winter. These differences are caused by manure removal, air temperature, ventilation intensity in the cowshed. In the cowshed environment, i.e. In a radius of 15 m around it, the concentration of ammonia was between 1,2±0,47 and 2,1±0,93 ppm.

Air pollution, ammonia, emission, cow dung.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Žygimantas POŠKUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos studijų programos magistrantas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 673 68182, el. paštas: zygimatas.poskus@stud.vdu.lt

Žygimantas POŠKUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, master student. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. + 370 673 68182, e-mail: zygimatas.poskus@stud.vdu.lt

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. +370 37 788107, el. paštas: rasa.cingiene@vdu.lt

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 dist. +370 37 788107, e-mail: rasa.cingiene@vdu.lt

DIRBTINIO RŪKO SISTEMOS ĮTAKA MIKROKLIMATUI KARVIDĖJE

Indrė Strelkauskaitė-Buivydienė, Rolandas Bleizgys

Vytauto Didžiojo Universitetas

Šylant klimatui ir karštėjant vasaroms Lietuvoje vis dažniau susiduriama su netinkamo mikroklimato sąlygomis tvartuose. Didėjant temperatūrai lauke, didėja temperatūra ir tvartuose. Aukšta temperatūra tvartuose neigiamai veikia gyvulio sveikatą, mažina pašarų suvartojimą, pieno gamybą ir reprodukcines savybes. Pieno pramonė kasmet praranda milijonus dolerių dėl sumažėjusio primilžio. Atlikti tyrimai modernizuotoje karvidėje, kurioje įdiegta dirbtinio rūko sistema. Nustatyta, kad dirbtinio rūko sistema įtakoja oro temperatūrą: ją sumažina iki 0,1ºC. Tvarte THI buvo 0,01 mažesnis nei lauke. Nustatyta, kad dirbtinio rūko sistema mažina oro temperatūrą tvarte, didina oro santykinį drėgnį ir mažina temperatūros ir drėgmės indeksą THI. Todėl dirbtinio rūko sistema gali sumažina karvių patiriamą karščio stresą.

Mikroklimatas, karvidė, oro drėgnis, temperatūra, THI.

Įvadas

Klimato kaita kelia didelę grėsmę gyvulininkystės sektoriui ir mažina ūkių pelningumą (N. P. Soumya, R. Banerjee, M. Banerjee et al. 2022). Klimato kaita turi įtakos temperatūros didėjimui, kuris neigiamai veikia gyvulio sveikatą, mažina pašarų suvartojimą, pieno gamybą ir reprodukcines savybes (N.P.Soumya, et al. 2022; H. Levit et al., 2021; J. M. Chen et Al., 2021; M. Cheng et al., 2022). Pieno pramonė kasmet praranda milijonus dolerių dėl sumažėjusio primilžio (H. Levit et al., 2021). Tačiau gyvuliai daro poveikį klimato kaitai, sukuriantys 14,5 proc. bendro šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijų (M. Cheng, B. McCarl Ch. Fei, 2022).

Karvė paveikiama karščio stresu, kai ji gamina daugiau šilumos, nei jos kūnas gali pasyviai išsklaidyti į supančią aplinką, taip padidindamas savo kūno temperatūrą. Karvės jautrumas šio parametro pokyčiams yra labai didelis, net 0,5 ºC skirtumas daro neigiamą poveikį jos produktyvumui. Karščio paveiktos karvės kvėpavimas padažnėja, pagausėja prakaitavimas, kad garuodama perneštų daugiau šilumos į aplinką (J. Błotny, S. Rosiek, 2022).

Kasdienio pieno išeigos atsakas į karščio streso rodiklius (pvz., temperatūros ir drėgmės indeksas (THI) ir aplinkos temperatūra (TA, °C) nėra momentinis, bet turi kelių dienų atsilikimą (G. Li, J. Chen et al., 2021). Didelė santykinė drėgmė ir oro temperatūra trukdo termoreguliacijos procesams, ribodama jų gebėjimą išsklaidyti pernelyg didelę šilumą (J. Błotny, S. Rosiek, 2022).

Du Preez (1990) atliktų tyrimų metu nustatė, kad THI ≤70 karvės nepatiria karščio streso, 70–72 karvės pradeda patirti karščio stresą, kuris gali turėti įtakos produktyvumui, 72–78 gali rimtai paveikti pieno gamybą, 78–82 yra pavojingas ir smarkiai paveikia karvių produktyvumą (Du Preez et al. 1990). Amstrong (1994) teigė, kad ≤71 šiluminė komforto zona, 72–79 patiriamas lengvas karščio stresas, 80–90 vidutinis, ≥90 stiprus (D. V. Armstrong, 1994). Atliekant tolimesnius tyrimus, mokslininkai priėjo prie išvados, kad THI vertės 71–72 laikymas kritiniu šilumos streso pradžios tašku gali būti netikslus. 2015 De Rensis nustatė, kad THI ≤68 yra šilumos komforto zona, kurioje gyvulys nepatiria streso, 68–74 patiriamas lengvas stresas, ≥75 stiprus karščio stresas, kuris smarkiai paveikia gyvulio produktyvumą (De Rensis et al., 2015).

Mader ir kt. (2006) nustatė aplinkos sąlygas, kad THI nuo 70 iki 74, gali būti galvijų karščio streso sąlyga. Naujausi melžiamų karvių tyrimai parodė, kad THI ribos, susiję su karvių produktyvumo praradimu, labai skiriasi (1 lentelė).

1 lentelė. THI poveikis karvių produktyvumo sumažėjimui, remiantis įvairių autorių duomenimis (S. Pinto et al., 2020)
Table 1. *The effect of THI on the reduction of productivity of cows, based on the data of various authors (S. Pinto et al., 2020)*

Soriani et al., 2013	Bohmanova et al., 2007; Ravagnolo et al., 2000	Herbut et al., 2015	Zimbelman, Collier, 2011	Brugemann et al., 2012	Morton et al., 2007	Schueller et al., 2020
Atrajojimo laiko sutrumpėjimas *Reduction of rumination time*	Primilžio sumažėjimas *Decrease in milk supply*.	Primilžio sumažėjimas *Decrease in milk supply*.	Primilžio sumažėjimas *Decrease in milk supply*.	Primilžio sumažėjimas *Decrease in milk supply*.	Pailgėjęs pastojimo laikas *Prolonged conception time*	Pailgėjęs pastojimo laikas *Prolonged conception time*
THI – 76	THI – 72	THI – 68	THI – 65	THI – 60	THI – 72	THI – 73

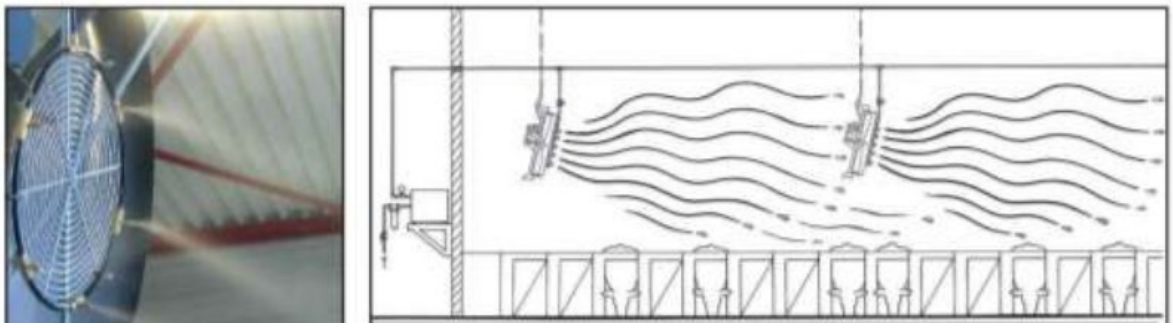
Tvartų aušinimui gali būti naudojamas ne vienas būdas, pvz.: ventiliatoriai, ventiliatoriai su vandens purkštukai, dušo sistema ir pan. Ventiliatoriaus ir rūko sistema gali temperatūrą sumažinti apie 4–6 °C. Sistemos veikimas pagrįstas vandens garavimu, kurį užtikrina rūko sistema, naudojant vandens purkštukus kartu su ventiliatoriais. Ventiliatorių ir purkštukų skaičius ir galia priklauso nuo pastato dydžio. Įprastas ventiliatorių išdėstymas laisvai laikomų karvių tvartuose yra kas 9 m, kai jų galia yra 0,36 kW, o skersmuo 0,9 m (V. K. Firfiris, A. G. Martzopoulou, T. A. Kotsopoulos, 2019).

Tyrimų tikslas – nustatyti oro drėkinimo poveikį mikroklimatui karvidėse ir įvertinti galimybes formuoti optimalų mikroklimatą karvidėse karščių metu naudojant dirbtinio rūko sistemą.

Tyrimų metodika

Tyrimai buvo atliekami modernizuotoje karvidėje Lietuvoje. Karvės tvarte laikomos palaidos, guoliavietės su guminiais kilimėliais, kreikiamos pjuvenomis. Tvarto sienos atviros su reguliuojamomis pakeliamomis užuolaidomis, kurios pasikelia ir nusileidžia priklausomai nuo vėjo lauke ir oro temperatūros tvarte. Tvarte laikoma 300 melžiamų karvių. Atlikti mikroklimato tyrimai: buvo matuojama tvarto oro temperatūra ir drėgnis. Tyrimo laikotarpis – nuo 2022 m. birželio 18 d. iki 2022 m. rugpjūčio 31 d. Šis tyrimo laikotarpis pasirinktas dėl to, nes karščio stresą gyvuliai gali patirti tik šiltuoju metų laiku – vasarą, kai temperatūra lauke būna aukšta, o viduje ji dažnai pasiekia kritinę ribą, – tuomet gyvuliai patiria silpną, vidutinį arba didelį karščio stresą.

Karvidėje buvo sumontuota Nyderlandų gamintojo „Abbi – Aerotech“ oro vėsinimo sistema su vandens purškimo (rūko sistema) gyvulių vėsinimui. Sumontuota 16 vnt. (1460×350×1460 mm dydžio, 1219 mm skersmens ir 0,75 kW galios) ventiliatorių. Ventiliatoriai sumontuoti šoninėse fermos sienose, kad šviežias oras būtų traukiamas iš lauko ir pučiamas į fermos vidų. Taip pat visi ventiliatoriai buvo pakreipti 18º kampu į karvidės vidų. Vieno karvidės ventiliatoriaus našumas – 48 930 m³/h oro. Fermos viduje įrengtas temperatūros daviklis. Temperatūrai tvarte pasiekus 16º C, ventiliatoriai įsijungdavo automatiškai ir šildymas greitėdavo iki 25 ºC, tuomet įsijungdavo maksimaliu greičiu. Šioje fermoje kartu su ventiliatoriais buvo įrengta vandens purškimo sistema (rūko sistema). Prie kiekvieno ventiliatoriaus sumontuoti žiedo formos vandens purkštukai su aukšto slėgio (70 bar) purškimo antgaliais (10 vnt.). „Rūko sistema“ (1 pav.) veikė esant aukštesnei temperatūrai, laikmačio ir drėgmės daviklio pagalba. Įsijungus vandens purškimui, vienas ventiliatorius apytiksliai išpurškė ~0,8l per minutę vandens.

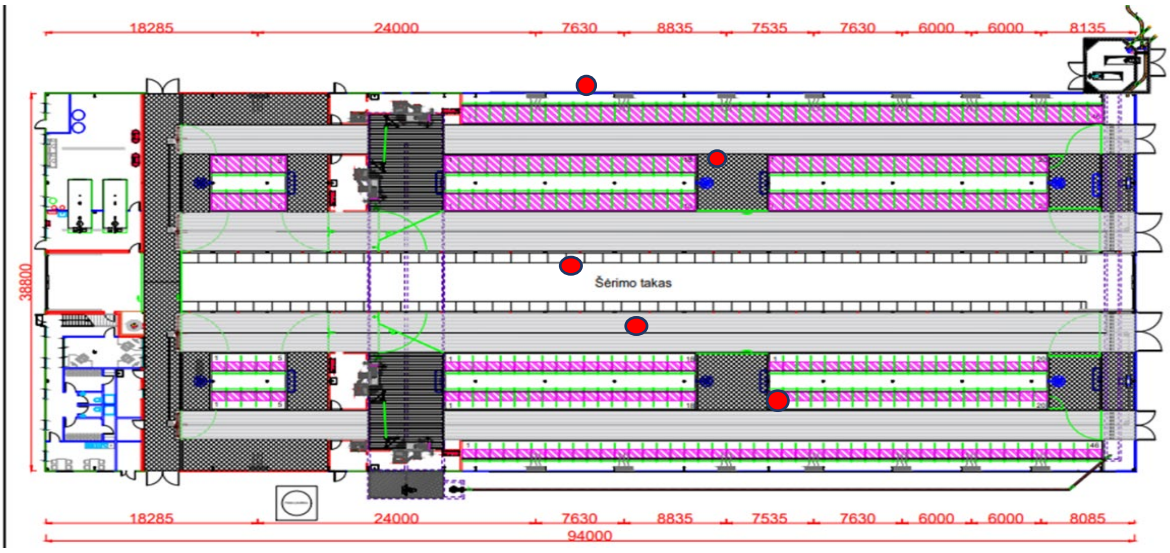


1 pav. Dirbtinio rūko sistema eksperimentinėje karvidėje

Fig. 1. *Artificial fog system in an experimental cowshed*

Norint tiksliai išmatuoti tvarto temperatūrą ir santykinį oro drėgnį buvo naudojami autonominiai matuokliai MicroLite LITE5032P-RH, kurie duomenis registruoja kas valandą. Daviklio matavimo galimybės: Temperatūros matavimo ribos: -40 ºC – +80ºC, tikslumas ≤ +0,5 ºC matuojamos reikšmės. Santykinio oro drėgnio matavimo ribos: 0 % – 95 %, tikslumas ≤ +2 %, turi galimybę išsaugoti iki 32 000 duomenų.

Tvarte buvo pakabinti 5 jutikliai: du iš jų lauke, du virš guoliaviečių ir vienas prie šėrimo tako (2 pav.). Jutikliai buvo pakabinti ~1,5 m aukštyje, tokiame aukštyje matuojamų aparatų kuriamas mikroklimatas labiausiai atitinka palankias gyvuliui sąlygas.



2 pav. Tvarto planas su pažymėtomis jutiklių pakabinimo vietomis

Fig. 2. *Barn plan with marked sensor hanging places*

Duomenys surinkti iš daviklių buvo analizuojami pasitelkiant Microsoft Excel programą. THI apskaičiuotas pagal šią formulę (J. Moran, 2005):

$$THI = 0{,}8 \times T + RH \times (T - 14{,}4) + 46{,}4, \qquad (1)$$

čia: T – temperatūra;
RH – drėgnis išreikštas proporcija (pvz.: 75 % drėgnis išreikštas 0,75).

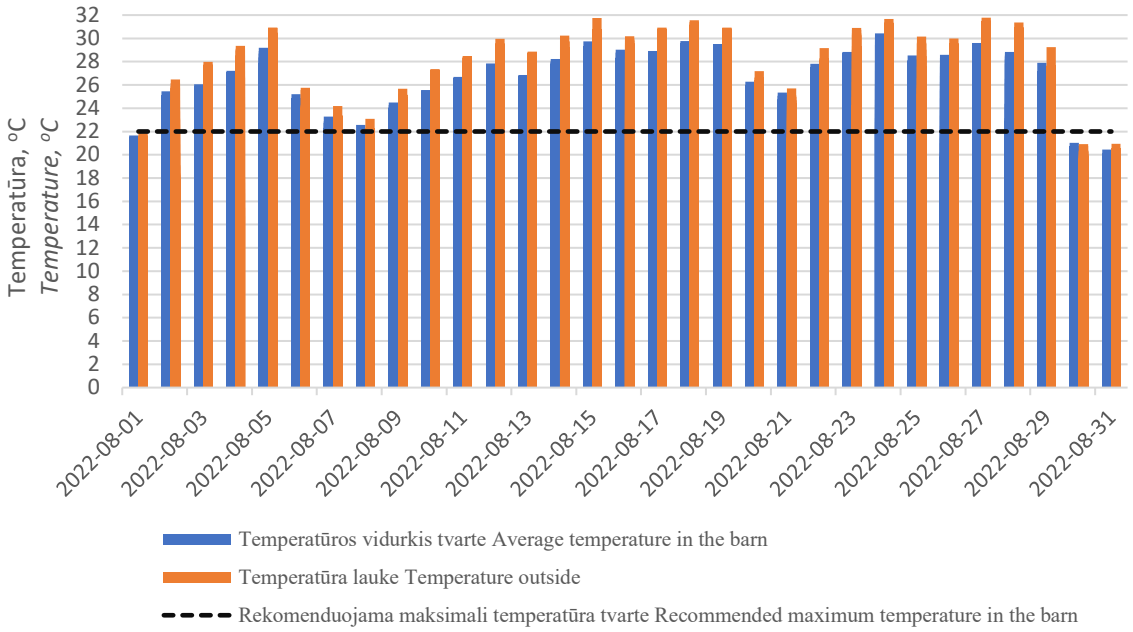
Rezultatai ir jų aptarimas

Tiriamuoju laikotarpiu karščiausias mėnuo buvo rugpjūtis. Vidutinė rugpjūčio mėnesio temperatūra buvo 23±5 ºC. Žemiausia fiksuota temperatūra buvo liepos 16 d., 4 val. – 12,4 ºC.

Pagal pateiktus duomenis matome, kad rugpjūčio mėnesis išsiskiria iš viso tiriamojo laikotarpio aukšta temperatūra tiek tvarte, tiek lauke. Temperatūra tvarte turi tiesioginį ryšį su temperatūra lauke ($R^2 = 0.9949$). Aukščiausia tvarte fiksuota temperatūra tiriamuoju laikotarpiu, buvo 30,4 ºC (2022-08-24, 17 val.).

Davikliai fiksuoja temperatūros ir santykinio oro drėgnio santykį kiekvieną valandą. Norint sužinoti vidutinę paros temperatūrą tvarte, naudojame per 24 val. surinktus duomenis, apskaičiuojant vidurkį (sudedami visi per 24 val. surinkti duomenys ir padalinami iš 24).

Temperatūra tvarte, per visą rugpjūčio mėnesį, tik tris dienas buvo žemesnė nei rekomenduojama 22 ºC (3 pav.). Žemiausia oro temperatūra tvarte fiksuota rugpjūčio mėnesį: 7 d. 4:00 val. ir siekė 13,6 ºC. Žemiausia vidutinė paros temperatūra buvo rugpjūčio 31 d. – 17,25 ºC. Aukščiausia vidutinė paros temperatūra buvo rugpjūčio 19 d.

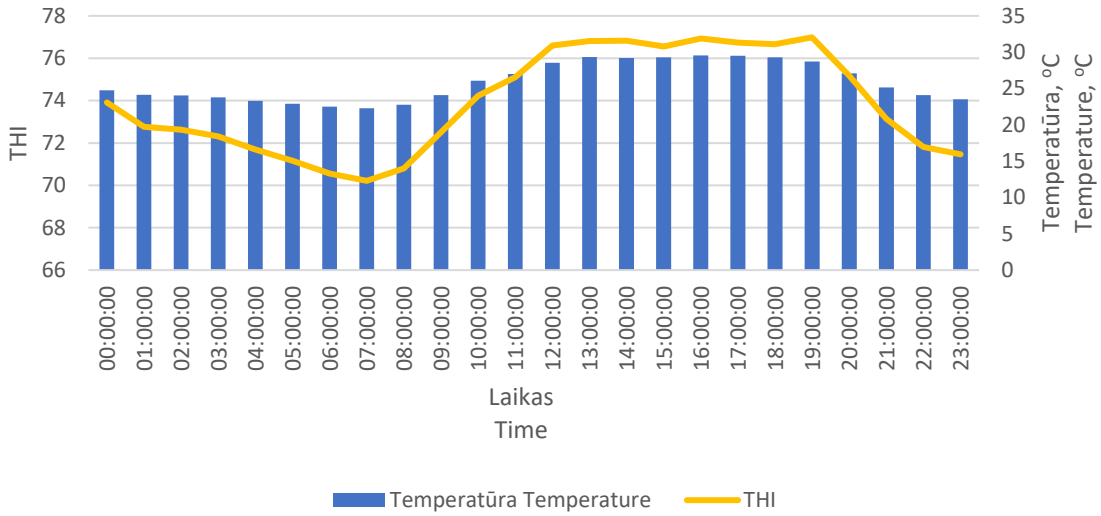


3 pav. Rugpjūčio mėnesio vidutinė paros temperatūra tvarte ir lauke

Fig. 3. *August temperature in barn and outside*

Temperatūra tvarte beveik visą laiką buvo žemesnė nei esanti lauke. Tarp lauko ir tvarto temperatūros užfiksuotas didžiausias skirtumas buvo 0,75 °C.

Pagrindinis rodiklis, padedantis įvertinti galvijų patiriamą stresą, yra THI. Norint įvertinti dirbtinio rūko sistemos poveikį THI, analizuojame karščiausios dienos temperatūros ir THI kaitą 24 valandų laikotarpyje. Analizuoti pasirinkta 2022 m. rugpjūčio 19 d., nes ši para išsiskyrė aukščiausia vidutine paros temperatūra (4 pav.).

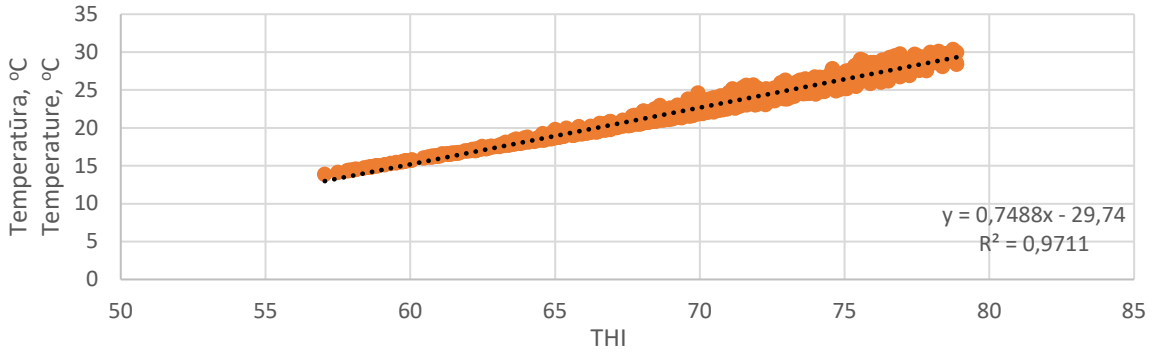


4 pav. Karščiausios tiriamojo laikotarpio paros temperatūros ir THI reikšmės 24val (2022-08-19)

Fig. 4. *24-hour values of the hottest daily temperature and THI of the research period (2022-08-19)*

Nuo 7 val. ryto tvarte buvo įjungti vandens purkštukai ir kaip matoma pateiktame grafike, THI tvarte pradėjo kilti ir maksimaliai padidėjo iki 77 (12 val.). THI vėl pradėjo mažėti nuo 19 val., kai vandens purkštukai buvo išjungti.

Pagal grafike pateiktus duomenis matome, kad THI kyla tolygiai su kylančia temperatūra, siekiant nustatyti santykį tarp temperatūros ir THI atlikta duomenų analizė ir nustatytas stiprus ryšys tarp šių dviejų dedamųjų (5 pav.).



5 pav. Ryšys tarp temperatūros ir THI

Fig. 5. *Relationship between temperature and THI*

Nustatytas stiprus tiesinės koreliacijos ryšys tarp temperatūros ir THI (R^2 = 0.9711). Kylant temperatūrai THI taip pat kyla. Ryšys tarp THI ir oro drėgnio yra menkas (R^2 = 0.3668).

Atlikus tyrimus nustatyta, kad tvarte, kuriame naudojama dirbtinė rūko sistema, THI didžiąją tyrimų laiko dalį buvo ≥72 (25.3 %), THI – 68≥72 buvo 48 % tiriamojo laiko. Tai reiškia, kad karvės patyrė lengvą, vidutinį ir stiprų karščio stresą kas antrą dieną.

Išanalizavus tyrimo duomenis pastebėta, kad dirbtinio rūko sistema padeda sumažinti temperatūrą 0,1 °C tvarte. Dirbtinis rūkas, remiantis kitų mokslininkų atliktais tyrimais, gali turėti teigiamos įtakos mikroklimatui. Emad A. Almuhanna 2017 m. atliktų tyrimų metu nustatė, kad temperatūros skirtumas tarp aušinamos rūko sistema ir neaušinamos vietos gali siekti 6,7 °C, o nuo lauke esančios temperatūros gali skirtis 10,15 °C. To paties tyrimo metu nustatyta, kad vėsinimas rūku geriau veikia nebūnant tiesiogiai po rūko sistema, o esant šalia jos.

Remiantis kitų mokslininkų tyrimais galime teigti, kad dirbtinė rūko sistema gali temperatūrą mažinti, tačiau sumažinti THI iki tokios ribos, kai galvijai nepatia karščio streso, nepavyksta. Almuhanna tyrimų metu nustatė, kad THI tvarte su vėsinimo sistema (rūku) skiriasi nuo lauke esančio THI 2,29 (THI_{tvarte} – 85,2,THI_{lauke} -87,49). Mūsų atliktų tyrimų metu taip pat nustatytas menkas (0,01) skirtumas tarp THI tvarte ir lauke.

THI naudojant šią sistemą buvo ties galvijų patiriamo karščio streso riba. Siekiant tikslingai naudoti dirbtinio rūko sistemą reikia atlikti daugiau tyrimų ir išsiaiškinti jos įtaką, tinkamumą naudoti Lietuvos klimatinėse sąlygose. Taip pat svarbu įvertinti visus parametrus turinčius įtakos mikroklimatui tvarte (vėjas, saulės spinduliuotė ir kt.). Atliekant tolimesnius tyrimus reikėtų pakeisti daviklių kabinimo vietas (tiesiogiai po krentančiu rūku, toliau nuo rūko), ventiliatorių intensyvumą, purkštukų įsijungimo laiką. Siekiant didesnio efektyvumo, tikslinga būtų atlikti kompiuterinius modeliavimo darbus, kad nustatyti, kiek reikia išpurkšti vandens, koks turi būti ventiliatorių intensyvumas ir tada perkelti modeliuotus parametrus į tvartą.

Išvados

1. Karvių patiriamas šilumos stresas yra aktuali problema Lietuvos karvidėse. Mokslininkai ieško būdų kaip sumažinti galvijų patiriamą karščio stresą, užtikrinant tinkamą mikroklimatą bei nedaryti neigiamos įtakos gyvulių gerovei. Viena iš naujausių ir šiuo metu labiausia analizuojamų galvijų tvartų vėdinimo sistemų yra optimalaus mikroklimato formavimas su dirbtiniu rūku arba vandens dušu.
2. Vasara buvo labai karšta, vidutinė tiriamojo laikotarpio paros temperatūra buvo 21,3±5 °C. Temperatūra tvarte skyrėsi nuo lauko, vidutiniškai tvarto temperatūra buvo žemesnė 0,1 °C, nei esanti lauke. Atitinkamai THI buvo 0,01 mažesnis lauke nei tvarte.
3. Pagal atliktus tyrimus, galime daryti išvadą, kad THI turi labai stiprų koreliacinį ryšį su temperatūra R^2 = 0.9711 ir turi menką ryšį su santykiniu oro drėgniu R^2 = 0.3668. Dirbtinė rūko sistema oro temperatūrą tvarte sumažina 0,1 °C, o THI 0,01 lyginant su lauke esančiomis sąlygomis.
4. Atlikus tyrimus ir išanalizavus duomenis, galime teigti, kad reikia tolimesnių veiksmų, norint padidinti dirbtinio rūko sistemos įtaką tvartų mikroklimatui, reikia optimizuoti purkštukų veikimo laiką, vandens kiekį, ventiliatorių našumą.

Literatūra

1. D. V. Amstrong. (1994) Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. Journal of Dairy Science, 77, 2044-2050.
2. F. De Rensis, I. Garcia-Ispierto, F. López-Gatius (2015). Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. Theriogenology 84 (2015) 659–666.
3. G. Li, J. Chen, D. Peng, X. Gu (2021). Short communication: The lag response of daily milk yield to heat stress in dairy cows. Journal of dairy science, Volume 104, Vssue 1, January 2021, Pages 981–988.
4. H. Levit , S. Pinto, T. Amon, E. Gershon, A. Kleinjan-Elazary, V. Bloch, Y.A. Ben Meir, Y. Portnik, S. Jacoby, A. Arnin, J. Miron, I. Halachmi. (2021) Dynamic cooling strategy based on individual animal response mitigated heat stress in dairy cows. Animal The international journal of animal biosciences, Animal 15 (2021) 100093.
5. J. Błotny, S. Rosiek (2022). Heat transfer efficiency as the determinant of the water mattress design: A sustainable cooling solution for the dairy sector Energy, Volume 245, 15 April 2022,
6. J. Moran*, (*2005*)* Tropical Dairy Farming Feeding Management for Smallholder Dairy Farmers in the Humid Tropics. Landlinks Press*,* Collingwood, 312 p.
7. J. H. Du Preez, P. J. Hattingh, E. H. Giesecke, B. E. Eisenberg, Verwoerd, D. Wynand. (1990). Heat stress in dairy cattle and other livestock under southern African conditions. III. Monthly temperature-humidity index· mean values and their significance in the performance of dairy cattle. Onderstepoort Journal of Veterinary Research, Vol. 57, 1990.
8. M. Cheng, B. McCarl and Ch. Fei (2022) Climate Change and Livestock Production: A Literature Review. Atmosphere 2022, 13 (1), 140.
9. N. P. Soumya, R. Banerjee, M. Banerjee, S. Mondal, R. L. Babu, M. Hoque, I. J. Reddy, S. Nandi, P. S. P. Gupta, P. K. Agarwa (2022) Climate Change impact on livestock production. Climate Change impact on livestock production Biological Tools and techniques, p. 109–148.
10. S. Pinto, G. Hoffmann, Ch. Ammon, T. Amon (2020) Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. Journal of Thermal Biology 88 (2020) 102523
11. V. K. Firfiris a , A. G. Martzopouloub, T. A. Kotsopoulos. Passive cooling systems in livestock buildings towards energy saving: A critical review. Energy and Buildings, Vol. 202, 1 November 2019, 109368.

Indrė Strelkauskaitė-Buivydienė, Rolandas Bleizgys

Formation of an Optimal Microclimate in Smart Cowsheds

As the climate warms and summers get hotter in Lithuania, more and more are used in barns with inappropriate microclimate conditions. As the temperature outside increases, so does the temperature in the barns. High temperatures in barns negatively affect animal health, reduce feed consumption, milk production and reproductive characteristics. The dairy industry loses millions every year due to reduced milk yield. Performed in a modernized cowshed with an artificial fog system. The artificial fog system has been found to influence the air: reducing it to 0.1oC. In the barn, THI was 0.01 lower than in the field. It has been found that the artificial fog system affects the air in the barn, increasing the air relative humidity and the temperature and humidity index THI. Therefore, the artificial fog system reduces the heat stress experienced by the cows. This document contains requirements for the preparation of scientific article for the scientific journal.

Microclimate, cowshed, air humidity, temperature, THI.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Indrė STRELKAUSKAITĖ-BUIVYDIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Mechanikos, energetikos ir biotechnologijų inžinerijos katedros doktorantė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 75 23 57, el. paštas: indre.strelkauskaite-buivydiene@stud.vdu.lt
Indrė STRELKAUSKAITĖ-BUIVYDIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Doctoral student of the Department of Mechanical, Energy and Biotechnology Engineering. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 37 75 23 57, e-mail: indre.strelkauskaite-buivydiene@stud.vdu.lt
Rolandas BLEIZGYS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos instituto technologijos mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Studentų g. 15, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 686 10900, el. paštas: rolandas.bleizgys@vdu.lt
Rolandas BLEIZGYS. Vytautas Magnus university, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Mechanical, Energy and Biotechnology engineering, doctor of Technology Science, professor. Address: Studentu g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist., Lithuania. +370 37 686 10900, e-mail: rolandas.bleizgys@vdu.lt

OZONO, KAUPIMOSI IR IRIMO PROCESŲ EKSPERIMENTINĖJE KAMEROJE TYRIMAS

Vaida Vasiliauskienė

Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija

Ozonas priskiriamas kenksmingiausių oro teršalų klasei, todėl jis kelia pavojų net tik patalpoje esantiems paviršiams, bet ir žmogui. Ozonas patalpose susidaro elektrostatinių oro filtrų, ozono generatorių, kopijavimo aparatų, lazerinių spausdintuvų veikimo metu. Tyrimas atliktas eksperimentinėje kameroje, naudojant ozono emisijos šaltinį – baktericidinę UV lempą. Nustatyta, kad daugiausiai ozono susidaro per pirmąsias 10 minučių nuo lempos įjungimo, o daugiausiai jo suyra per pusvalandį nuo lempos išjungimo. Didžiausia ozono koncentracija nustatyta iki 0,2 m atstumu nuo UV lempos (kur ozono koncentracija kito nuo 220 iki 1020 μg/m3), o 1–2,5 m atstumu nuo lempos ozono koncentracijos kitimas nedidelis (vidutinė vertė 268 μg/m3). Ozono nusėdimo į kameros paviršių (polietileną) greitis lygus 0,011 cm/s.

Ozonas, eksperimentinė kamera, baktericidinė UV lempa, kaupimasis, irimas.

Įvadas

Žmonės patalpose praleidžia daugiau nei 80–90 % savo laiko. Žmogus vidutiniškai per minutę įkvepia 7–12 litrų oro. Patalpų ore 25 % aptinkamų medžiagų yra kenksmingos žmogaus sveikatai, todėl oro kokybė patalpose ne mažiau svarbi nei lauko ore. Ozonas į patalpą gali patekti iš lauko arba veikiant patalpose ozono emisijoms šaltiniams: kopijavimo aparatams, lazeriniams spausdintuvams, elektrostatiniems oro valymo filtrams ir kt. (Guo et al., 2019), (Sarıca et al., 2022). Ozonas patalpose susidaro ir veikiant UV spinduliuotės šaltiniui (pavyzdžiui, ligoninėse, laboratorijose, maisto pramonėje sterilumui užtikrinti yra plačiai naudojamos baktericidinės UV lempos) (Zhongqin et al., 2014). Prieštaringai vertinami ozono generatoriai taip pat gali būti priskirti prie ozono emisijos patalpoje šaltinių (Zhang et al., 2016).

Tyrimai rodo, kad kopijavimo metu ozono vidutiniškai susidaro nuo 40 iki 13140 μg/kopijai. Tuo tarpu lazerinių spausdintuvų darbo metu generuojama vidutiniškai 43840 μg/min ozono koncentracija (Tian et al., 2015). Patalpų orui valyti naudojami oro jonizatoriai generuoja nuo <100 iki 30000 μg/h ozono koncentraciją (Yu et al., 2011).

Kai patalpoje nėra ozono emisijos šaltinių, vidutinė šio teršalo koncentracija patalpoje siekia 8–12 μg/m^3 (Nazaroff et al., 2021). Ozono koncentracijos lygis patalpoje priklauso nuo: ozono koncentracijos lauke, patalpose susidarančių kitų teršalų koncentracijos, ozono reakcijų su kitais teršalais, oro srautų greičio, nusėdimo ant paklotinių paviršių greičio. Patalpoje esant ozono gali susidaryti ir kitų teršalų. Patalpose tarp ozono ir terpeno vykstančių reakcijų metu gali susidaryti aerozolio dalelės (Sarwar et al., 2003). Tiriant ozono sąveiką su mediniais paviršiais pastebėta, kad iš tiriamų paviršių išsiskiria VOC (d-limonenas, α-pinenas), kurie reaguoja su ozonu susidarant aerozolio dalelėms (Aoki et al., 2007). Ozonui reaguojant su terpenais, esančiais pušies ir citrinos kvapą turinčiuose buitiniuose valikliuose bei gaivikliuose, susidaro kancerogeno formaldehido bei kitų nuodingų medžiagų, kurios absorbuojasi ant lovų, kilimų ir kitų patalpos paviršių (Nicolas et al., 2007). Taigi ozono homogeninių reakcijų su kitais cheminiais junginiais metu gali susidaryti dar pavojingesni žmogaus sveikatai junginiai nei ozonas.

Ozono neigiamas poveikis pasireiškia ir žmogaus organizmui: dirgina akis, kvėpavimo takus, sukelia kosulį, kenkia plaučiams (Goodman, et al., 2018), (Tran et al, 2020). Neigiamas ozono poveikio stiprumas priklauso nuo kelių veiksnių: koncentracijos dydžio, poveikio trukmės, individualaus organizmo jautrumo (Moretti et al., 2011). Siekiant užtikrinti saugų žmogaus sveikatai ozono koncentracijos lygį patalpose, šio teršalo koncentraciją riboja Lietuvos higienos norma HN 23:2011. Pagal šią normą darbo patalpoje nustatyta ribinė 5 minučių vidutinė ozono koncentracija yra 600 μg/m^3, o 8 valandų – 200 μg/m^3. Kitos šalys kelia griežtesnis ozono koncentracijai uždarose patalpose reikalavimus. Jungtinėse Amerikos Valstijose ar Singapūre nustatyta 8 valandų ribinė ozono koncentracija patalpoje – 100 μg/m^3 (Salonen et al., 2018). Tuo tarpu 1 valandos didžiausia leidžiama ozono koncentracija patalpoje numatyta Australijoje – 200 μg/m^3, o Kinijoje – 100 μg/m^3. (Mannan et al., 2021).

Darbo tikslas – ištirti ozono, susidarančio baktericidinės UV lempos veikimo metu, kaupimosi ir irimo eksperimentinėje kameroje spartą ir pasiskirstymą.

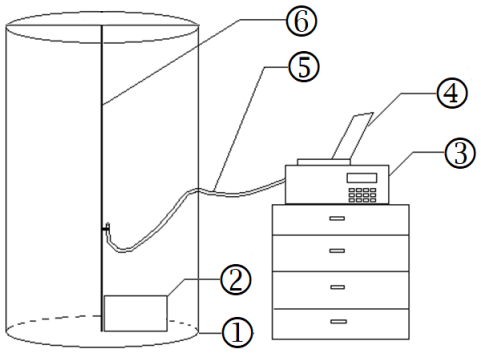
Tyrimų metodika

Eksperimentas atliktas 8 m^3 tūrio cilindro formos eksperimentinėje kameroje, veikiant ozono emisijos šaltiniui – baktericidinei UV lempai. Tyrimui naudota didelio slėgio gyvsidabrio baktericidinė UV lempa DRT400, kurioje vykstant lankiniam išlydžiui, susidaro ozonas. Šios lempos galia – 400 W ir ji skleidžia iki 320 nm ilgio UV spindulius.

Eksperimentinė kamera pagaminta iš 0,3 mm storio polietileno. Kameros gamybai pasirinktas chemiškai inertiškas plastikas – polietilenas ($CH_2 = CH_2$), kuris yra vienas paprasčiausių ir pigiausių polimerų. Ozonas labai stiprus oksidatorius, kuris ypač gerai oksiduoja nesočiuosius polimerus (turinčius dvigubų jungčių), todėl prieš atliekant eksperimentą polietilenas buvo paveiktas 3 valandas 6000 µg/m^3 ozono koncentracija.

Siekiant ištirti ozono kaupimosi ir suirimo eksperimentinėje kameroje dėsningumus, ozono koncentracijos matavimai atlikti 0,4 m aukštyje virš baktericidinės UV lempos. Nusistovėjus eksperimentinėje kameroje ozono koncentracijai baktericidinė UV lempa buvo išjungiama.

Vertikalios ozono koncentracijos pasiskirstymo tyrimas atliktas 0,1–2,5 m aukštyje virš baktericidinės UV lempos. Oro paėmimui tiriamame taške naudotas iš ozono analizatoriaus išvestas tefloninis vamzdelis, kuris pasirinktame aukštyje buvo tvirtinamas prie vertikalaus strypo kameroje. Ozono koncentracijos matavimai kiekvienam aukštyje atlikti po tirs kartus, registruojant šio teršalo koncentraciją po 3 minučių nuo baktericidinės UV lempos įjungimo (1 pav.).



1 pav. Eksperimento kameroje schema: 1 – eksperimentinė kamera; 2 – baktericidinė UV lempa; 3 – ozono analizatorius; 4 – nešiojamas kompiuteris; 5 – tefloninis vamzdelis; 6 – strypas, prie kurio buvo tvirtinamas tefloninis vamzdelis

Fig. 1. *Design of the experiment in a chamber: 1 – experimental chamber; 2 – bactericidal UV lamp; 3 – ozone analyzer; 4 – laptop; 5 – teflone tube; 6 – rod with the attached teflon tube*

Ozono koncentracijos matavimams naudotas ozono analizatorius O3 41 M, veikiantis ultravioletinės sugerties principu. Šis analizatorius gali veikti plačiame temperatūrų (0−45 °C) ir slėgių (610−1215 hPa) intervale. Prietaisas gali registruoti iki 2000 µg/m3 ozono koncentraciją, jo jautris – 1 µg/m3. Ozono koncentracijos matavimas vyko nenutrūkstamai, fiksuojant kompiuterio duomenų bazėje šio teršalo 1 minutės vidutines vertes.

Analoginio signalo konvertavimui į skaitmeninį naudotas didelės skiriamosios gebos 8 kanalų ADC–16 duomenų kaupiklis Ozono koncentracijos eksperimentinėje kameroje nustatymui ir analizei naudota PcoLog programinė įranga.

Teorinis ozono nusėdimo greičio eksperimentinėje kameroje nustatymas atliktas naudojajantis šešiomis lygtimis. Ozono koncentracijos pokytį galima aprašyti eksponentine lygtimi (Britigan et al. 2006).

$$C(t) = \mathrm{C}(0)e^{-\beta t}, \quad (1)$$

čia $C(t)$ – ozono koncentracija laiko momentu t, µg/m^3;
$C(0)$ – ozono koncentracija laiko momentu $t = 0$, µg/m^3;
β – ozono suirimo konstanta, s^{-1};
t – laikas, s.

Diferencialinėje formoje (1) priklausomybę galima užrašyti

$$\frac{-dC}{dt} = \beta C, \quad (2)$$

Antra vertus, ozono koncentracijos pokytis yra proporcingas jo srautui Q

$$\frac{-dC}{dt} \sim Q, \tag{3}$$

Ryšys tarp ozono koncentracijos C ir srauto Q yra apibrėžiamas koeficientu v_g (Hayes 1991):

$$Q = v_g C, \tag{4}$$

čia Q – srautas į paviršiaus vienetą per laiko vienetą, µg/s·m^2,
v_g – nusėdimo greitis, m/s.

$$\frac{-dC}{dt} = bv_g C, \tag{5}$$

čia b – koeficientas, apibrėžiamas paviršiaus ploto S, ant kurio nusėda ozonas, ir kameros, iš kurios pasišalina ozonas, tūrio V santykiu:

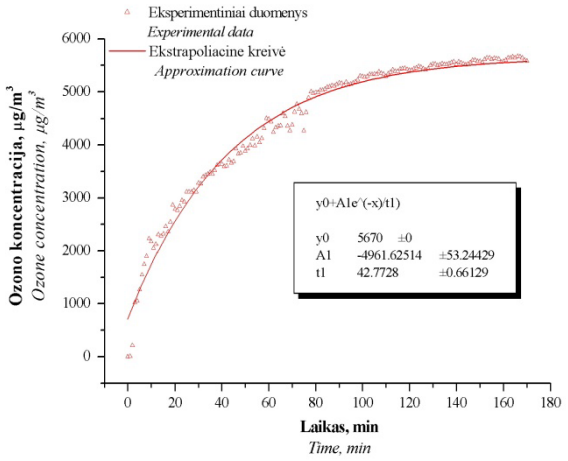
$$b = \frac{S}{V}. \tag{6}$$

Rezultatai ir aptarimas

Siekiant suprasti ozono kaupimosi ir irimo, veikiant ozono emisijos šaltiniui (baktericidinei UV lempai), dėsningumus, tyrimas atliktas 8 m^3 tūrio ir 22 m^2 paviršiau ploto cilindro formos eksperimentinėje kameroje, pagamintoje iš polietileno. Kameroje eksperimento metu santykinis drėgnis buvo 60 ± 5 %, o oro temperatūra 20 ± 2 ºC.

Ozono kaupimosi procesą eksperimentinėje kameroje galima būtų suskirstyti į du etapus:

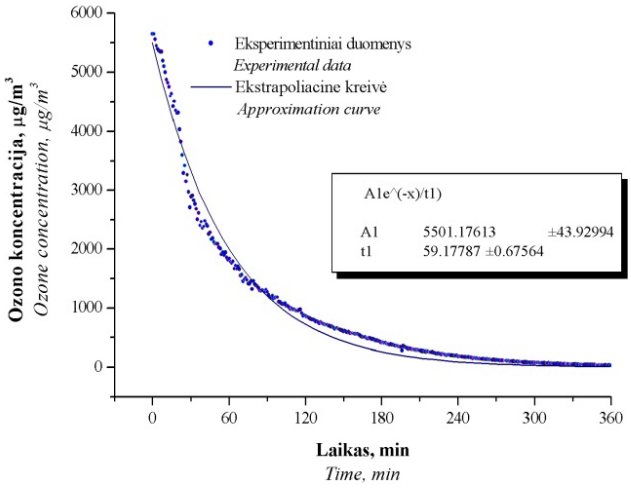
- Pirmasis etapas apima ozono kaupimosi kameroje pirmąsias 10 min po baktericidinės UV lempos įjungimo. Šiame etape stebimas intensyviausias ozonas kaupimasis i, kurį galima aprašyti tiesės lygtimi. Per 10 min yra pasiekiama 2000 µg/m^3 ozono koncentracija. Žinoma, kad deguonis stipriai sugeria 185 nm ilgio UV spinduliuotę. Tik įjungus baktericidinę UV lempą kvarco vamzdelis praleidžia 185 nm UV spinduliuotę, o kvarcui įšilus iki tam tikros temperatūros, 185 nm UV spinduliuotė jau nebegali būti praleidžiama pro kvarcą. Todėl daugiausia ozono susidaro baktericidinės UV lempos veikimo pradžioje.
- Antrajame etape, kuris trunka nuo 10 iki 120 min, ozono susidarymas kameroje jau nėra toks intensyvus kaip per pirmąsias 10 min. Antrajame etape per 110 min ozono koncentracija kameroje padidėja iki 5600 ± 110 µg/m^3.



2 pav. Ozono kaupimasis eksperimentinėje kameroje
Fig. 2. *Ozone accumulation in experimental chamber*

Stabili ozono koncentracija eksperimentinėje kameroje – 5600± 110 µg/m^3 buvo pasiekta praėjus 2 val. nuo baktericidinės UV lempos įjungimo (2 pav.). Norint užtikrinti pastovų ozono koncentracijos lygį kameroje, baktericidinė UV lempa buvo palikta įjungta dar vieną valandą.

Praėjus trims valandoms po baktericidinės UV lempos eksperimentinėje kameroje išjungimo, atliktas ozono koncentracijos irimo dėsningumų vertinimas ir analizė.



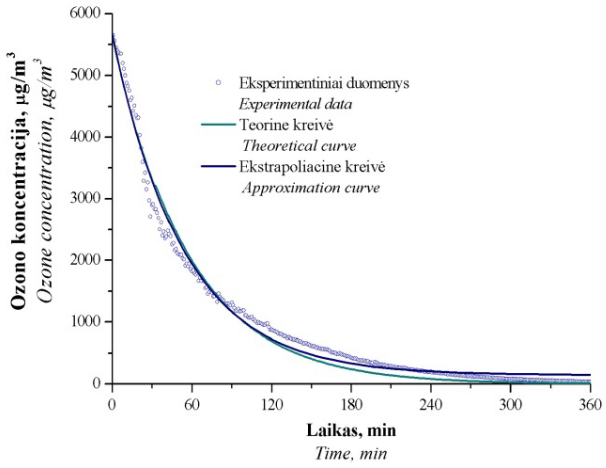
3 pav. Ozono irims eksperimentinėje kameroje
Fig. 3. *Ozone decay in a experimental chamber*

Analizuojant ozono irimo eksperimentinėje kameroje duomenis nustatyta, kad ozono pusėjimo trukmė kameroje – 32 min (3 pav.). Iki tos eksponentinės kreivės vietos, kol suyra pusė viso kameroje susidariusio ozono, stebimas didžiausias ozono suirimo greitis. Vėliau ozono suirimas lėtėja. Iki galo visas kameroje susidaręs ozonas suyra maždaug per 14 valandų.

Ozono koncentracija eksperimentinėje kameroje gali sumažėti dėl nusėdimo ant paviršiaus, dėl cheminių reakcijų su kitomis ore esančiomis medžiagomis, dėl oro prasiskverbimo iš aplinkos. Mūsų atveju daroma prielaida, kad ozonas pasišalina tik dėl nusėdimo ant paviršiaus v_g, o koncentracijos pokytis dėl homogeninių cheminių reakcijų yra mažas. Be to, daroma prielaida, kad kamera gana sandari ir savaime oras iš aplinkos nepatenka. Ozono nusėdimo greičio eksperimentinėje kameroje skaičiavimai atlikti naudojantis 1–6 lygtimis.

Remiantis literatūroje pateikiamais duomenimis matyti, kad v_g reikšmė, įvairių autorių skaičiavimais, įvairiose patalpose gali kisti nuo 0,001 iki 0,2 cm/s (Nazaroff, 1989). Deja, literatūroje nepavyko rasti duomenų apie ozono nusėdimo greitį į polietileno paviršių. Tačiau įvertinus tai, kad polietilenas prieš eksperimentą buvo paveiktas 6000 µg/m^3 ozono koncentracija, buvo pašalintos dėl oksidacijos susidariusios priemaišos, ardančios ozoną. Todėl teoriniam v_g įvertinimui buvo pasirinktas 0,005 – 0,02 cm/s intervalas ir atlikti skaičiavimai.

Skaičiavimai atlikti 8 m^3 tūrio 22 m^2 ploto eksperimentinei kamerai, kurioje koeficientas b gautas lygus 0,028 cm^{-1}.Nustatyta, kad eksperimentiniams rezultatams artimiausia teorinė ozono suirimo kreivė yra, kai v_g lygus 0,01 cm/s.

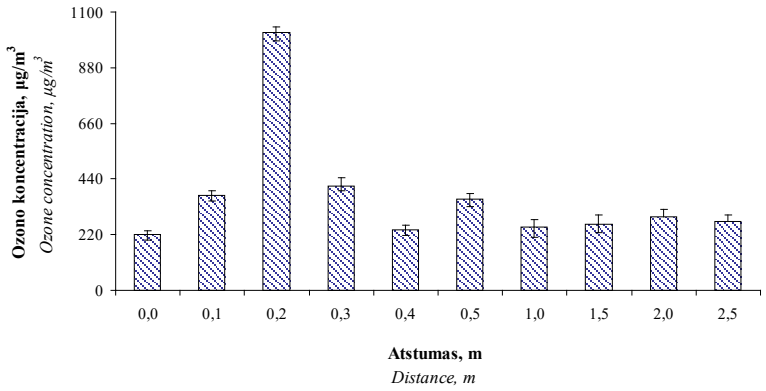


4 pav. Ozono irimo kameroje eksperimentiniai duomenys, teorinė ir aproksimacijos kreivės
Fig. 4. *Experimental data, theoretical and approximation curves of ozone decay in a chamber*

Gauta teorinė kreivė, aprašoma eksponentine lygtimi (1 lygtis), gerai sutampa su eksperimentiniais duomenimis prie maksimalių ir minimalių ozono koncentracijų, tačiau stebimas vidutiniškai ±10 %

nesutapimas prie vidutinių reikšmių (4 pav.). Palyginus teorinę kreivę su eksperimentine stebimas geras duomenų sutapimas, koreliacijos koeficientas tarp teorinių ir ekstrapoliacijos eksperimentinių duomenų yra + 0.996. Eksperimentiškai nustatytas ozono nusėdimo greitis lygus 0,011 cm/s praktiškai atitinka teorinius paskaičiavimus, todėl galima tvirtinti, kad ozono nusėdimo greitis į polietileno paviršių yra 0,011 cm/s.

Tiriant vertikalų ozono nuo baktericidinės UV lempos pasiskirstymą eksperimentinėje kameroje, ozono koncentracijos matavimai atlikti skirtinguose atstumuose nuo lempos. Matavimai iki 0,5 m atstumu atlikti kas 0,1 m, o matavimai nuo 0,5 iki 2,5 m atstume vykdyti kas 0,5 m (5 pav.).



5 pav. Vertikali ozono nuo baktericidinės UV lempos sklaida

Fig. 5. *Vertical dispersion of ozone caused by a bactericidal UV lamp*

Iš tyrimo duomenų matyti, kad ozono koncentracija eksperimentinėje kameroje, veikiant baktericidinei UV lempai, pasiskirstė netolygiai. Kadangi UV lempą galima traktuoti ne tik kaip ozono, bet ir kaip šilumos šaltinį (jai veikiant įšyla transformatorius), tokiam ozono koncentracijos pasiskirstymui eksperimentinėje kameroje įtakos turi sudėtingi oro cirkuliacijos procesai. Didžiausia ozono koncentracija nustatyta 0,2 m atstumu nuo lempos ir siekė 1 020 µg/m^3. Ozono koncentracijos toliau kaip 1 m atstumu nuo baktericidinės UV lempos svyravimas nedidelis (250–290 µg/m^3). Nustatyta, kad 0,2 m atstumu nuo ozono emisijos šaltinio registruojama 3,8 karto didesnė ozono koncentracija nei 1 m ir didesniu atstumu.

Išvados

1. Intensyviausiai ozonas susidaro per pirmąsias 10 min nuo baktericidinės UV lempos įjungimo, o pastovi šio teršalo koncentracija (5600 ± 110 µg/m^3) pasiekiama po 120 min.
2. Didžiausia ozono irimo sparta nustatyta per pirmąsias 32 min po baktericidinės UV lempos išjungimo, o visiškas suirimas stebimas po 840 min.
3. Nustatytas statistiškai reikšmingas stiprus koreliacinis ryšys tarp eksperimentiškai aproksimuotų ir teorinių ozono suirimo eksperimentinėje kameroje duomenų, koreliacijos koeficientas +0,996. Didžiausias duomenų nesutapimas (±10 %) užfiksuotas prie vidutinių ozono koncentracijos reikšmių.
4. Eksperimentinėje kameroje ozono koncentracijos pasiskirstymas baktericidinės UV lempos darbo metu netolygus. Ozono koncentracija ≥ 1 m atstumu nuo baktericidinės UV lempos nustatyta 74% mažesnė nei 0,2 m atstumu.

Literatūra

1. Aoki, T., Tanabe, S.-I. (2007). Generation of sub-micron particles and secondary pollutants from building materials by ozone reaction. Atmospheric Environment, 41(15), 3139–3150.
2. Britigan, N., Alshawa, A., Nizkorodov, S. A. (2006). Quantification of ozone levels in indoor environments generated by ionization and ozonolysis air purifiers. Journal of the Air and Waste Management Association, 56(5), 601–610.
3. Goodman, J. E., Zu, K., Loftus, C. T., Lynch, H. N., Prueitt, R. L., Mohar, I., Shubin, S. P., Sax, S. N. (2018). Short-term ozone exposure and asthma severity: Weight-of-evidence analysis. Environmental Research, 160, 391–397.
4. Guo, C., Gao, Z., Shen, J. (2019). Emission rates of indoor ozone emission devices: A literature review. Building and Environment, 158, 302–318.

5. Hayes, R. S. (1991). Use of an Indoor Air Quality Model (IAQM) to Estimate Indoor Ozone Levels. Journal of Air and Waste Management Association, 41(2), 161–170.
6. Mannan, M., Al-Ghamdi, S. G. (2021). Review 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.
7. Moretti, E., Neidell, M. (2011). Pollution, Health, and Avoidance Behavior: Evidence from the Ports of Los Angeles. The Journal of Human Resources, 46(1), 154-175.
8. Nazaroff, W. N. (1989). Mathematical modeling and control of pollutant dynamics in indoor air. In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. California Institute of Technology, Pasadena, California.
9. Nazaroff, W., Weschler, Ch. J. (2021). Indoor ozone: Concentrations and influencing factors. Indoor Air, 32, 1–21.
10. Nicolas, M., Ramalho, O., Maupetit, F. (2007). Reactions between ozone and building products: Impact on primary and secondary emission. Atmospheric Environment, 41(15), 3129–3138.
11. Salonen, H., Salthammer, T., Morawska, L. (2018). Human exposure to ozone in school and office indoor environments. Environment International, 119(1), 503–514.
12. Sarıca, S. N., Üzmez, O. Ö., Malkoç, S. (2022). Household Indoor Concentration Levels of Nitrogen Dioxide ($_{NO2)}$ and Ozone (O_3) in Eskisehir, Turkey. Environmental Sciences Proceedings, 19(1), 42.
13. Sarwar, G., Corsi, R., Allen, D., Wescler, C. J. (2003). The significance of secondary organic aerosol formation and growth in buildings: experimental and computational evidence. Atmospheric Environment, 37(9–10), 1365–1381.
14. Tian, X., Yi, Z., Jin, T., Wang, X. (2015). Indoor Ozone Pollution and the Purification Technologies. 2015 AASRI International Conference on Industrial Electronics and Applications (IEA 2015).
15. Tran, V. V., Park, D., Lee, Y.-Ch. (2020). Indoor Air Pollution, Related Human Diseases, and Recent Trends in the Control and Improvement of Indoor Air Quality. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(8), 2927.
16. Yu, K.-P., Lee, GW.-M., Hsieh, C.-P., Lin, C.-C. (2011). Evaluation of ozone generation and indoor organic compounds removal by air cleaners based on chamber tests. Atmospheric Environment, 45(1), 35–42.
17. Zhang, Q., Jenkins, P.L. (2016). Evaluation of ozone emissions and exposures from consumer products and home appliances. Indoor Air, 27(2), 386–397.
18. Zhongqin, Y., Yu, W., Xiaobin, T., Xiuyan, W., Taosheng, J. (2014). Indoor Ozone Pollution and Purification Technologies. Science and Technology Review, 32(33), 75–78.

Vaida Vasiliauskienė

Study of Ozone Accumulation and Depletion Processes in an Experimental Chamber

Ozone is classified as one of the most harmful air pollutants, therefore it is not only a threat to indoor surfaces, but also to humans. Indoor ozone is produced during the operation of electrostatic air filters, ozone generators, copiers, laser printers. The study was carried out in an experimental chamber by using an ozone emission source, i.e. a bactericidal UV lamp. It has been found that the highest amounts of ozone are produced within the first 10 minutes after the lamp is switched on, and the highest amounts of ozone are depleted within a half an hour after the lamp is switched off. The highest ozone concentrations have been found at a distance of up to 0.2 m from the UV lamp (where the ozone concentration varied from 220 to 1020 μg/m^3), while, at a distance of 1–2.5 m from the lamp, the variation of the ozone concentration was quite insignificant (average value – 268 μg/m^3). The rate of ozone deposition on the chamber surface (polyethylene) is 0.011 cm/s.

Ozone, experimental chamber, bactericidal UV lamp, accumulation, depletion.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Vaida VASILIAUSKIENĖ. Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija, Logistikos ir gynybos technologijos vadybos mokslų grupė, docentas. Adresas: Šilo g. 5A, LT–10322 Vilnius. Tel. (8 52) 126313, 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: Šilo st. 5A, LT-10322 Vilnius. +370 5 2126313, e-mail: vaida.vasiliauskiene@lka.lt

HIDROENERGIJOS ATGAVIMO GALIMYBĖS NUOTEKŲ TINKLUOSE

Albertas Aukštakalnis, Algirdas Radzevičius

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje nagrinėjama viena iš naujausių atsinaujinančios energijos technologijų – nuotekų srauto generuojamos hidroenergijos panaudojimas elektros energijai nuotekų tinkluose gaminti. Tyrimo objektu pasirinktos Alytaus, Kauno, Vilniaus ir Anykščių nuotekų valyklos, kurių nuotekų išleidimo į atvirus vandens telkinius linijose, dėl pakankamo slėgio aukščio ir debito, yra galimybė įrengti hidroturbinas elektros energijai gaminti. Nagrinėjamiems objektams parinkta elektromechaninė įranga, nustatytos optimalios hidroturbinų komponavimo schemos. Alytaus nuotekų valyklai atlikta vienos ir dviejų hidroturbinų komponavimo variantų nuotekų išleidimo linijoje palyginamoji analizė.

Hidroelektrinė, hidroturbina, nuotekų valykla.

Įvadas

Vanduo ir energija yra du svarbiausi XXI amžiaus ištekliai. Dėl dabartinės vandens trūkumo ir mažo anglies dioksido intensyvumo sprendimų poreikio kyla iššūkis toliau teikti pagrindines miesto vandens paslaugas nedidinant poveikio aplinkai. Lietuvos nacionalinės atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strateginis tikslas – šalies energijos poreikius tenkinti vietiniais atsinaujinančiais ištekliais, nebenaudoti importuoto, aplinką teršiančio iškastinio kuro (Vizbaras, 2018).

Miestų komunalinės vandens sistemos sunaudoja daug elektros energijos, todėl inžinieriai ir mokslininkai visame pasaulyje ieško būdų, kaip atgauti energiją, esančią vandens tinkluose, tiekiančiuose geriamąjį vandenį ar surenkančiuose ir transportuojančiuose nuotekas į valymo įrenginius bei atvirus vandens telkinius.

Vandens srauto generuojamos energijos panaudojimas nuotekų ir vandentiekio tinkluose hidroenergijai gaminti yra viena iš naujausių atsinaujinančios energijos technologijų. Toks energijos gavybos būdas yra tvarus ir tausoja aplinką. Skirtingai nuo įprastų upėse veikiančių hidroenergetinių sistemų, vamzdynuose esančios hidroenergetikos sistemos daro minimalų poveikį aplinkai, nes yra tiesiogiai integruotos į esamą infrastruktūrą (Choulot, 2012). Naudojant šią nebrangią technologiją galima sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, kurį sukelia energijos naudojimas.

Yra atlikta daug tyrimų visame pasaulyje siekiant išnaudoti didelio nuolydžio vietose vandentiekio ir nuotekų tinklų vandens potencialą elektros energijos gamybai ir taip kompensuoti dideles elektros energijos sąnaudas vandens tiekimo ir nuotekų šalinimo sistemose (Bousquet, 2017). Skirtingai nuo didelių hidroelektrinių, mažos tinklinės hidroelektrinės gali būti įrengiamos darant nereikšmingą poveikį gamtinei aplinkai daugiausia todėl, kad jos diegiamos esamoje vandens infrastruktūroje. Dėl savo universalumo, mažų investicinių sąnaudų ir kaip atsinaujinantis energijos šaltinis tinklinė hidroenergetika yra perspektyvi, gaminanti tvarią, nebrangią energiją urbanizuotose teritorijose.

ES daug dėmesio skiriama hidroenergijai miestų komunalinėse vandens sistemose gaminti galimybių ištyrimui. Vykdant Hydro-BPT projektą buvo ištirtas techninis ir ekonominis energijos išgavimo iš miestų vandens tinklų įgyvendinamumas, sukurta GIS duomenų bazė Airijoje ir Velse (Hydro-BPT, 2018). Vykdant REDWAN projektą buvo sukurta technologinė aplinka, skatinanti miestų komunalinėse vandens sistemose diegti inovatyvią mikrohidroenergijos technologiją (REDAWN, 2021).

Dabar vykdomas LIFE NEXUS projektas nagrinėja miestų komunalines vandens sistemas, kaip atsinaujinančios energijos šaltinius (Life Nexus, 2021). Projektu siekiama identifikuoti miestų teritorijų energetinį potencialą, slypintį vandentiekio ir nuotekų tinkluose (Punys, 2019). Vienas iš pagrindinių šio projekto tikslų – geografinės duomenų bazės sukūrimas su naujomis potencialiomis hidroenergijos gavybos vietomis ir esamomis hidroelektrinėmis. Projekte taip pat nagrinėjamas siurblio kaip turbinos panaudojimas, kuris yra svarbus technologinis sprendimas mikro hidrauliniams projektams ($\leq$ 100 kW). Išcentrinio siurblio kaip turbinos naudojimas yra pigi alternatyva mikrohidroturbinai. Išcentriniai siurbliai yra plačiai prieinami visuomenei, gaminami masiškai ir apima platų slėgio ir debito diapazoną. Paprasta konstrukcija, nebrangios eksploatavimo ir paleidimo išlaidos yra siurblio kaip turbinos (ST) pranašumai, palyginti su komercinėmis turbinomis, todėl jų naudojimas duoda ekonominę naudą. Nustatyta, kad ST pagaminto kilovato kaina yra 5–15 kartų mažesnė nei įprastų turbinų (Novara, 2019).

Apibendrinant literatūros apžvalgą galima teigti, kad vandentiekio ir šiluminiuose tinkluose potenciali tinklinės hidroelektrinės įrengimo vieta – slėgio mažinimo vožtuvų vietose, kur ji gali atlikti slėgio mažinimo

funkciją, paverčiant jį elektros energija. Lietuvoje didžiausias tinklinės hidroenergijos potencialas yra nuotekų tinkluose, kur nuotekų kolektoriai leidžiasi į gilius upių slėnius ir nuotekų išleistuvuose, kuriais išvalytos nuotekos iškleidžiamos į gamtinius vandens telkinius.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti hidroenergijos atgavimo galimybes, žemiau nuotekų valyklų, esančiose išvalytų nuotekų išleidimo į atvirus vandens telkinius linijose.

Tyrimų metodika

Lietuva – lygumų kraštas, o didieji jos miestai išsidėstę prie didžiųjų upių – Nemuno ir Nėries, todėl ieškant tinkamų vietų hidroelektrinėms įrengti buvo nustatyta, kad didžiausias hidroenergijos potencialas slypi nuotekų tinkluose, kur nuotekų kolektoriai leidžiasi į gilius upių slėnius. Kita hidroelektrinėms svarbi vieta – nuotekų valyklų, įrengtų ant aukšto upės kranto, išleistuvai, kuriais išvalyos nuotekos išliejamos į gamtinius vandens telkinius (Punys, 2022).

Pasinaudojant nuotekų tinklais galimi du hidroturbinos įrengimo varijantai: prieš nuotekų valyklą ir už jos. Pirmuoju atveju per turbiną teka nevalytų nuotekų srautas, kuris daro neigiamą įtaką turbinos darbui (agresyvios nuotekos ir jų sudėtyje esančios kietosios nešmenų dalelės abrazyviai veikia turbinos darbo ratą). Antrasis atvejis, kai turbina yra už nuotekų valyklos yra žymiai priimtinesnis, nes per turbiną teka išvalytos nuotekos, nesukeliančios turbinai anksčiau minėtų problemų.

Pagal turbinos padėtį nuotekų valyklos atžvilgiu potencialios vietos pasiskirstė taip: 16 vietų buvo prieš nuotekų valyklą ir 6 už nuotekų valyklos. Šiam tyrimui pasirinktos 6 už nuotekų valyklų esančios vietos Alytaus, Kauno, Vilniaus, Anykščių ir Pabradės nuotekų valyklų išleistuvų trąsose. Buvo išanalizuoti nagrinėjamų objektų inžineriniai brėžiniai, GIS duomenys, pritekančių į valyklas ir išleidžiamų išvalytų nuotekų debitai, jų dinamika.

Mikrohidroelektrinių skaičiavimams atlikti buvo naudojama Atsinaujinančios Energijos Projekto Analizės RETScreen Expert“ programinė įranga (RETScreen, 2004), kuria buvo nustatomi turbinos parametrai, instaliuotas galingumas, įrengimo kaina, hidroelektrinės atsipirkimo laikas, sugeneruotas pelnas per gyvavimo laikotarpį ir kt.

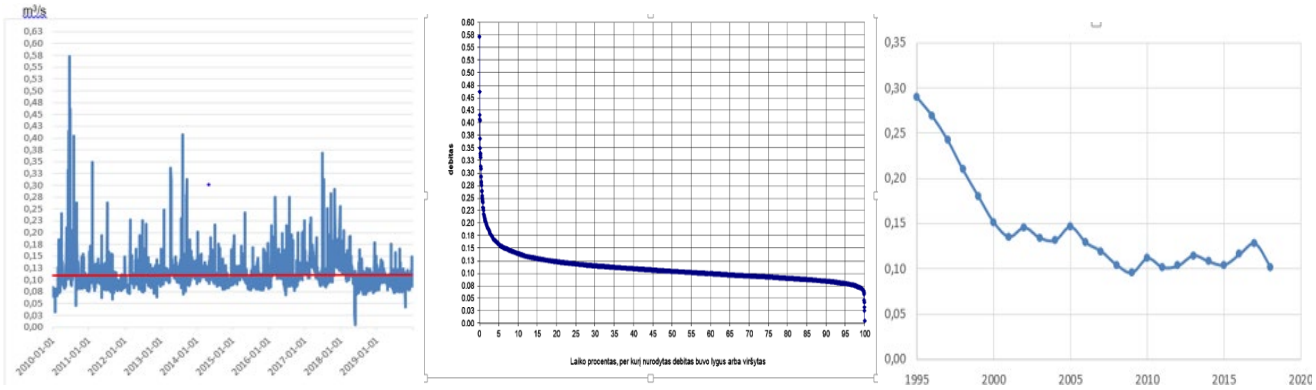
Rezultatai ir aptarimas

Vykdant Life NEXUS projektą šiuo metu Lietuvoje yra nustatytos 23 potencialios vietos mikrohidro-elektrinėms miestų komunalinėse vandens sistemose įrengti (Life Nexus, 2021). Iš minėtų 23 potencialių vietų 14 buvo prieš nuotekų valyklas, 6 vietos už nuotekų valyklų ir viena vieta vandentiekio tinkle (slėgį mažinančio vožtuvo vietoje). Nustatytų potencialių vietų lokacija pateikta 1 paveiksle.

1 pav. Esamų ir potencialių hidroelektrinėms įrengti vietų žemėlapis

Fig 1*. Map of existing and potential locations for hydropower plants*

Šiame tyrime buvo nagrinėtos energijos atgavimo galimybės Alytaus, Anykščių, Kauno ir Vilniaus miestų nuotekų valyklų išvalytų nuotekų išleistuvuose. Buvo gauti nuotekų srautų duomenys ir kiekvienam objektui buvo sudaryti ištekančių išvalytų nuotekų debitų grafikai (2 pav. a), nuotekų srauto trukmės (2 pav. b) ir vidutinių metinių srautų (2 pav. c) kreivės.



a) b) c)

2 pav. Alytaus nuotekų valyklos ištekančių nuotekų srauto charakteristikos: a – ištekančių nuotekų debitų grafikas, b – nuotekų srauto trukmės kreivė, c – vidutinio metinio debito kreivė

***Fig 2**. Characteristics of the effluent flow of the Alytus wastewater treatment plant: a – graph of the effluent flow rates; b – flow duration curve; c – average annual flow*

Įvertinus nuotekų valyklų išvalytų nuotekų srautų dinamiką, pasinaudojant RETScreen programa, buvo nustatytos hidroelektrinių pagrindinės charakteristikos, kurios pateiktos 1 lentelėje.

Iš 1 lentelės duomenų matyti, kad hidroenergijos gavimo galimybė nuotekų tinkluose, įrengiant išleistuvuose hidroturbinas, yra reali; jų atsipirkimas neviršija 14,1 metų.

1 lentelė. Hidroelektrinių, įrengiamų išvalytų nuotekų išleistuvuose, charakteristikos

***Table 1.** Characteristics of hydroelectric plants installed in treated wastewater outlets*

Objektai	Hidroturbinos tipas	Instaliuotas galingumas kw	Slėgio aukštis, m	Debitas m3/s	Skersmuo, mm	Atsipirkimo laikas
Alytus HE-1	ST	20,4	15,5	0,13	1000	10,9
Alytus HE-2	ST	12,9	10,0	0,13	1000	14,1
Anykščiai	ST	5,4	18,2	0,04	600	14,0
Kaunas (Pypliai)	Propelerinė	36,6	4,0	1,2	2000	6,4
Vilnius HE-1	Propelerinė	17,3	2,0	1,5	2000	7,9
Vilnius HE-2	Propelerinė	29,9	2,9	1,5	2000	6,9

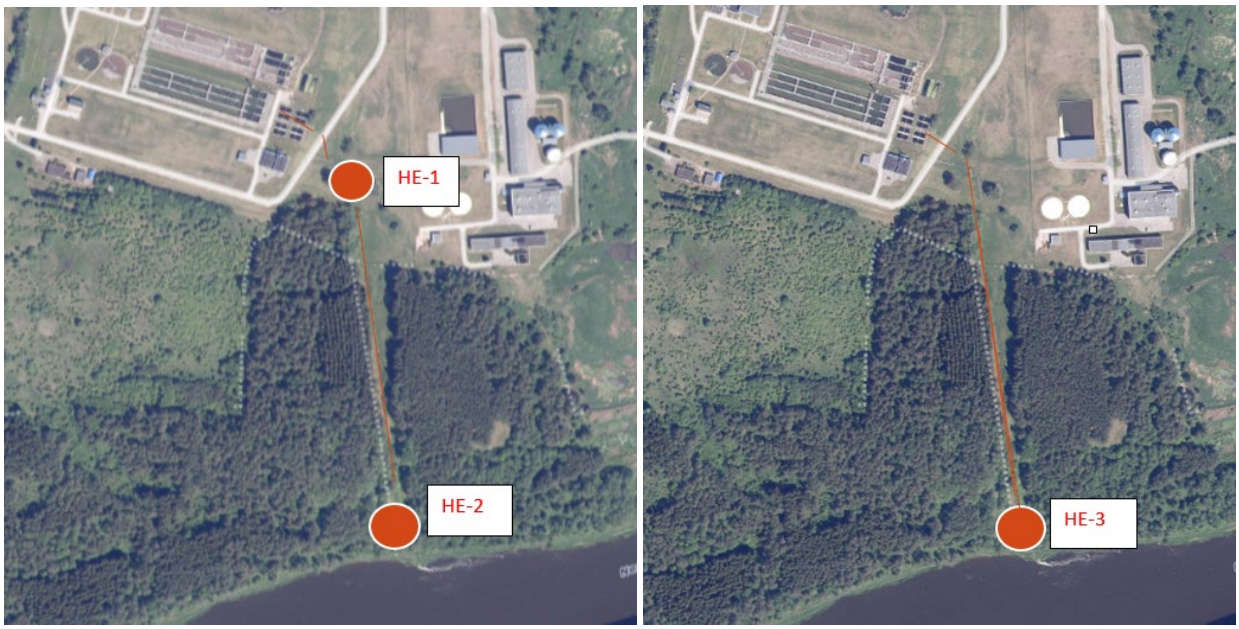
Vilniaus ir Alytaus nuotekų valyklų išleistuvų trąsų viduryje yra įrengtas debito apskaitos mazgas (Paršalio latakas), kuris dalija išleistuvo vamzdyną į dvi dalis. Dėl to čia numatytos dvi hidroelektrinių įrengimo vietos: pirmoji (HE-1) – prieš debito apskaitos mazgą, antroji (HE-2) – už mazgo, išleistuvo gale.

Alytaus valyklos objekte yra galimybė debito apskaitos mazgą perkelti į išleistuvo pradžią. Perkėlimo atveju reikėtų įrengti tik vieną hidroelektrinę (išleistuvo gale), o vamzdynas būtų vientisas ir jame susidarytų 25,5 m slėgis.

Nagrinėti du hidroturbinų įrengimo variantai:

A variantas. Debito apskaitos mazgas paliekamas išleistuvo vamzdyno viduryje. Įrengiamos dvi hidroturbinos (3 pav., A): viena prieš debito apskaitos mazgą (H=15,5 m), antroji – už debito apskaitos mazgo, išleistuvo gale (H = 10 m).

B variantas. Debito apskaitos mazgas perkeliamas į nuotekų išleistuvo vamzdyno pradžią, o išleistuvo gale įrengiama viena viena galingesnė (H=25,5 m) nei A atveju turbina (3 pav., B).



A) B)

3 pav. Hidroelektrinių vietos parinkimo Alytaus nuotekų valyklos išleistuve A ir B variantai

Fig 3. *Selection of hydroelectric site at the outlet of the Alytus sewage treatment plant (options A and B)*

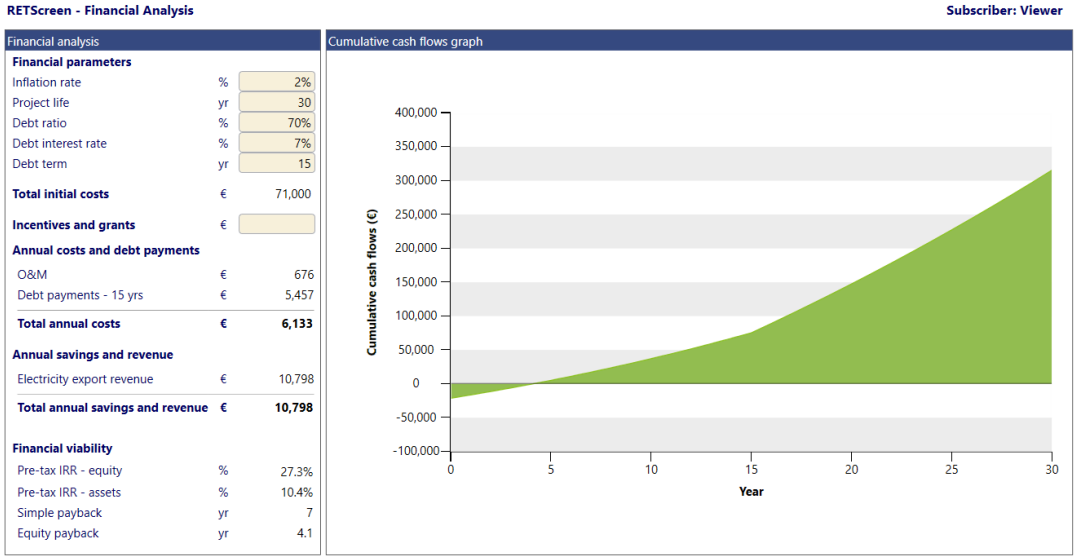
Alytaus objekto abiejų hidroelektrinių komponavimo variantų palyginamieji rodikliai, tokie kaip hidroelektrinės įrengimo kaina, vidutinis metinis išdirbis, atsipirkimo laikotarpis, sugeneruojamas pelnas apskaičiuoti RETScreen programa yra pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Alytaus hidrolektrinių A ir B variantų palyginamieji rodikliai

Table 2*. Comparative indicators of Alytus hydroelectric options A and B*

Variantai		Slėgio aukštis, m	Nuotekų debitas, m^3/s	Turbinos instaliuotas galingumas, kw	Vidutinis metinis išdirbis, Mwh	Įrengimo kaina, Eur	Atsipirkimo laikas, metais	Sugeneruojamas pelnas per gyvavimo laikotarpį (30m), Eur
A	HE-1	15.5	0,13	20,4	109	71 200	10,9	138 800
	HE-2	10,0		12,9	69,3	73 500	14,1	36 500
B	HE-3	25,5		33,6	180	92 800	4,1	287 200

Iš palyginamųjų rodiklių matyti, kad Alytaus nuotekų išleistuve labiau apsimoka įrengti vieną hidroelektrinę prie išleistuvo į Nemuno upę. Čia susidarantis 25,5 m slėgio aukštis ir 0,13 m^3/s. nuotekų debitas, leistų sugeneruoti 310 000 Eur pelną per 30 metų turbinos gyvavimo laikotarpį. Ši turbina, su 33,6 kW instaliuotu galingumu ir 180 MWh vidutiniu metiniu išdarbiu, atsipirktų per 4,1 metus. Atsipirkimo laiko grafikas pateiktas 4 paveiksle.



4 pav. HE-3 atsipirkimo laiko grafikas („RETScreen“)
Fig. 4. *HE-3 payback schedule (RETScreen)*

Išvados

1. Atliktas tyrimas parodė, kad hidroenergijos atgavimo galimybė nuotekų tinkluose, įrengiant išleistuvuose hidroturbinas, yra reali; jų atsipirkimo laikas svyruoja nuo 4,1 iki 14,1 metų.
2. Alytaus nuotėkų valyklos A ir B varijantų palyginimas parodė, kad, esant pasirinkimui komponuoti vieną ar dvi hidroturbinas, nuotekų išleistuve ekonomiškiau įrengti vieną turbiną, nes vienos hidroturbinos įrengimo kaina yra mažesnė, o instaliuotas galingumas ir vidutinis metinis išdirbis didesni.

Literatūra

1. Choulot, A., Denis, V., Punys. P.(2012). Integration of Small Hydro Turbines into Existing Water Infrastructures. Hydropower – Practice and Application. Rijeka. InTech, pp. 239–276.
2. Bousquet, C., Samora, I., Manso, P., Rossi, L., Heller, P., Schleiss, A.J. (2017). Assessment of hydropower potential in wastewater systems and application to Switzerland. Renewable Energy, 113, pp. 64–73.
3. Life Nexus. (2021). Prieiga per internetą: https://www.lifenexus.eu/en/home/ (žiūrėta 2023-03-01)
4. Hydro-BPT. Prieiga per internetą: https://www.dwr-uisce.eu/hydro-bpt/project-objectives (žiūrėta 2022-03-10).
5. Novara, D.; Carravetta, A., McNabola, A., Ramos, H. M. (2019). Cost Model for Pumps as Turbines in Run-of-River and In-Pipe Microhydropower Applications. J. Water Resour. Plan. Manag. 145, 04019012 .
6. Punys, P., Radzevičius, A., Fernández, R. M. L., González, V. I. S, Staller, J., Jagielska, J. 2019. Web-based atlas of micro-hydro inventory in urban water networks.
7. Punys, P., Jurevičius, L. (2022). Assessment of Hydropower Potential in Wastewater Systems and Application in a Lowland Country, Lithuania. Energies. 15(14):5173.
8. REDAWN. WP4 report on micro hydropower resource assessment in the Atlantic area. Interreg, 2021.
9. RETScreen software: Online user manual (2004), https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-and-publications/tools/modelling-tools/retscreen/7465 (žiūrėta 2023-02-09).
10. Vizbaras, A. (2018). Hidroenergijos panaudojimo raida ir perspektyvos, Kaunas.

Albertas Aukštakalnis, Algirdas Radzevičius

Possibilities of Hydropower Recovery in Sewage Networks

The article examines one of the latest renewable energy technologies – the use of hydropower generated by sewage flow to produce electricity in sewage networks. The sewage treatment plants of Alytus, Kaunas, Vilnius, Anykščiai and Pabradė were chosen as the object of the research, and in the lines of their wastewater discharge into open water bodies, due to sufficient pressure head and flow rate, there is a possibility of installing hydroturbines for the production of electricity. Electromechanical equipment has been selected for the examined objects, optimal hydroturbine composition schemes have been determined. For the

Alytus wastewater treatment plant, a comparative analysis of one and two hydroturbine composition options in the wastewater discharge line was performed.

Hydroelectric power plant, hydroturbine, wastewater treatment plant.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Albertas AUKŠTAKALNIS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros studentas. Adresas: Slėnio g. 11, Žvyrynų k., Balbieriškio sen., Prienų r. Tel. +370 678 09762, el. paštas: albertas.aukstakalnis@vdu.lt
Albertas AUKSTAKALNIS Vytautas Magnus University Agriculture Academy Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, student, researcher. Address: Slėnio str. 11, Žvyrynai, Prienai dist., Lithuania. +370 678 09762, e-mail: albertas.aukstakalnis@vdu.lt
Algirdas RADZEVIČIUS Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros profesorius. Adresas: Universiteto g. 10-329, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 752393, el. paštas: algirdas.radzevicius@vdu.lt
Algirdas RADZEVICIUS Vytautas Magnus University, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, prof.
Address: Universiteto str. 10-329 LT-53361 Akademija, Kauno dist. +370 37 752 393, e-mail: algirdas.radzevicius@vdu.lt

SLENKSTINĖS DAUGIAPAKOPĖS PRALAIDOS TECHNINĖS BŪKLĖS KITIMO ANALIZĖ

Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius, Audrius Rutkevičius

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje pateikiami slenkstinės daugiapakopės pralaidos gelžbetoninių konstrukcijų tyrimų atliktų 2014–2022 m. rezultatai. Įvertinus daugiapakopės slenkstinės pralaidos techninę būklę nustatyta, kad dėl besivystančių pažaidų defektyvumo balas padidėjo: įtekėjimo dalies nuo 7,0 (2014 m.) iki 8,0 (2022 m.); pratekėjimo dalies nuo 7,0 (2014 m.) iki 8,5 (2022 m.); ištekėjimo dalies nuo 7,5 (2014 m.) iki 9,0 (2022 m.).
Nustatyta, kad slenkstinės daugiapakopės pralaidos gelžbetoninių konstrukcijų būklė labai bloga (iki 9,0 balų), o konstrukcijų stiprio gniuždant rezultatai rodo, kad betonas nesiekia dabar reikalaujamos C30/37 betono klasės. Hidromazgui būtinas rekonstravimas.

Slenkstinė pralaida, pažaidos, techninės būklės kitimas.

Įvadas

Tiriant aplinkos poveikius, kurie turės įtakos hidrotechnikos statinio konstrukcijų ilgaamžiškumui, reikia įvertinti konstrukcijos medžiagas, joms keliamus reikalavimus. Dažniausiai hidrotechnikos statinių laikančiosioms konstrukcijos naudojamas hidrotechninis betonas. Hidrotechniniai betonai turi būti stiprūs, tankūs, nelaidūs vandeniui, atsparūs šalčiui, agresyviai aplinkai ir atitikti statybos techninio reglamento STR STR 2.05.18:2005 nuostatas. Eksploatuojamam hidrotechniniam betonui didelę įtaką turi aplinkos poveikiai: vanduo, oro temperatūros svyravimai. Vanduo turi didelį poveikį betonui. Vanduo palaipsniui gali išplauti iš hidrotechninio betono visas tirpias medžiagas, o dėl temperatūrų pokyčių hidrotechninis betonas gali supleišėti. Reikia pažymėti kad vandens, patenkančio į hidrotechninį betoną, pH rodiklis turi būti ne mažesnis už 4 (pH > 4), druskų kiekis iki 5000 mg/l ir sulfatų kiekis iki 2700 mg/l. Klimatinės sąlygos (temperatūra, drėgmė ir kt.) turi įtakos betono užpildymo vandeniu laipsniui (Skripkiūnas ir kt., 2006). Svarbiausi veiksniai, turintys įtakos betono irimo intensyvumui: cheminis poveikis (korozija) ir hidrotechninio betono mikrostruktūra (mikroporos, kapiliarinės ir oro poros, kurios turi įtakos betono atsparumui šalčiui).

Nuo statinio priežiūros labai priklauso jo ilgaamžiškumas. Netinkamai vykdant statinio techninę priežiūrą, blogėja būklė, mažėja patikimumas ir saugumas (Užpolevičius, 2006; Krajewski, 2006; Technical ..., 2020). Yra daug pavyzdžių, kai, tinkamai prižiūrint statinius, jų naudojimas ilgėdavo 2...3 kartus ir atvirkščiai – pavėluotai nustačius pažaidas, reikdavo daug lėšų joms taisyti.

Statinių pažaidos, jų priežastys, techninės būklės vertinimas, remonto ir rekonstravimo metodai aprašomi Lietuvos (Jokūbaitis, 2012; Venckevičius, 2000) ir užsienio (Almog et al., 2011) mokslininkų. Pasaulyje hidrotechnikos statinių priežiūrai, tyrimams, naujų remonto, rekonstrukcijos technologijų kūrimui skiriamas pakankamai didelis dėmesys ir finansinės investicijos. *Lietuvoje hidrotechnikos statinių* griūties atvejai (Krekenavos, Padvarių ir kt.) iliustruoja, kad sovietmečiu pastatytų statinių saugumo klausimams *skiriamas* nepakankamas *dėmesys – statiniai nėra savalaikiai remontuojami, pažaidos, susiformavusios dėl statybos metu paliktų defektų nėra užtaisomos, jos vystosi, mažina statinių laikomąją galią*.

Lietuvoje nėra daug įrengtų daugiapakopinių slenkstinių vandens pralaidų, todėl šio tipo statiniai plačiau ir detaliau nėra tyrinėti, o duomenų apie techninę būklę nepakanka. Pakankamai nemažai mokslinių tyrimų atlikta vertinant techninę būklę slenkstinių betoninių gravitacinių užtvankų (toliau – SBGU) (Šadzevičius et al., 2010; Šadzevičius, Sankauskienė, 2013). Tyrimų metu nustatyta, kad dažniausiai pasikartojanti pažaida yra – dėl agresyvių aplinkos veiksnių nuiręs betoninis armatūrą saugantis sluoksnis, to pasėkoje pasireiškia armatūros korozija. Užsienio SBGU būklės tyrimų rezultatai dažnai publikuojami organizacijos „The International Commission on Large Dams“ leidiniuose (The International…, 2020). Norvegijos SBGU būklės tyrimai apibendrinti literatūroje (Jensen, 2001). Remiantis šiais tyrimais nustatytos pagrindinės betoninių konstrukcijų pažaidos ir jų priežastys: armatūros korozija – 19 %; betono korozija – 18 %; šalčio pažeistos konstrukcijose – 50 %; betono erozija – 47 %; vandens filtracija – 21 %; betonavimo defektai – 43 %.

Šio *tyrimo tikslas* – įvertinti daugiapakopės slenkstinės vandens pralaidos techninės būklės kitimą pagal tyrimų metu užfiksuotas pažaidas.

Tyrimų metodika

Tyrimų objektas. Praktiniams tyrimams buvo pasirinkta daugiapakopė slenkstinė tašyto akmens mūro pralaida pastatyta 1881 m. nedidelio Marvelės upelio ir istorinio Kauno kelio (dabar Julijanavos g.) susikirtimo vietoje. Marvelės upelis teka Kauno rajone ir Kauno miesto pietinėje dalyje. Tai Nemuno kairysis intakas. Įteka į Nemuną 207,4 km nuo jo žiočių, tuoj už jo santakos su Nerimi. Pagrindiniai duomenys – Marvelės upelio ilgis – 8,3 km; baseino plotas – 21,1 km². Pralaida buvo įrengta Kauno tvirtovės statybos metu. Akmenų mūro pralaidos dugno plotis 4,3 m, ilgis 20,0 m.

Tyrimų metodika. Hidrotechnikos statinio – slenkstinės daugiapakopės pralaidos įtekėjimo, pratekėjimo ir ištekėjimo dalių techninė būklė vertinta defektyvumo balais vadovaujantis statybos techninio reglamento remiantis STR 1.03.07:2017 nuostatomis. Statinių konstrukcijų elementų būklė vertinama defektyvumo (rizikos) balais pagal dešimties balų sistemą: 0 balų – ideali būklė, 10 – avarinė elemento būklė. Pralaidos techninei būklei tirti naudoti tyrimo metodai – vizualinė apžiūra fiksuojant pažaidas ir gniuždomojo betono stiprio nustatymas neardančiuoju metodu. Natūrinių tyrimų eigoje nustatyti faktiški techninę būklę charakterizuojantys parametrai: elementų rodikliai bei medžiagų savybės; konstrukcijų irimo požymiai ir priežastys. Tyrimų metu nustatytos labiausiai pažeistos konstrukcijų vietos, pažaidų tipas, plotas bei gylis.

Betono stiprio gniuždant (gniuždymo stiprio) tyrimai atlikti neardančiuoju metodu pagal standartą LST EN 12504-2:2021. Tam tikslui naudotas tampraus atšokimo principu veikiantis kalibruotas prietaisas – Šmidto plaktukas (Schmidt Hammer), kuris prieš ir po bandymų buvo tikrinamas ant etaloninio priekalo. Betoninių konstrukcijų tyrimo vietos nurodytos 1 paveiksle.

1 pav. Betono stiprio tyrimų vietos daugiapakopio slenksčio atraminėse konstrukcijose

Fig. 1. *Locations of concrete strength tests in multi-level spillway retaining structures*

Betono apsauginio sluoksnio, kaip ir bet kurios kitos mineralinės kilmės statybinės medžiagos, makrostruktūra nėra vienalytė, todėl jos mechaninių savybių sklaida įvertinta variacijos koeficientu. Betono stiprio vertės nustatytos atlikus tyrimo metu gautų duomenų tikimybinį įvertinimą.

Remiantis standartų LST EN 13791:2019 bei LST EN 206:2013+A2:2021 nuostatomis pagal gautą stiprį gniuždant nustatytas charakteristinis f_{ck} stipris gniuždant.

Rezultatai ir aptarimas

Vertinant techninę būklę, pralaida buvo padalinta į 3 dalis: įtekėjimo, pratekėjimo ir ištekėjimo. Techninės būklės vertinimas atliktas 2014, 2017, 2020 ir 2022 metais.

Vertinant 2014 m. pralaidos įtekėjimo dalies techninę būklę nustatyta, kad betono paviršiuje yra įtrūkimai iki 40 mm – 2 vietose (dešinėje), 4 vietose (kairėje), formuojasi išplovų iš betono apnašos (žr. 2 pav.). Įtekėjimo dalies techninė būklė įvertinta 7,0 defektyvumo balu. 2022 m. nustatyta, kad 4 vietose per atraminę sieną filtruojasi vanduo, bet ištisinės čiurkšlės nėra. Techninės būklės defektyvumo balas – 8,0.

2 pav. Drėgmė filtruojasi per akmens mūro siūles (2017 m.) (nuotrauka kairėje) ir pralaidos išilginės ašies poslinkis nuo projektinės padėties (2020 m.) (nuotrauka dešinėje)

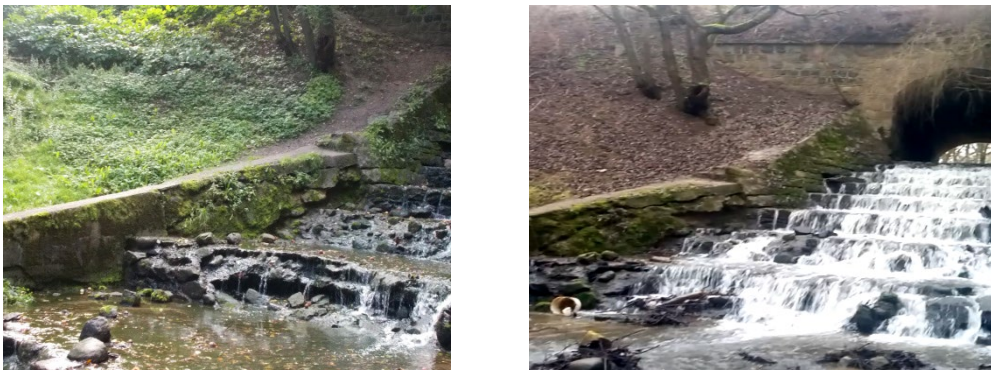
Fig. 2. *Moisture leaks through the seams of the stone masonry (2017) (photo in left side) and the displacement of the culvert longitudinal axis from design position (2020) (photo in right side)*

2014 m. pralaidos pratekėjimo dalies techninė būklė įvertinta 7,0 defektyvumo balu. Nustatytos tokios pažaidos: karbonizacija pralaidos skliaute ir sienose, skliaute akmens mūras vietomis ištrupėjęs (apie 10 %), drėgmė filtruojasi per siūles sienoje – 2 vietose (dešinėje), 4 vietose (kairėje), bet nėra ištisinės čiurkšlės. 2020 m. nustatyta, kad pralaidos dugnas vietomis (apie 20 %) išplautas, pažaidos iki 10–15 cm gylio, pralaidos dugno išilginės ašies poslinkis nuo centro (apie 15 cm), dalis slenksčio dugno (apie 40 %) užnešta purvu. 2022 m. nustatyta, kad arkos skliaute iškritę akmenys (apie 12 %). Techninė būklė įvertinta 8,5 defektyvumo balu.

2014 m. pralaidos ištekėjimo dalies techninė būklė įvertinta 7,5 defektyvumo balu. Nustatyta, kad atraminių sienų betono paviršius suiręs, plyšiai bei biokorozijos židiniai betone (apie 80 % paviršiaus kontaktuojančio su vandeniu) (žr. 3 ir 4 pav.). Vertinant techninę būklę 2020 m. nustatyta kad, tėkmės išlygintuvų elementai nustumti arba sulaužyti (apie 80 %), yra slenksčio nusėdimo žymių dėl grunto išplovimo. 2022 m. atraminėse sienose susiformavusios išgraužos dar pagilėjo (kairėje išgraužos gylis 2014 m. buvo 4,5 cm; 2017 m. – 5 cm, 2022 m. – 6 cm; dešinėje išgraužos gylis 2014 m. buvo 6 cm, 2017 m. – 8 cm, 2022 m. – 12 cm.) ir jų plotas padidėjo (kairėje atraminėje sienoje iki 1,2 m^2, dešinėje atraminėje sienoje iki 5,3 m^2). Pagal STR 1.03.07:2017 nuostatas, 2022 m. statinio techninės būklės balas – B_u=9,0.

3 pav. Ištekėjimo dalies kairės atraminės sienos pažaidos (2014 (nuotr. kairėje) ir 2020 m. (nuotrauka dešinėje))

Fig. 3. *The deteriorations of culvert left side retaining wall in the outlet part (years 2014 (photo in left side) and 2020 (photo in right side))*



4 pav. Ištekėjimo dalies dešinės atraminės sienos pažaidos (2014 (nuotr. kairėje) ir 2020 m. (nuotr. dešinėje))

Fig 4. *The deteriorations of culvert right side retaining wall in the outlet part (years 2014 (photo in left side) and 2020 (photo in right side))*

Konstrukcijų betono gniuždomojo stiprio tyrimų rezultatai. Slenkstinės daugiapakopės pralaidos betono konstrukcijų stiprio gniuždant rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Slenkstinės daugiapakopės pralaidos konstrukcijų stiprio gniuždant rezultatai

***Table 1**. Results of the compressive strength of multi-level spillway culvert structures*

Bandymo vietos atraminėje sienoje *Locations of concrete strength tests in retaining wall*	2014 metai *Year* 2014		2017 metai *Year* 2017		2020 metai *Year* 2020		2022 metai *Year* 2022	
	f_{ck}, MPa	ν, %	f_{ck}, MPa	ν, %	f_{ck}, MPa	ν, %	f_{ck}, MPa	ν, %
Kairė pusė *Left side*								
1	37,1	12,3	37,3	33,1	35,0	32,5	20,0	33,6
2	18,2	30,4	25,5	20,4	42,8	37,2	12,5	27,2
3	24,8	41,9	28,5	45,1	21,1	42,2	12,0	26,3
4	28,2	28,7	32,2	23,0	17,0	21,4	11,0	28,8
5	16,5	28,3	24,5	17,1	18,9	26,5	12,0	19,3
6	17,1	39,8	25,1	19,3	9,6	16,7	11,0	19,8
$f_{ck,vid}$ MPa	**25,8**		28,9		24,1		13,1	
Dešinė pusė *Right side*								
1	11,1	26,3	21,3	35,3	15,6	25,3	16,0	17,6
2	9,6	45,2	20,5	22,6	20,2	17,6	6,5	16,5
3	17,6	29,4	25,2	29,3	19,7	28,8	9,0	23,3
4	31,7	28,0	33,2	9,1	28,1	12,9	21,5	18,3
5	28,3	21,9	33,8	18,2	33,4	28,9	15,5	27,6
6	31,0	29,4	34,5	20,6	28,9	17,6	14,5	32,5
$f_{ck,vid}$ MPa	**22,3**		28,1		24,3		13,8	

Pastabos f_{ck} – charakteristinis betono gniuždomasis stipris, MPa. v – variacijos koeficientas, %.
Note f_{ck} – *characteristic compressive strength of concrete, MPa.* ν – *coefficient of variation*, %.

Pagal 1 lentelėje pateiktus tyrimų rezultatus nustatyta:

- 2014 metais kairėje pusėje 1 tyrimų vietoje didžiausias gniuždomojo betono stipris – 37,1 MPa. Mažiausias betono stipris nustatytas dešinėje pusėje 2 tyrimų vietoje, kuris yra 9,6 MPa. 2014 metais bendras kairės atraminės sienos stipris 25,8 MPa, dešinės sienos – 22,3 MPa;
- 2017 metais kairėje pusėje 1 tyrimų vietoje didžiausias gniuždomojo betono stipris – 37,0 MPa. Mažiausias betono stipris nustatytas dešinėje pusėje 2 tyrimų vietoje, kuris yra 20,5 MPa. 2017 metais bendras kairės atraminės sienos stipris 28,9 MPa, dešinės sienos – 28,1 MPa;
- 2020 metais kairėje pusėje 2 tyrimų vietoje didžiausias gniuždomojo betono stipris – 42,8 MPa. Mažiausias betono stipris nustatytas dešinėje pusėje 1 tyrimų vietoje, kuris yra 15,6 MPa. 2020 metais bendras kairės atraminės sienos stipris 24,1 MPa, dešinės sienos – 24,3 MPa;
- 2022 metais dešinėje pusėje 4 tyrimų vietoje didžiausias gniuždomojo betono stipris – 21,5 MPa. Mažiausias betono stipris nustatytas dešinėje pusėje 2 tyrimų vietoje, kuris yra 6,5 MPa. 2022 metais bendras kairės atraminės sienos stipris 13,1 MPa, dešinės sienos – 13,8 MPa.

Pagal statybos techninį reglamentą STR 2.05.18:2005 atraminių sienų konstrukcijos turi būti įrengiamos iš ne žemesnės kaip C30/37 betono klasės. 2022 metų konstrukcijų betono gniuždomojo stiprio tyrimų rezultatai rodo, kad betonas netenkina dabar galiojančių normatyvinių reikalavimų – yra mažesnis negu 26 (bandant cilindro formos bandinius) /31 MPa (bandant kubo formos bandinius).

Išvados

1. Vertinant slenkstinės pralaidos įtekėjimo dalies techninę būklę nustatyta, kad betono paviršiuje yra įtrūkimai iki 40 mm, formuojasi išplovų iš betono apnašos, 2 vietose (dešinėje), 4 vietose (kairėje) per atramines sienas filtruojasi vanduo, bet ištisinės čiurkšlės nėra. Įtekėjimo dalies techninės būklės defektyvumo balas pakito nuo 7,0 (2014 m.) iki 8,0 (2022 m.).

5. Įvertinus pralaidos pratekėjimo dalies techninę būklę, nustatytos pažaidos: vidaus arkos akmens mūras vietomis ištrupėjęs (nuo 10 % 2014 metais iki 12 % 2022 metais), drėgmė filtruojasi per akmens mūro siūles sienutėje, karbonizacija pralaidos skliaute ir sienose (2014 m.); nustatytas vandens tėkmės vagos išilginės ašies poslinkis nuo centro (apie 15 cm) dėl dugne išstumtų akmenų ir nevienodų nuosėdžių techninės būklės defektyvumo balas pakito nuo 7,0 (2014 m.) iki 8,5 (2022 m.).
6. Vertinant ištekėjimo dalies techninę būklę, nustatyta, kad atraminių sienų betono paviršius suiręs, plyšiai bei biokorozijos židiniai betone (apie 80 % paviršiaus kontaktuojančio su vandeniu) (2014 m.); daugiapakopio slenksčio dugnas vietomis (apie 20 %) išplautas, pažaidos iki 10–15 cm gylio, dalis slenksčio užnešta purvu (2017 m.); tėkmės išlygintuvų elementai nustumti arba sulaužyti (apie 80 %), yra slenksčio nusėdimo žymių dėl grunto išplovimo (2020 m.); atraminėse sienose susiformavusios išgraužos dar pagilėjo: (kairėje atraminėje sienoje nuo 4,5 cm (2014 m.) iki 6 cm (2022 m.) – 6 cm.; dešinėje atraminėje sienoje nuo 6,0 cm (2014 m.) iki 12 cm (2022 m.) ir jų plotas padidėjo (kairėje atraminėje sienoje iki 1,2 m^2, dešinėje atraminėje sienoje iki 5,3m^2). Ištekėjimo dalies techninės būklės defektyvumo balas pakito nuo 7,5 (2014 m.) iki 9,0 (2022 m.).
3. Slenkstinės daugiapakopės pralaidos konstrukcijų stiprio gniuždant rezultatai rodo, kad kairės pusės atraminės sienos stipris sumažėjo nuo 25,8 MPa (2014 m.) iki 13,1 MPa (2022 m.); dešinės pusės – nuo 22,3 MPa (2014 m.) iki 13,8 MPa (2022 m.).
4. Nustatyta, kad slenkstinės daugiapakopės pralaidos gelžbetoninių konstrukcijų būklė labai bloga (iki 9,0 balų), o konstrukcijų stiprio gniuždant 2022 m. rezultatai rodo, kad betono stipris gniuždant netenkina dabar galiojančių normatyvinių reikalavimų – yra mažesnis negu 26 (bandant cilindro formos bandinius) /31 MPa (bandant kubo formos bandinius). Hidromazgui būtinas rekonstravimas.
5. Siūloma akmens mūro tilto arkas sustiprinti gelžbetoniniais apvalkalais ar kitais būdais; ramtų konstrukcijų suirusį ir silpną betoną pašalinti, atstatyti skerspjūvius juos sustiprinant; paplautas patiltės konstrukcijas siūloma tvarkyti – pašalinant eroziją sukėlusias priežastis, pažeistą pagrindą sutvirtinant akmenimis, gabionais ar betoniniais elementais.

Literatūra

1. Almog, E., Kelham, P., King, R. (2011). Modes of dam failure and monitoring and measuring techniques. Bristol: Environment Agency.
2. Jensen, V. (2001). Survey about damage, repair and safety of Norwegian concrete dams. ICOLD European Symposium. Geiranger, Norway.
3. Jokūbaitis, V., Šaučiuvėnas, G. (2012). Statinių konstrukcijų techninės būklės vertinimas: mokomoji knyga. Vilnius: Technika.
4. Krajewski J. E. (2006). Bridge inspection and interferometry. USA, Worcester polytechnic institute.
5. Skripkiūnas, G., Černius, B., Navickas, A., Daukšys, M., Ridzvanavičius, R. (2006). Hidrotechninių statinių betono ir gelžbetonio konstrukcijų ilgaamžiškumas ir techninės būklės vertinimas: vadovėlis. Kaunas: Kauno technologijos universitetas.
6. Standartas. (2021). Betono bandymas konstrukcijose. 2 dalis. Neardomieji bandymai. Atšokimo rodiklio nustatymas (LST EN 12504-2:2021).
7. Standartas. (2019). Konstrukcijų ir surenkamųjų betoninių komponentų gniuždomojo stiprio vertinimas darbų vietoje (LST EN 13791:2019).
8. Standartas. (2013). Betonas. Specifikacija, eksploatacinės savybės, gamyba ir atitiktis (LST EN 206:2013+A2:2021).
9. Statybos techninis reglamentas. (2006). Betoninės ir gelžbetoninės užtvankos ir jų konstrukcijos (STR 2.05.18:2005). Prieiga per internetą: https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.271050?jfwid=rivwzvpvg
10. Statybos techninis reglamentas. (2017). Statinių techninės ir naudojimo priežiūros tvarka. Naujų nekilnojamojo turto kadastro objektų formavimo tvarka (STR 1.03.07:2017). Prieiga per internetą: https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/a7502172ce7911e6a476d5908abd2210
11. Šadzevičius, R.; Patašius, A.; Mikuckis, F. (2009). Hidromazgų vandens raminimo baseino gelžbetoninių ramtų plyšių klasifikacija pagal pavojingumą konstrukcijai. Water Management Engineering, 2009, 35(55): 110–116.
12. Šadzevičius, R., Sankauskienė, T., Mikuckis, F. (2010). Durability of Concrete Covering Layer of Spillways. Proceedings of 15th international conference Mechanika. Kaunas: Technologija, 409–414.

13. Šadzevičius, R., Sankauskienė, T. (2013). Kėdainių rajono ir Marijampolės savivaldybių slenkstinių betoninių gravitacinių užtvankų techninės būklės kaita. Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai, Nr. 42(62): 49–54.
14. Technical Reports (2020). CEN/TR 17086:2020. Further guidance on the application of EN 13791:2019 and background to the provisions.
15. The International Commission on Large Dams (ICOLD). (2020). Dams' safety is at the very origin of the foundation of ICOLD. Prieiga per internetą: http://www.icold-cigb.org/GB/Dams/dams_safety.asp (accessed on 3 September 2020).
16. Užpolevičius, B. (2006). Statinių tyrinėjimas, bandymas ir vertinimas: mokomoji knyga. Vilnius: Technika.
17. Venckevičius, V., Žilinskas, R. (2000). Statinių rekonstrukcija ir remontas: vadovėlis. Kaunas: Technologija.

Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius, Audrius Rutkevičius

The Analysis of Changes in Multi-Stage Culvert Technical State

The article presents the results of the research of reinforced concrete structures of the multilevel spillway culvert investigated in 2016–2022. When assessing the technical state of the spillway culvert, it was found that due to the developing deteriorations, the defectiveness score changed: inflow part from 7.0 (2018) to 8.0 (2022); flow-through part from 7.0 (2018) to 8.5 (2022); outlet part from 7.5 (2018) to 9.0 (2022).

It was found that the technical state of the reinforced concrete structures of the multilevel spillway culvert is very bad (up to 9.0 points), and the results of the compressive strength of the structures show that the concrete does not reach the currently required C30/37 concrete class. Hydroscheme needs reconstruction.

Multilevel spillway culvert, deteriorations, change in technical state.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Raimondas ŠADZEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros docentas. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kauno r., Tel. +370 752 286, el. paštas: raimondas.sadzevicius@vdu.lt
Raimondas ŠADZEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, assoc. prof. Address: Universiteto str. 10, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 37 752 286, e-mail: raimondas.sadzevicius@vdu.lt
Dainius RAMUKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros lektorius. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 752 286, el. paštas: dainius.ramukevicius@vdu.lt
Dainius RAMUKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, lecture. Address: Universiteto str. 10, LT-53362, Akademija, Kaunas dist. +370 37 752 286, e-mail: dainius.ramukevicius@vdu.lt
Audrius RUTKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros magistrantas Adresas: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 752 286, el. paštas: a.rutkevicius@gmail.com
Audrius RUTKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, master student. Address: Universiteto str. 10, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 37 752 286, e-mail: a.rutkevicius@gmail.com

APLINKA IR SVEIKATA

ENVIRONMENT AND HEALTH

LIETUVOS UNIVERSITETO BOTANIKOS SODO ĮKŪRIMO IŠTAKOS IR MOKSLINĖ, STUDIJŲ BEI PRAKTINĖ VEIKLA, MININT 100-ĄSIAS METINES

Ona Ragažinskienė, Nerijus Jurkonis

Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodas

Lietuvoje 1832 m., uždarius Vilniaus universitetą su jame sukurtu botanikos sodu, devyniasdešimt metų gamtos mokslų tyrimai nebuvo vykdomi mokslinėse institucijose, nes truko mokslininkų ir specialistų. 1918 m., atkūrus Lietuvos Valstybę, tuometinė Lietuvos Respublikos Vyriausybė ir Lietuvos universiteto vadovybė įvertino Botanikos sodo reikšmę. Lietuvos universiteto Botanikos sodo įkūrimui buvo išskirtos lėšos, paskirtas 74 ha plotas ir parinkta vieta Vidurio Lietuvoje, Kaune, Fredoje.

Nuo 1922 m. iki 1940 m. prof. dr. Konstantinas Regelis buvo Lietuvos universiteto Botanikos sodo įsteigėjas ir direktorius. Šis mokslininkas kūrė botanikos sodą kaip gamtos mokslo ir studijų bazę su augalų kolekcijomis ir laboratorijomis bei vystė kompleksinį bendradarbiavimą nacionaliniu ir tarptautiniu mastu. Minint Lietuvos universiteto Botanikos sodo 100-ąsias metines, atlikta jo įkūrimo ištakų retrospektyvinė analizė įrodė mokslinės, studijų, praktinės ir visuomenės švietimo veiklos kaitos ir reikšmės priklausomybę nuo istorinių aplinkybių, ekonominės ir politinės krašto padėties bei šių įvykių kaitos.

Lietuvos universiteto Botanikos sodas, veikla.

Įvadas

Minint Lietuvos universiteto Botanikos sodo 100-ąsias metines, atlikta botanikos sodo kūrimo ištakų mokslinės, studijų ir praktinės veiklos retrospektyvinė analizė. Botanikos mokslo vystymasis Lietuvoje priklauso nuo istorinių aplinkybių, ekonominės ir politinės krašto padėties bei šių įvykių kaitos.

1831 m., uždarius Vilniaus universitetą su jame sukurtu botanikos sodu, sužlugo gamtos mokslai Lietuvoje. 1918 m. vasario 16 d., atkūrus Lietuvos Valstybę, suaktyvėjo gamtos mokslų vystymasis, kuriant įvairius mokslo centrus, tame tarpe – Gamtos tyrimo stotį (GTS), Aukštuosius kursus (AK), Lietuvos universitetą (LU), kuris nuo 1930 m. pavadintas Vytauto Didžiojo universitetu (VDU) (Klimavičiūtė, 2002). Nepriklausomos Lietuvos Vyriausybė ir Lietuvos universiteto vadovybė įvertino Botanikos sodo reikšmę (Regelis, 1932).

Šiuo metu pasaulyje yra 2700 veikiančių botanikos sodų ir arboretumų 180 šalių, kuriuose eksponuojama augalų įvairovė. Botanikos sodai yra 12 tipų: „Klasikiniai“ daugiafunkciniai, dekoratyvinių augalų, istoriniai, apsauginiai, universitetiniai, mišrūs – botanikos ir zoologijos, agro kultūrų, alpinių ir kalnų augalų, Natūralios augalijos, Sodininkystės, Teminiai (orchidėjų, rožių, rododendrų, bambukų, sukulentų) ir bendruomenės (Wyse Jackson et al., 2013).

Lietuvoje yra keturi botanikos sodai universitetinio tipo: Vilniaus universiteto botanikos sodas įkurtas 1781 m., Lietuvos universiteto (dabar VDU Botanikos sodas) – 1923 m., Šiaulių universiteto botanikos sodas – 1958 m. ir Klaipėdos universiteto botanikos sodas – 1993 m. Juose vykdoma universitetinė mokslinė, studijų, gamtosauginė, praktinė ir visuomeninė švietėjiška veikla.

Tyrimo objektas – Lietuvos universiteto Botanikos sodo įkūrimo ištakos bei mokslinė, studijų ir praktinė 1918–1940 m. veikla.

Šio *darbo tikslas* – atlikti Lietuvos universiteto Botanikos sodo įkūrimo ištakų, mokslinės, praktinės ir studijų veiklos retrospektyvinę analizę 1918–1940 m..

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti teorinės palyginamosios duomenų statistinės analizės metodu.

Rezultatai ir aptarimas

Minint Lietuvos universiteto (nuo 1930 m. Vytauto Didžiojo universitetas) (VDU) Botanikos sodo 100-ąsias metines, pateikiama botanikos sodo įkūrimo ištakų bei mokslinės, praktinės ir studijų veiklos retrospektyvinė analizė.

Lietuvos universiteto Botanikos sodo įkūrimo ištakos. Lietuvoje 1832 m., uždarius Vilniaus universitetą su jame sukurtu botanikos sodu, devyniasdešimt metų gamtos mokslų tyrimai nebuvo vykdomi mokslinėse institucijose, nes truko mokslininkų ir specialistų. 1918 m. vasario 16 d., atkūrus Lietuvos Valstybę, suaktyvėjo

gamtos mokslų vystymasis, kuriant įvairius mokslo centrus: Gamtos tyrimo stotį (GTS), Aukštuosius kursus (AK), Lietuvos universitetą (LU), kuris nuo 1930 m. pavadintas Vytauto Didžiojo universitetu (VDU) (Regelis, 1925).

Lietuvos universiteto Matematikos-Gamtos fakulteto Botanikos katedros mokslinė ir studijų veikla. Lietuvos universiteto Matematikos-Gamtos fakulteto Botanikos katedra įkurta 1922 m., kurios vedėju ir ordinariniu profesoriumi konkurso būdu buvo išrinktas prof. dr. Konstantinas Regelis, o antrasis katedros vyresniojo mokslo darbuotojo etatas paskirtas prof. dr. Liudui Vailioniui. Per visą veiklos laikotarpį katedroje dirbo iš viso 16 darbuotojų, kurių tarpe buvo: jaunesnysis personalas (VDU studentai bei absolventai), vyresnysis mokslo personalas (apgynę daktaro disertacijas ir habilitacinius darbus) ir mokslininkai, baigę kitas aukštąsias mokslo institucija (Klimavičiūtė, 2002).

Botanikos katedroje buvo išskirti du kabinetai: Augalų sistematikos (1922–1940 m. – vadovas prof. dr. Konstantinas Regelis), Augalų anatomijos ir fiziologijos (1922–1939 m. – vadovas docentas, vėliau ekstraordinarinis prof. dr. Liudas Vailionis; 1939–1940 m. – doc. dr. Jonas Dagys) (VDU. darbai, 1931–1932). Mokslinei ir studijų veiklai skiriamų patalpų klausimas buvo išspręstas 1924 m. Augalų sistematikos kabinetą perkėlus į Lietuvos universiteto Botanikos sodą, Aukštojoje Fredoje. Kasmet valstybė skyrė dalį lėšų šios materialinės bazės išlaikymui Per pirmąjį veiklos dešimtmetį buvo atliktas svarbus mokslininkų darbas, kuriant Augalų sistematikos kabineto infrastruktūrą: susiformuotas herbariumas ir pradėta komplektuoti mokslinė biblioteka (Regelis, 1925; 1932).

Prieškarinėje Lietuvoje prof. K. Regelis tyrinėjo Lietuvos augaliją ir florą. Be to, jis organizavo botanikos seminarus ir mokomuosiuose kursuose dėstė botaniką ir fitopaleontologiją.

Tuo laikotarpiu Botanikos katedros mokslininkai kūrė mokslinę studijų literatūrą ir išleido pirmuosius lietuviškus botanikos vadovėlius aukštosioms mokykloms (1 pav.) K. Regelis: *Vadovėlis augalams rinkti ir kolekcijoms iš botanikos daryti* (1925); *Augalų sistematikos vadovėlis* (1934); *Augalų sistematika* (I d. – 1935; II d. – 1941). J. Dagys, J. Kuprevičius, A. Minkevičius: *Vadovas Lietuvos augalams pažinti* (1934); K. Grybauskas: Gniužuliniai ir archegoniniai augalai (1937); Autorių kolektyvas: Lietuviškas botanikos žodynas (1938); K. Grybauskas, J. Movšovičius): Lietuvos vaistinių augalų sąrašas (1941).

1 pav. Lietuvos universiteto Matematikos-Gamtos fakulteto Botanikos katedros mokslininkų sukurta mokslinė ir studijų literatūra 1934–1948 m.

Fig. 1. *Scientific and study literature created by the scientists of the Botany Department of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences of the University of Lithuania in 1934–1948*

Prof. dr. Konstantinas Regelis kūrė vadovėlius mokykloms (Regelis, 1936) ir rengė aukščiausio lygio mokslininkus: konsultavo ir vadovavo žymiausių Lietuvos botanikų Abraomo Kisino, Petro Snarskio, Kazimiero. Grybausko, Marijos Natkevičaitės, Kazio Brundzos disertaciniams darbams (Klimavičiūtė, 2002). Tuo laikotarpiu apgintos 4 daktaro disertacijas: VDU Matematikos ir gamtos fakultete – A. Kisinas (1934) ir P. Snarskis (1940), užsienyje – A. Minkevičius (Ciūriche, 1932) ir J. Dagys (Grace, 1935). Pastarieji du

botanikai Vytauto Didžiojo universiteto Matematikos-Gamtos fakultetas 1938 m. apgynė habilitacinius darbus ir įgijo *venia legendi* – teisę dėstyti aukštojoje mokykloje ().

Šie mokslininkai vykdė kompleksinį tarpdisciplininį bendradarbiavimą su užsienio šalių (Vokietijos, Šveicarijos, Austrijos, Švedijos, Danijos, Estijos, Latvijos, Belgijos) įvairiomis institucijomis suaktyvino ir patobulino Botanikos katedros mokslinę, studijų ir praktinę veiklą.

Vykdant mokslinės veiklos plėtrą, buvo organizuojamos botanikos studijos ir eksperimentiniai darbai: Lietuvos floros ir augalijos tyrimai, augalų sistematiką plėtra, fitocenologijos, fitogeografijos ir taikomosios botanikos mokslo atskirų šakų vystymas, eksperimentinių bei mokslinių darbų duomenų taikymas praktikai.

Lietuvos universiteto Botanikos sodo (1923–1940) įkūrimo ir vykdomos mokslinės, praktinės veiklos reikšmė. Nepriklausomos Lietuvos Vyriausybė ir Lietuvos universiteto vadovybė įvertino Botanikos sodo reikšmę. Lietuvos universiteto Botanikos sodo įkūrimui buvo parinkta vieta - Vidurio Lietuvoje, Kaune, buvusio Fredos dvaro parko kraštovaizdžio su tvenkiniais, Kauno tvirtovės gynybiniais įrengimais teritorijoje ir paskirtas 74 ha plotas. 1923 m. vasario 15 d. buvo oficialiai paskirta šį teritorija, o liepos 8 d. įvyko iškilmingas Lietuvos universiteto Botanikos sodo atidarymas.

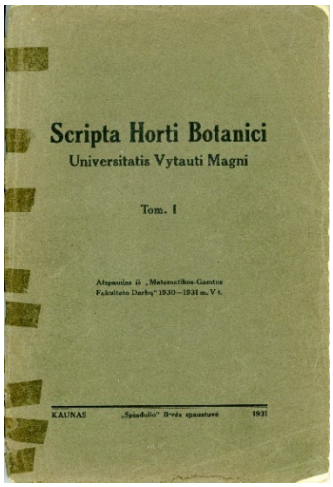
Botanikos sodas buvo kuriamas labai sparčiai ir kvalifikuotai su Berlyno-Dahlem, Karaliaučiaus ir St. Peterburgo botanikos sodų pagalba. Tam didelės reikšmės turėjo prof. Konstantino Regelio ryšiai su kitų universitetų botanikos sodais ir šeimos tradicijos: jo senelis Eduardas Regelis kurį laiką buvo seniausio Rusijoje St. Peterburgo botanikos sodo vedėju, o dėdė Arnoldas Regelis – žymus parkų architektas.

Prof. dr. Konstantinas Regelis savo veiklą pradėjo, kurdamas Lietuvos universiteto Botanikos sodo infrastruktūrą: sudarė perspektyvinį botanikos sodo vystymo planą ir šios institucijos metinę sąmatą, vykdė specialistų paiešką ir atranką; organizavo materialinę, techninę ir praktinę bazę mokslinei, studijų ir praktinei veiklai. Botanikos sodo teritorijos išplanavimą atliko sodų architektas K. Rauc iš Hanoverio, o šiltnamių statybos projektus paruošė Vokietijos firma. Be to, buvo vykdomi Botanikos sodo teritorijos tvarkymo darbai: senų takų atnaujinimas ir naujų kūrimas, augalų kolekcijų įrengimas ir selekcinės bei sodinamosios medžiagos įsigijimas (Regelis, 1925).

Nuo 1923 m. kasmet parengiami įvairių augalų katalogai, skirti mainams su Europos, Azijos, Australijos, Amerikos ir kitų žemynų botanikos sodais, iš kurių buvo gaunami augalų kolekciniai pavyzdžiai bei sėklos (2 pav.).

2 pav. Pirmasis augalų sėklų mainų katalogas, 1923 m.

Fig. 2. *The first plant seed exchange catalog, 1923*



3 pav. Pirmasis mokslinių straipsnių rinkinys „Scripta Horti Botanici Universitatis Vytauti Magni“, 1931 m.

Fig. 3. *The first set of scientific articles "Scripta Horti Botanici Universitatis Vytauti Magni", 1931*

1924 m. tęsiama Botanikos sodo kūrimo veikla ir išleistas pirmasis sėklų mainų katalogas.

1924 m. prof. Konstantinas Regelis įpareigojo Kazimierą Grybauską sukurti Vaistinių augalų skyrių ir tuo pagrindu suaktyvėjo vaistinių augalų introdukcijos ir aklimatizacijos moksliniai tyrimai bei leidyba. K. Grybauskas publikavo knygas: *Vaistingieji Lietuvos laukų augalai ir jų pritaikymas* (1927), *Vaistingieji Lietuvos augalai* (1935), *Kultūriniai apyniai ir jų auginimas* (1936) bei *Praktines rekomendacijas atskirų vaistinių augalų: botaninės savybės, jų dauginimo, auginimo ir racionalaus vartojimo būdai* (Ragažinskienė, Mekas, 2002)

1925 m. Prof. Konstantinas Regelis pakvietė Antaną Minkevičių fitopatologijos darbų vykdymui (Minkevičius, 1936).

1925–1935 m. viešo konkurso būdu mokytojo sodininko pareigose buvo priimtas į darbą Karolis Vilhelmas Meisneris (Karl Wilhelm Meißner). Jis buvo kvalifikuotas darbuotojas ir vykdė praktinius – ūkinius darbus, įrengė sėklų mainų kabinetą, organizavo augalų sėklų mainų darbą su įvairių šalių botanikos sodais ir institucijomis (Meissneris, 1936).

1936–1941 m. botanikas Jurgis Kuprevičius buvo Vytauto Didžiojo universiteto botanikos sodo inspektorius.

1936 m. VDU Botanikos sodo įvairių augalų kolekcijose buvo introdukuota daugiau kaip 7 000 rūšių augalų; 35 ha plote buvo sukurtos augalų kolekcijos atvirame grunte, o egzotiniai introdukuojami augalai – įrengtuose šiltnamiuose (Minkevičius, 1936).

1931 m. Vytauto Didžiojo universiteto Matematikos-Gamtos fakultetas, kuriam priklausė Botanikos sodas išleido pirmąjį mokslinių straipsnių rinkinį – Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo raštai = *Scripta Horti Botanici Universitatis Vytauti Magni* (3 pav.), kurių iki 1940 m. buvo publikuoti 6 tomai (Budriūnas, 2012).

1923–1940 m. Vytauto Didžiojo universiteto Matematikos-Gamtos fakulteto Botanikos sodas su kuriamo Gamtos muziejaus Botanikos muziejumi buvo studijų ir mokslinio darbo objektas bei visuomenės švietimo priemonė. Čia vykdyta augalų introdukcijos ir aklimatizacijos, eksperimentiniai augalų sistematikos ir fitopatologijos tyrimai bei augalų fenologijos stebėjimai ir leidybinis darbas.

Išvada

Minint Lietuvos universiteto Botanikos sodo 100-ąsias metines, atlikta šios institucijos įkūrimo ištakų retrospektyvinė analizė įrodė mokslinės, studijų, praktinės ir švietimo veiklos kaitos ir reikšmės priklausomybę nuo istorinių aplinkybių, ekonominės ir politinės krašto padėties bei šių įvykių kaitos.

Literatūra

1. Budriūnas, R. (vyr red.). (2012). Vytauto Didžiojo universiteto botanikos sodo raštai = Scripta horti botanici universitatis Vytauti Magni. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla. T. 16, 5–8.
2. Dagys, J., Kuprevičius, J., Minkevičius, A. (1934) Vadovas Lietuvos augalams pažinti. Kaunas: VDU Matematikos-Gamtos fakultetas.
3. Grybauskas, K. (1937). Gniužuliniai ir archegoniniai augalai: augalų sistematikos pratybos darbams vadovėlis. Kaunas: Matematikos-gamtos fakultetas.
4. Grybauskas, K., Movšovičius, J. (1941). Lietuvoje savaime augančių bei auginamų ir liaudies vartojamų vaistinių augalų sąrašas. Kaunas: VDU Medicinos fakultetas.
5. Klimavičiūtė J. (2002). Botanikos mokslo raida Lietuvoje 1919–1943.Vilnius: Botanikos instituto leidykla.
6. Lietuviškas botanikos žodynas. (1938). D. 1: Augalų vardynas, botaniškoji farmakognozinė nomenklatūra ir augalų sistema / sudarė Botanikos žodyno komisija, vadovaujama L. Vailionio; redagavo J. Dagys. Kaunas: Varpas.
7. Meissneris, K. (1936). Vadovas Vytauto Didžiojo universiteto botanikos sodui: trumpas vadovėlis lankantiems Botanikos sodo šiltnamius. D. 1. Kaunas: VDU Botanikos sodas.
8. Minkevičius, A. (1936). V. D. Universiteto Botanikos sodo planas su trumpais paaiškinimais. Kaunas: Raidė.
9. Ragažinskienė, O., Mekas, T. (2012). Farmakognozijos ištakos Lietuvoje. Profesorius Kazimieras Grybauskas – vaistininkas, mokslininkas, pedagogas. Medicinos teorija ir praktika. 18 (2), 133–136.
10. Regelis, K. (1925). 1923 m. Lietuvos Universiteto Botanikos Sodnas, Kabinetas ir Muzejus. Matematikos - Gamtos fakulteto darbai. T. 2, 1923, 133-140.
11. Regelis, K. (1936) Botanikos sodas. VDU žinios. Nr. 2, 54–56.
12. Regelis K. (1925). Vadovėlis augalams rinkti ir kolekcijoms iš botanikos daryti. Lietuvos universiteto Botanikos sodas. Kaunas: Valstybės spaustuvė.
13. Regelis K. (1934). Augalų sistematikos vadovėlis. Kaunas: Spaudos fondas.
14. Regelis K. (1936). Augalų sistematika: botanikos vadovėlis pradžios mokyklų V skyriui ir aukštesn. mokyklų pirmosioms klasėms. [2-a laida]. Kaunas: Spaudos fondas.
15. Regelis, K. Augalų sistematika. K., 1935. D. 1; 1941. D. 2; VUB. F. 96. B. 5. P. 436–437.

16. Regelis K. (1932). Vytauto Didžiojo Universiteto Botanikos Sodas, muzėjus ir kabinetas 1931 m. Matematikos-Gamtos fakulteto darbai. T. 7, sąs. 1, 1931–1932, 231–241.
17. 1924 m. sąrašas sėklų Lietuvos Universiteto Botanikos Sodno. Index seminum Horti Botanici Universitatis Lithuaniae. (1923). Kaunas.
18. VDU Matematikos-Gamtos fakulteto darbai. (1931–1932). T. VII, 1 sąs., 231–239.
19. Wyse Jackson, P. & Sutherland L.A. (2013) Role of Botanic Gardens. In: Levin S.A. (Ed.) Encyclopedia of Biodiversity, second edition. Waltham, MA: Academic Press, 6, 504–521.

Ona Ragažinskienė, Nerijus Jurkonis

The Origins of the Establishment of the Botanical Garden of the University of Lithuania, Scientific, Study and Practical Activities: dedicated to the 100th Anniversary of the Botanical Garden of the University of Lithuania

In Lithuania, in 1832, after the closure of the Vilnius University with the botanical garden created there, natural science research was not carried out in scientific institutions for ninety years, due to the lack of scientists and specialists. In 1918, after the restoration of the State of Lithuania, the then Government of the Republic of Lithuania and the leadership of the University of Lithuania assessed the significance of the Botanical Garden.

The Botanical Garden of the University of Lithuania was established in Central Lithuania, in Kaunas, Freda.

Since 1922 until 1940 prof. Dr. Konstantinas Regelis was the founder and director of the Botanical Garden of the University of Lithuania. This scientist created a botanical garden as a natural science and study base with plant collections and laboratories and developed complex cooperation on a national and international scale. The retrospective analysis of the origins of the establishment of the Botanical Garden of the University of Lithuania proved the dependence of the change and meaning of scientific, study, practical and public education activities on historical circumstances, the economic and political situation of the region and the change of these events.

Botanical Garden of the University of Lithuania, activities.

Gauta 2023 m. balandžio mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Ona RAGAŽINSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo vyresnioji mokslo darbuotoja, dr. habil. prof. Adresas: Vilties g. 6A, LT-46324, Kaunas. Tel. (+370 37) 295287, el. paštas: ona.ragazinskiene@vdu.lt
Ona RAGAŽINSKIENĖ. Vytautas Magnus University Botanical Garden, Senior Research, Dr. Habil. Prof. Address: Vilties g. 6A, LT-46324, Kaunas. +370 37 295287, e-mail: ona.ragazinskiene@vdu.lt
Nerijus JURKONIS. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo direktorius, dr. Adresas: Z .E. Zilibero g. 6, LT-46324 Kaunas. Tel. +370 37 291604, el. paštas: nerijus.jurkonis@vdu.lt
Nerijus JURKONIS. Vytautas Magnus University Botanical Garden, Director, Dr. Address: Z. E. Zilibero g. 6, LT-46324 Kaunas. +370 37 291604, e-mail: nerijus.jurkonis@vdu.lt

VDU BOTANIKOS SODO VAISTINIŲ IR PRRIESKONINIŲ AUGALŲ MOKSLO SEKTORIAUS VEIKLA, MININT VDU BOTANIKOS SODO 100-METĮ

Ona Ragažinskienė, Erika Šeinauskienė

Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodas

Pateikiama 1923─2023 m. mokslinės veiklos plėtra, tiriant vaistinių augalų rūšių įvairovę ir kuriant jų kolekcijas Vytauto Didžiojo universiteto botanikos sodo Vaistinių ir prieskoninių augalų mokslo sektoriuje. Išskiriami šios mokslinių tyrimų ir studijų veiklos keturi laikotarpiai: pirmasis ─ 1923─1949 m., antrasis ─ 1949─1984 m., trečiasis ─ 1984─1999 m., ketvirtasis – 1999–2023 m. Pristatomos atskirų laikotarpių tyrimo problemos, temos ir apibendrinti kompleksinių, tarpdisciplininių mokslinių tyrimų duomenys, kurie atsispindi monografijose, publikacijose, leidiniuose ir disertacijose. Mokslinės, projektinės ir studijų veiklos sudedamoji dalis ir tyrimo objektas – vaistinių augalų mokslinėse kolekcijose introdukuojami vaistiniai, prieskoniniai augalai.

VDU Botanikos sodas, vaistiniai augalai, tyrimai.

Įvadas

Pasaulio sveikatos organizacijos 2014–2023 m. strategijoje vaistiniai augalai ir jų produktai priskirti mokslinei medicinai (WHO Traditional medicine strategy 2014–2023). Šiuolaikinės medicinos progresas skatina augalinių vaistinių preparatų vartojimo didėjimą pasaulyje. Jų rinka sudaro 60 milijardų JAV dolerių ir prognozuojamas 5–15 proc. kasmetinis jos augimas (Kartal**,** 2007). PSO duomenimis, 35–70 tūkst. augalų rūšių naudojamos medicinoje: tai sudaro 14–28 proc. visų augalų rūšių skaičiaus, arba 35–70 proc. visų naudojamųjų augalų pasaulyje. Europos farmacijos pramonėje vartojama 900–1200 induočių augalų rūšių. Sprendžiant augalų rūšių įvairovės gausinimo ir nacionalinių genetinių išteklių apsaugos bei vaistažolininkystės plėtros problemą, vykdoma vaistinių, prieskoninių (aromatinių) augalų introdukcija.

Mokslinės institucijos, botanikos sodai yra vaistinių augalų gamtinių išteklių kaupimo, saugojimo, introdukcijos ir aklimatizacijos tyrinėjimų koordinaciniai centrai. Didėjant vaistinės augalinės žaliavos kokybės ir augalų biologinės įvairovės išsaugojimo reikalavimams vaistinių augalų introdukcija ir aklimatizacija bei jų auginimas ir saugojimas *ex situ* tampa vis svarbesni Lietuvoje ir pasaulyje.

Lietuvoje vaistinių augalų introdukcijos tyrimai pradėti 1924 m. įsteigto Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus (dabar vaistinių ir prieskoninių augalų mokslo sektorius) kuriamose kolekcijose ir tęsiami iki šiol. Nuo 1924 m. iki 2023 m. buvo išskirti keturi vaistinių augalų mokslinių tyrimų tematikos, projektinės, studijų veiklos laikotarpiai.

Tyrimo objektas – introdukuojami augalai vaistiniai augalų mokslinėse kolekcijose, kuriamose nuo 1924 metų.

Darbo tikslas – atlikti vaistinių augalų introdukcijos ir racionalaus naudojimo tyrimus.

Tyrimų metodika

Tyrimo duomenys gauti, analizuojant mokslinių straipsnių bei literatūros šaltinių duomenis, taikant sisteminės analizės teorinius metodus.

Rezultatai ir aptarimas

Nuo 1924 m. iki 2023 m. vykdomi vaistinių augalų moksliniai tyrimai, sprendžiant jų introdukcijos, aklimatizacijos, įvairovės gausinimo ir racionalaus naudojimo problemą. Šie tyrimai atliekami Vidurio Lietuvos klimatinėmis ir edafinėmis sąlygomis tyrimai Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo Mokslo skyriaus Vaistinių ir prieskoninių augalų mokslo sektoriaus, ilgalaikėse vaistinių augalų mokslinėse kolekcijose. Pažymėtini keturi vaistinių augalų mokslinių tyrimų tematikos, projektinė ir studijų veiklos laikotarpiai: pirmasis – 1924–1949 m., antrasis ─ 1949–1984 m., trečiasis – 1984–1999 m., ketvirtasis – 1999–2023 m.

Pirmojo tyrimų laikotarpio (1923–1949) mokslinis vadovas – profesorius dr. Kazimieras Grybauskas (Grybauskas, 1927; 1936; 1941). To laikotarpio mokslinės veiklos tematika: vaistinių ir techninių augalų introdukcija ir aklimatizacija, vaistinės žaliavos ruošimas, jos panaudojimo būdai ir perspektyvių augalų

atranka auginimui Lietuvos sąlygomis. Be to, pradėtas techninių (apynių), miško vaistinių augalų ir vaistingųjų daržovių auginimas bei tyrimas. Šio darbo tikslas – pasitelkus Lietuvos gyventojus, išauginti ir parduoti reikiamą vaistinių augalų kiekį ne tik Lietuvos vaistinėms ir firmoms, bet ir eksportui. 1934 m. prof. Kazimiero .Grybausko dėka Lietuva priimta į Tarptautinę vaistinių augalų federaciją. Mokslininkas dalyvavo federacijos kongresuose, skaitė pranešimus. 1935 m. Lietuvos vaistinių augalų žaliava buvo eksponuojama tarptautinėje Briuselio parodoje ir įvertinta aukso diplomu (1 pav.). Visi to laikotarpio atlikti darbai tapo pagrindu tolesniam vaistažolininkystės vystymuisi Lietuvoje.

Karo metais K.Grybauskui pavyko įtikinti karinės vadovybės atstovus, kad vaistiniai augalai galės kompensuoti vaistų stygių jų armijai. Vaistinių augalų skyrius, anksčiau užėmęs 1,5 ha plotą, 1943 m. buvo išplėstas iki 6 ha, o 1944 m. buvo planuojama apsodinti vaistiniais augalais 25–30 ha. Tuo laikotarpiu Kauno botanikos sodas buvo išgelbėtas nuo sunaikinimo (Juknevičienė, Ragažinskienė, 1996).

Per pirmąjį tyrimų etapą atliktų introdukcinių tyrimų duomenimis, vaistinių augalų skyriaus kolekcijose buvo auginamos 224 vaistinių augalų rūšys ir 24 Vakarų Europos apynių atmainos. 187 vaistinių augalų rūšys – introdukuotos, 37 – vietinės floros, o iš jų – 77 perspektyvios rūšys atrinktos auginti Lietuvos sąlygomis. Bandymų plotuose, kolekcijose ir laboratorijoje buvo atliekami augalų aklimatizacijos bandymai, tiriamos augalų auginimo sąlygos, daug dėmesio buvo skirta augalams, kuriuose kaupiasi eteriniai aliejai.. Šie vaistinių augalų biologinių ir cheminių savybių tyrimų duomenys paskelbti 230 straipsnių, 17 leidinių; daktaro disertacijoje „Fenologinis žiedadulkių kritulių spektras“ ir parengtame žiedadulkių albume (Grybauskas, 1927; 1936; 1941).

Greta mokslinės veiklos buvo atliekamas pedagoginis darbas. Botanikos sodo kolekcijos tapo studijų ir švietėjiškos veiklos objektu, kur perteikiamos botanikos ir farmakognozijos žinios iki šių dienų.

Svarbiausi veikalai: *Vaistingieji Lietuvos laukų augalai ir jų pritaikymas* (1927), *Vaistingieji Lietuvos augalai* (1935), *Kultūriniai apyniai ir jų auginimas* (1936), *Gniužuliniai ir archegoniniai augalai* (1937), *Lietuvos vaistinių augalų sąrašas* (1941), *Fenologinis žiedadulkių kritulių spektras* (1941), *Farmakognostinė mikroskopija* (1941), *Lietuvos TSR vaistingosios daržovės* (1946), *Lietuvos TSR miškų sumedėję vaistingieji augalai* (1946).

Antrojo tyrimų laikotarpio (1949–1984) moksliniai vadovai buvo dr. Stasys Gudanavičius ir dr. Algimantas Morkūnas. 1953 m. įkurta cheminių tyrimų laboratorija. Tuo metu buvo sprendžiama problema: vaistinių, techninių, aliejinių, rauginių augalų introdukcija ir aklimatizacija. 1956 m. Algimantas Morkūnas apgynė daktaro (tuometinio biologijos mokslų kandidato) disertaciją tema: „Kryžmažiedžių aliejinių augalų kultūra Lietuvos sąlygose“. Mokslininkas šio darbo rezultatus publikavo Lietuvos Mokslų akademijos mokslo darbų žurnaluose. Nuo 1977 m. pradėti naujo pobūdžio tyrimai „Augalinio pasaulio racionalaus panaudojimo perdirbimo ir apsaugos biologiniai pagrindai“ (Morkūnas, 1957).

Per antrąjį tyrimų etapą tirta vaistinių, techninių, aliejinių, rauginių augalų cheminė sudėtis: eterinių aliejų kiekis hidrodistiliacijos metodu, jų kokybė – dujų chromatografijos metodu, augalų introdukcijos metu. Pradėta kompleksiškai tyrinėti perspektyvių vaistinių, prieskonininių (aromatinių) augalų biologines ir chemines savybes. Vaistiniai augalai kolekcijoje buvo sugrupuoti farmakognostiniu principu pagal biologiškai veikliuosius junginius (Morkūnas, Gudanavičius, Dagytė, 1977). Sudaryta retųjų daržovių, prieskoninių ir medingųjų augalų ekspozicija pagal A. Englerio augalų klasifikacijos sistemą. Šioje kolekcijoje augalai pagal taikomumą suskirstyti į tris grupes: retosios daržovės, prieskoniniai ir medingieji augalai (Dagytė, 1994). Per antrąjį tyrimų etapą 1970 m. A. Morkūnui ir bendraautoriams iš Politechnikos instituto (dabar Kauno technologijos universitetas) pripažintos autorinės teisės dviems tarptautinės reikšmės išradimams: naujam augalų augimo stimuliatoriui, kuriuo prieš sėją apdirbamos *Phaseolus vulgaris* L. sėklos.

Tuo laikotarpiu buvo vykdomi sutartiniai darbai su Sveikatos apsaugos ministerijos vyriausiąja farmacijos valdyba.

Šio laikotarpio vaistinių ir techninių augalų introdukcijos tyrimų duomenys apibendrinti leidiniuose, skirtuose medicinos, farmacijos, žemės ūkio ir veterinarijos darbuotojams, moksliniuose straipsniuose bei penkiose daktaro disertacijose: *Vaistiniai techniniai augalai* (1956); *Naujieji aliejiniai augalai* (1957); *Vaistinių augalų auginimas* (1983); *Vaistiniai augalai* (1960); *Nuodingieji augalai* (1967); *Apynių auginimas* (1980); *Jaunajam vaistažolių rinkėjui* (1983); *Jaunajam gėlininkui* (1988); Katalogas Vaistingieji augalai (1976).

Trečiojo tyrimų laikotarpio (1984–1999) moksline vadove buvo dr. Ona Gražina Juknevičienė. Tyrimų kryptis „Rūšies ir fitocenozių funkcionavimo dėsningumai ir racionalus jų panaudojimas pašarų bazės

pagerinimui“ (Bandzaitienė ir kt., 1983; Balvočiūtė, Dagytė, Juknevičienė, 1987; Juknevičienė, Ragažinskienė, 1996; Juknevičienė, Juronis, 2000). 1987–1990 m. vykdyti tyrimai pagal sutartis su pramonės įmonėmis ir sanatorijomis sprendžiant augalų asortimento parinkimo, apželdinimui ir vaistinių augalų naudojimo aerofitoterapijai klausimus įvairiuose Respublikos miestuose. Vykdytos temos: „Biologinių ir metodinių pagrindų paruošimas geresniam Lietuvos kaimo gyvenviečių ir gamybinių centrų apželdinimui“, „Želdynų kūrimo principų įrengimo ir eksploatacijos technologijų paruošimas Botanikos sodo kolekcijų tyrimo bei lauko bandymų pagrindu“.

Iki 1996 m. ištirta 25 rūšių vaistinių augalų agrotechnika, biologinės ypatybės, vaistinės žaliavos kokybė. VDU Kauno botanikos sodo Vaistinių augalų laboratorijoje atlikti cheminiai tyrimai, siekiant nustatyti polifenolius vaistiniuose žoliniuose ir vaisiniuose augaluose (Penkauskienė, Rimkienė, 1991). Apibendrinti augalinių imunostimuliatorių (Echinacea Moench) introdukcijos, biologinių savybių (Ragažinskienė, 1999), *Salvia officinalis* L. genties augalų biologinių savybių tyrimų duomenys (Juknevičienė, Juronis, 2000); paskelbta 90 mokslinių ir 100 mokslo populiarinimo straipsnių.

Ketvirtojo tyrimų laikotarpį (1999–2023) mokslinių tyrimų vadovė buvo prof. dr. habil. Ona Ragažinskienė. Mokslinių tyrimų kryptis: „Vaistinių, prieskoninių (aromatinių) augalų rūšių ir paprastojo apynio veislių introdukcija, jų įvairovės gausinimas, racionalus ir tausojamasis naudojimas, vaistinės augalinės žaliavos kokybės vertinimas bei augalų nacionalinių genetinių išteklių tyrimas ir išsaugojimas vaistažolininkystės plėtrai“. Dokumentuotos vaistinių, prieskoninių ir medingųjų augalų bei apynių kolekcijos, apibendrinti augalinių imunomoduliatorių introdukcijos, cheminės sudėties ir biologinio poveikio tyrimų duomenys dviejose daktaro disertacijose ir habilitacijos procedūroje. Nuo 2000 m. pradėtas kompleksinis ir tarpdisciplininis bendradarbiavimas, vykdant vaistinių, prieskoninių (aromatinių) augalų mokslinius tyrimus, tarptautinę ir nacionalinę projektinę veiklą ir studijas su VDU Gamtos mokslų fakulteto (GMF) mokslininkais dviejuose klasteriuose: „Instrumentinės analizės metodų vystymas ir jų taikymas molekulinei biologinių objektų, sintetinių produktų ir aplinkos analizei“ (prof. habil. dr. A. Maruška) bei „Klimato kaitos ir aplinkos taršos poveikis organizmų sąveikai ir sveikatingumui geno-ekosistemos lygmenyse“ (KLIGEN) (Prof. habil. dr. A. Paulauskas).

1 lentelė. VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus mokslininkai ir apgintos disertacijos 1924–2023 m.
Table 1. *Scientists of the Department of Medicinal Plants of VMU Botanical Garden and defended dissertations 1924–2023*

Vardas, Pavardė Name, Surname	Disertacijos pavadinimas *Dissertation title*	Disertacijos gynimo metai *Dissertation defense year*	Mokslo laipsnis *Degree in science*
Kazimieras Grybauskas	Fenologinis žiedadulkių kritulių spektras	1942	Gamtos mokslų filosofijos daktaras
Algimantas Morkūnas	Kryžmažiedžių šeimos aliejiniai augalai Lietuvos sąlygomis	1955	Biologijos mokslų daktaras
Stasys Gudanavičiaus	Apynių kultūros galimumai Lietuvos TSR gamtinėmis sąlygomis	1959	Biologijos mokslų daktaras
Elzė Penkauskienė	Kalninė arnika (*Arnica montana* L.), jos biologija ir sukultūrinimo bandymai Lietuvoje	1963	Biologijos mokslų daktaras
Ona Gražina Juknevičienė	Kai kurie ajero (*Acorus calamus* L.) ir trilapio pupalaiškio (*Menianthes trifoliata* L.) biologijos tyrimų klausimai Lietuvoje	1969	Biologijos mokslų daktaras
Sofija Dagytė	Vaistinio valerijono (*Valeriana officinalis* L.) ir pipirmėtės (*Mentha piperita* L.) biologijos ir produktyvumo tyrimas Lietuvos priemolio dirvožemyje	1971	Biologijos mokslų daktaras
Silvija Rimkienės	Lietuvos laukinių vaistinių augalų rūšių, turinčių polifenolų, biologinės ypatybės	1986	Biologijos mokslų daktaras
Ona Ragažinskienė	Purpurinės ežiuolės (*Echinacea* (L.) Moench) introdukcija Lietuvoje	1999	Medicinos ir sveikatos mokslai, farmacija (M 003) daktaras
Ona Ragažinskienė	Introdukuojamų vaistinių, prieskoninių augalų biologinių savybių įvertinimas ir atranka farmacijos bei vaistažolininkystės plėtrai Lietuvoje : teikiamų mokslo darbų apžvalga	2009	Habilitacijos procedūra Biomedicinos mokslai, biologija (01B)

Vardas, Pavardė Name, Surname	Disertacijos pavadinimas *Dissertation title*	Disertacijos gynimo metai *Dissertation defense year*	Mokslo laipsnis *Degree in science*
Sandra Saunoriūtė	Introdukuojamų *Artemisia abrotanum* (L.), *Artemisia vulgaris* (L*), Artemisia absinthium* (L.), *Artemisia pontica* (L.) augalų morfologinių savybių ir jų vaistinės žaliavos lakiųjų ir nelakiųjų junginių dinamika vegetacijos metu Lietuvoje	2022	Gamtos mokslai, Biologija (N 010) daktaras

Išvados

1. Vaistinių augalų įvairovės tyrimai VDU Botanikos sode pradėti 1924 m. ir plėtojami iki šiol. Svarbiausias šių tyrimų uždavinys – gausinti vietinę florą naujomis augalų rūšimis, pagal tyrimų duomenis rengti mokslines rekomendacijas vaistinių augalų augintojams ir pagrįsti vaistažolininkystės mokslo koncepciją.
2. Per 99 metų tyrimų laikotarpį problematika, tyrimų kryptys atskirais 4 tyrimų laikotarpiais kito, tačiau svarbiausi uždaviniai išliko reikšmingi iki šiol: mokslinės veiklos raidai vaistiniai augalai kolekcijose buvo ir yra mokslinio tiriamojo ir studijų darbo objektas. Dabar vaistinių augalų introdukcijos tyrimai vykdomi kompleksiškai tarpdisciplinišKai dviejuose klasteriuose: F-08-03 *Instrumentinės analizės metodų vystymas ir jų taikymas biologinių objektų, sintetinių produktų ir aplinkos molekulinei analizei* ir B-08-01 Klimato kaitos ir aplinkos taršos poveikis organizmų sąveikai ir sveikatingumui geno-ekosistemos lygmenyse (KLIGEN).
3. Mokslinių tiriamųjų darbų rezultatai perspektyvūs Lietuvos augalų rūšių įvairovės, genetinių išteklių gausinimui, vaistinės augalinės žaliavos produktyvumo bei kokybės vertinimui ir gerinimui, jos taikymui farmacijos, fitoterapijos, veterinarijos mokslo teorijai ir praktikai, kosmetikos ir maisto pramonei bei vaistažolininkystės plėtrai.

Literatūra

1. Balvočiūtė, J., Dagytė, S., Juknevičienė, G. (1987). Medingieji augalai. Vilnius: Mokslas.
2. Dagytė, S. (1994). Retosios daržovės, prieskoniniai ir medingieji augalai Vilnius: Academia.
3. Grybauskas, K. (1927). Vaistiniai augalai Lietuvos universiteto Kauno botanikos sode. Farmacijos žinios. Nr. 3.
4. Grybauskas, K. (1936). Kultūriniai apyniai ir jų auginimas. Kaunas.
5. Grybauskas, K. (1941). Fenologinis žiedadulkių kritulių spektras. Vilniaus universiteto Matematikos – Gamtos fakultetas. Darbai; Nr. 1 (7).
6. Janulis, V., Juknevičienė, G. (1996). Naujausi pasiekimai vaistinių augalų tyrimo srityje. (The latest achievements in the sphere of medicinal plants.) KMA ir VDU Kauno botanikos sodo konferencijos, skirtos prof. K. Grybausko 110-ųjų metinių minėjimui, medžiaga. Kaunas.
7. Juknevičienė, G., Juronis, V. (2000). Medicinal plants (Collections of Kaunas Botanical Garden of Vytautas Magnus University). Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla.
8. Juknevičienė, G., Ragažinskienė, O. (1996). Vaistinių augalų introdukcija VDU Kauno botanikos sode. Lietuvos katalikų MA XVI suvažiavimo darbai. Vilnius.
9. Morkūnas, A., Gudanavičius, S., Dagytė, S. (1977). Augalų introdukcija ir aklimatizacija MA Botanikos instituto Botanikos sode. Botanikos mokslų Pasiekimai Tarybų Lietuvoje. Vilnius: Mokslas.
10. Penkauskienė, E., Rimkienė, S. (1991). Ecological and biological characteristics of wild and cultivated sorts of medicinal plants of Lithuania. Monografija. Vilnius: Mokslas.
11. Ragažinskienė, O. (1999). Purpurinės ežiuolės (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) introdukcija Lietuvoje. (The introduction of purple coneflower in Lithuania.) Disertacijos santrauka. Kaunas.
12. Ragažinskienė, O. (2009). Introdukuojamų vaistinių, prieskoninių augalų biologinių savybių įvertinimas ir atranka farmacijos bei vaistažolininkystės plėtrai Lietuvoje : habilitacijos procedūrai teikiamų mokslo darbų apžvalga : biomedicinos mokslai, biologija (01B). Kaunas.
13. Юдицкайте, С. П. (1969). Влияние солей цинка и марганца на накопление и сохранение витаминов С, Р, каротина и углеводов в черноплодной аронии. Автореферат. Вильнюс.
14. Юкневичене, Г., Моркунас, А., Дагите, С., Пянкаускене, Е., Гуданавичюс, С. (1973). Изучение закономерностей накопления биологически важных соединений лекарственными растениями. Научный отчет. Нр. Гос. Рег. 70002908, инв. Нр. Б 226252.

15. Юкневичене, О., Г. (1969). Некоторые вопросы изучения биологии аира (*Acorus calamus* L.) и вахты трехлистной (*Menyanthes tr*ifoliata L.) в Литовской ССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. биол. наук, Вильнюс.
16. Дагите, С. 1971. Изучение биологии и продуктивности валерианы лекарственной (*Valeriana officinalis* L.) и мяты перечной (*Mentha piperita* L.) на суглинистых почвах Литовской ССР. Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Вилнюсюс.
17. Гуданавичюс, С. 1959. Возможности культуры хмеля в естественных условиях Литовской ССР. Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Vilnius.
18. Моркунас, А. (1956). Масличные крестоцветные культуры в условиях Литовской ССР. Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Каунас.
19. Пенкаускене, Е. 1963. Arnica montana L. ее биология и опыт ведения в культуру в Литовской ССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Вилнюс.
20. Римкене, С. 1986. Биологические особенности дикорастущих видов лекарственных растений Литовской ССР, содержащих полифенолы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Вилнюс.

Ona Ragažinskienė, Erika Šeinauskienė

Activities of the Scientific Sector of Medicinal and Spices Plants of Vytautas Magnus Botanical Garden: dedicated to the 100th anniversary of the VMU Botanical Garden

1924–2023 the development of scientific activities in the Scientific Sector of Medicinal and Spices Plants of Vytautas Magnus University Botanical Garden is carried out, studying Plants diversity and creating their collections. The Collections of medicinal plants are still an important constituent and object of the scientific research and study process. Four periods activities are presented: the first ─ 1923─1949, the second ─ 1949─1984, the third ─ 1984─1999, the fourth – 1999–2023. The research problems of individual periods, topics and summarized data of complex, interdisciplinary scientific research, which are reflected in monographs, publications, publications and dissertations, are presented.

Botanical garden of VMU, Medicinal Plants, Research.

Gauta 2023 m. balandžio mėn., atiduota spaudai 2023 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 st. 6A, LT-46324, Kaunas. +370 37 295287, e-mail: ona.ragazinskiene@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 st. 6A, LT-46324, Kaunas. +370 37 295287, e-mail: erika.seinauskiene@vdu.lt

PROPOLIO EKSTRAKTAI: GAMYBA, KOKYBĖS ANALIZĖ IR PRITAIKYMAS VIETINIO POVEIKIO FARMACINĖSE FORMOSE

Kristina Ramanauskienė, Asta Marija Inkėnienė

Lietuvos sveikatos mokslų universitetas

Bičių produktai yra plačiai taikomi kosmetinių produktų gamyboje. Šio tyrimo tikslas - pagaminti propolio aliejinį ekstraktą ir pritaikyti tepalų gamyboje, panaudojant pusiau kieto pagrindo formavimui natūralius komponentus ir įvertinti jų daromą įtaką formuluočių kokybei. Pasirinktas tirpiklis ir ekstrakcijos sąlygos užtikrina fenolinių junginių išskyrimą iš žaliavos, nustatytas aliejiniame ekstrakte bendras fenolinių junginių kiekis 31,36±1,08 mg/ml. Propolio aliejinis ekstraktas yra tinkamas komponentas tepalų gamyboje dėl turimų lipofilinių savybių. Pagamintos formuluotės buvo homogeniškos, pusiau kietos konsistencijos. Pagamintų tepalų klampa priklauso nuo vaško kiekio. Didėjant vaško kiekiui jų klampa didėja. Visos formuluotės yra jautrios temperatūros poveikiui. Kylant temperatūrai formuluočių klampa mažėja. Formuluočių pH reikšmė buvo 4,36–5,86 ribose. Didėjant vaško kiekiui iš formuluočių atpalaiduojamas mažesnis kiekis veikliųjų junginių.

Propolis, ekstraktas, fenoliniai junginiai, tepalai.

Įvadas

Bičių produktai, propolis ir medus, yra tradiciškai plačiai pritaikomi komponentai natūralių kosmetinių priemonių gamyboje.

Propolis – tai biologiškai aktyvių medžiagų, tarpusavyje pasižyminčių sinergistiniu veikimu, kompleksas. Kuriant išorinio vartojimo propolio produktus ieškoma optimalios propolio formos įvedimui į dermatologinius vaistus bei kosmetikos preparatus. Propolis gali būti vartojamas įvairiomis formomis: tirštas ekstraktas, skystas etanolinis ekstraktas, vandeninis ekstraktas (1). Aktualu pagaminti aliejinį ekstraktą iš lietuviškos propolio žaliavos ir įvertinti jo kokybę. Svarbu parinkti tinkamą ekstrakcijos technologiją, kad pagamintame aliejiniame ekstrakte dominuotų tokios pačios biologiškai aktyvios medžiagos, kaip ir žaliavoje. Propolio aliejinio ekstrakto gamyboje tirpikliu pasirinktas alyvuogių aliejus, įvertinus jo teigiamas savybes – gerai maišosi su kietomis medžiagomis, gyvūlinės kilmės riebalais, vaškais, parafinais (2). Propolis suderinamas su alyvuogių aliejumi, netgi yra įrodyta, kad apsaugo alyvuogių aliejų nuo autooksidacijos ir lipolizės (3). Alyvuogių aliejus yra naudojamas vaistinių ir kosmetinių produktų gamyboje kaip pagalbinis komponentas ir kaip veiklioji medžiaga, nes yra įrodytas alyvuogių aliejaus terapinis veikimas, vartojant į vidų bei išoriškai. Alyvuogių aliejaus komponentai: riebiosios rūgštys, vitaminai (E ir karotinas), vandenyje tirpios medžiagos. Pagrindinės riebiosios rūgštys yra oleino (55-58 proc. viso alyvuogių aliejaus) ir linoleinė rūgštys (9 proc.), linolenic (linolinė) rūgštis (iki 1,5 proc.). Alyvuogių aliejaus sudėtyje taip pat fenolinių junginių ir kt. reaktyvių medžiagų (2,3). Alyvuogių aliejus, naudotas išoriškai, pasižymi odą drėkinančiomis savybėmis; dėl antioksidantinio veikimo sumažina laisvųjų radikalų žalojantį odą poveikį; šviesina ir lygina odos spalvą ir raukšlių atsiradimą; malonus vartoti ir nedirginantis, tinkantis jautriai odai; veikia prieš odos senėjimą. Alyvuogių aliejumi gali būti gydomas dermatitas, atopinis dermatitas, kserozė, egzema, rožinė, seborėja, psoriazė, nudegimai, įvairūs odos uždegimai (3,4).

Kosmetikos produktų matricų modeliavime vienas iš svarbių komponentų yra medus. Medus yra įtrauktas į Tarptautinę kosmetikos ingredientų nomenklatūrą (INCI) kaip drėkinamasis, drėgmę išlaikantis ir minkštinantis produktas (5). Medus yra naudingas odos priežiūros produktuose, o reguliarus jo naudojimas prisideda prie odos jaunatviškumo ir raukšlių susidarymo mažinimo. Medus dažniausiai naudojamas nuo 1 % iki 10 % tokiuose produktuose kaip lūpų tepalai, drėkinamieji kremai, geliai (6). Kosmetikos gaminiuose šiuo metu pritaikomas sintetinis spermacetas, prisidedant prie gyvūnų saugos. Spermacetas yra kietasis vaškas, kuriame gausu didelės molekulinės masės esterių. Dažniausiai sutinkamas tepalų sudėtyje, kaip pagrindo vienas iš komponentų, pasižymintis drėkinamuoju poveikiu (7,8). Kakavos sviestas kosmetinių priemonių gamyboje naudojamas, dėl apsauginių ir drėkinančių savybių.

Visi parinkti pusiau kieto pagrindo komponentai turi derėti tarpusavyje ir užtikrinti veikliųjų medžiagų stabilumą bei išsiskyrimą iš sumodeliuotos puskietės matricos. Todėl šiuo metu vertinant pusiau kietų farmacinių formų kokybę yra atliekami biofarmaciniai testai *in vitro*, kurių metu nustatoma, kaip sumodeliuotas pagrindas geba atpalaiduoti veikliąsias medžiagas, bei kaip veikliosios medžiagos skverbiasi per biologines membranas. Šio darbo tikslas yra pagaminti propolio aliejinį ekstraktą ir pritaikyti tepalų modeliavime, panaudojant puskietės matricos formavimui natūralius komponentus ir įvertinti jų daromą įtaką formuluočių kokybei.

Tyrimų metodika

Propolio aliejaus technologija. Propolis (UAB Medicata Filia (Vilnius, Lietuva) 30,0 g maceracijos būdu ekstrahuojamas 7 paras tamsioje vietoje 70,0 g alyvuogių aliejumi.

Fenolinių junginių kiekio nustatymas propolio aliejuje. 0,3 g propolio aliejaus sumaišomi su 50 ml 96 % (v/v) etanolio. Bandiniai laikomi 21 val. esant -12ºC temperatūrai. 1 ml tiriamo tirpalo pilamas į 50 ml matavimo kolbą, kurioje yra 15 ml vandens ir 4 ml Folin – Ciocalteu reagento. Tada pridedami 6 ml 20 % natrio karbonato tirpalo. Pripilama vandens iki 50 ml žymos. Padarytas tirpalas paliekamas 2 val. Absorbcija matuojama 765 nm bangos ilgyje.

Puskiečių propolio formuluočių technologija. Bičių vaškas, spermacetas, kakavos sviestas lydomas ant vandens vonios. Po to pilamas atitinkamas kiekis alyvuogių aliejaus maišoma. Į vienalytį pagrindą įmaišomas propolio aliejinis ekstraktas. Šildoma bei maišoma iki vienalytės masės. Į atvėsusį pagrindą įterpiamas ištirpintas medus. Maišoma iki vienalytės masės. Puskiečių propolio aliejaus formuluočių sudėtys pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Puskiečių propolio aliejaus formuluočių sudėtys

Table.1. *Composition of semisolid formulations with propolis oil extract*

Formuluočių medžiagos *Formulation substances*	Masė, g *Mass, g*		
	S1	S2	S3
Geltonasis bičių vaškas *Yellow beeswax*	10,0	5,0	2,5
Medus *Honey*	1,0	1,0	1,0
Propolio aliejinis ekstraktas *Propolis oil extract*	30,0	30,0	30,0
Spermacetas *Spermaceti*	0,5	0,5	0,5
Kakavos sviestas *Cocoa butter*	10,0	10,0	10,0
Alyvuogių aliejus *Olive oil*	Iki 100,0 *till*	Iki 100,0 *till*	Iki 100,0 *till*

Reologinių savybių tyrimas. Modeliuojamų puskiečių formuluočių konsistencijos koeficientas nustatytas, naudojant „Carri-Med“ CSL100 reometrą (TA Instruments, Vokietija).

Kokybės analizė. pH reikšmė nustatyta poteciometriniu metodu (pH-meter 766 Knick SE 104 N, Knick Elektronische Meßgeräte GmbH & Co, Vokietija). Įvertintas fenolinių junginių atpalaidavimas iš formuluočių in vitro. Akceptorinė fazė – 30% etanolio tirpalas. Mėginiai imti po 1, 2, 3 ir 6 valandų. Suminis fenolinių junginių kiekis vertintas pagal p – kumaro rūgšties ekvivalentą, spektofotometriniu metodu, bangos ilgis 765 nm. Sumodeliuotų puskiečių formuluočių su propolio aliejiniu ekstraktu įvertinti organoleptiniai rodikliai vizualiai: spalva, kvapas, fazių stabilumas, tepumas/nuplaunamumas.

Statistinė analizė atlikta, naudojant statistinį programinį paketą Statistica 5.5., Stjudento t testą, o reikšmingumo lygiu buvo naudojamas $p<0,05$. Visi tyrimai kartoti tris kartus.

Rezultatai ir aptarimas

Pagamintas propolio aliejaus ekstraktas, nustatytos organoleptinės savybės. Propolio aliejinis ekstraktas pasižymėjo gelsvai rudos spalva, specifiniu propolio kvapu, tai - klampus takus aliejinis skystis.

Aliejinis propolio ekstraktas – tai produktas skirtas įterpimui į pusiau kietas formuluotes, taip pat kaip galutinis produktas vartoti išoriškai. Todėl tikslinga nustatyti veikliųjų biologiškai aktyvių medžiagų – polifenolinių junginių propolio aliejuje kiekį. Tyrimų rezultatai parodė, kad bendras fenolinių junginių kiekis pagal p-kumaro rūgštį pagamintame propolio alyvuogių aliejaus ekstrakte yra 31,36±1,08 mg/ml.

Viena iš propolio aliejaus pritaikymo galimybių – dermatologinio puskiečio preparato suformulavimas. Puskiečių formuluočių pagrindų modeliavimui buvo pasirinktos gamtinės kilmės medžiagos: geltonasis bičių vaškas ir alyvuogių aliejus, medus, spermacetas ir kakavos sviestas.

Pagamintų propolio aliejaus puskiečių formuluočių kokybės vertinimo rezultatai pateikti 2 lentelėje. Tyrimų rezultatai rodo, kad sumodeliuotų sudėčių formuluotės išliko stabilios, fazių atsiskyrimas neįvyko. Spalva ir kvapas atitiko sudedamųjų medžiagų požymius. Trūkumas – formuluotės sunkiai nuplaunamos.

2 lentelė. Puskiečių formuluočių su propolio aliejumi pH reikšmės ir organoleptinis įvertinimas
Table 2. *pH value and organoleptical evaluation of semisolid formulations*

Formuluotė *Formulation*	pH reikšmė *pH value*	Fazių atsiskyrimas *Phase separation*	Tepumas/Nuplaunamumas *Spreadability/Washability*	Spalva *Colour*	Kvapas *Odour*
S1	4,36 ± 0,04	Nepastebėtas	Tepus/Sunkiai nuplaunamas	Gelsva	Malonus, būdingas propoliui
S2	4,89± 0,01				
S3	5,86 ± 0,08				

Puskiečių formuluočių pH reikšmės nustatytos ribose 4,36–5,86. Tyrimų rezultatai parodė, kad mažiausia pH reikšmė yra būdinga formuluotei S1, o didžiausia – S3. Visų sumodeliuotų formuluočių su propolio aliejumi pH reikšmė yra silpnai rūgštinė, artima odos fiziologinei pH reikšmei.

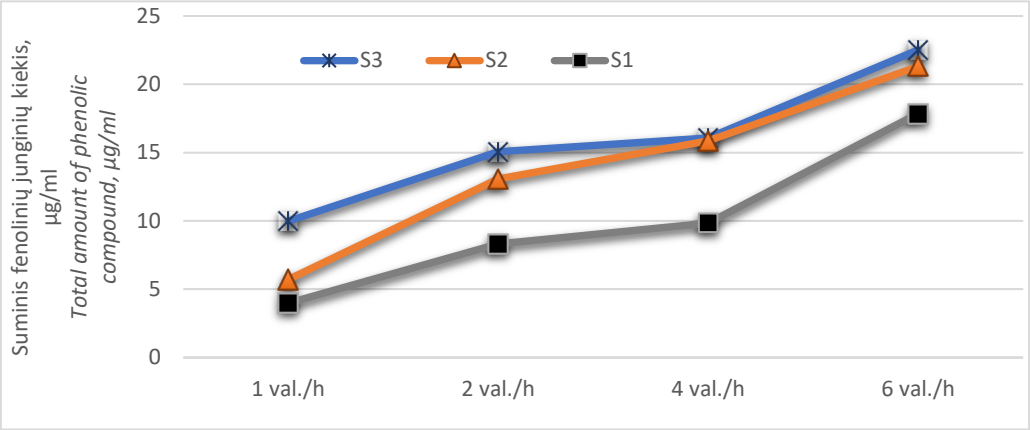
Tyrimų rezultatai parodė, kad formuluotės sudėtis ir temperatūra daro įtaką struktūrinėms savybėms (3 lentelė).

3 lentelė. Puskiečių formuluočių su propolio aliejiniu ekstraktu konsistencijos koeficientas skirtingose temperatūrose
Table 3. *Consistency coefficient of semisolid formulations with propolis oil extract in different temperatures*

Formuluotės *Formulations*	Konsistencijos koeficientas (K) Pa·s^n *Consistency coefficient*		
	20 ºC	32 ºC	37 ºC
S1	0,2197±0,236	0,1597±0,032	0,0285±0,052
S2	0,1248 ± 0,021	0,0982 ± 0,030	0,0609 ± 0,025
S3	0,0891±0,023	0,0332±0,036	0,1027±0,022

Eksperimentinio tyrimo metu nustatyta, kad puskiečių formuluočių reologinės savybės – konsistencijos koeficientas priklauso nuo bičių vaško kiekio. Statistiškai reikšmingas skirtumas ($p<0,05$) nustatytas tarp visų tirtų formuluočių. Taip pat nustatyta, kad didėjant temperatūrai puskiečių formuluočių klampa mažėja.

In vitro atpalaidavimo tyrimo metu nustatyta puskietę formuluotę sudarančių medžiagų įtaka fenolinių junginių iš propolio aliejaus veikliųjų junginių atpalaidavimui (1 pav.).



1 pav. Suminio fenolinių junginių atpalaidavimas iš puskiečių propolio aliejaus formuluočių
Fig. 1. *Release of total amount of phenolic compounds from semisolid propolis oil formulations*

Tyrimo metu nustatyta, kad formuluočių pagalbinės medžiagos formuojančios pagrindą turi įtakos bioaktyvių medžiagų išsiskyrimui iš tokių sistemų. Tiriamųjų puskiečių sistemų sudėtys skiriasi bičių vaško kiekiu. Todėl aiškiai stebima vaško kiekio įtaka fenolinių junginių atpalaidavimui *in vitro*. Daugiausiai fenolinių junginių atpalaiduoja sistemos (S2 ir S3), kuriose yra mažiausiai vaško. Statistiškai reikšmingai mažiau ($p<0,05$) atpalaidavo S1 sudėties formuluotė. Tai patvirtina nuomonę, kad būdamos lipofilinės prigimties fenolinės rūgštys sunkiai atpalaiduojamos iš lipofilinio puskiečio pagrindo (8).

Išvados

1. Parinktas propolio ekstrahentas alyvuogių aliejus ir propolio aliejaus technologija yra tinkami biologiškai aktyvių junginių išgavimui iš propolio žaliavos.
2. Propolio aliejinis ekstraktas yra darnus su parinktomis pagrindo medžiagomis ir tinkamas įterpti į lipofilinius puskiečius preparatus, vartojimui ant odos dėl nustatytų organoleptinių savybių, artimos fiziologinei odos pH reikšmės ir konsistencijos koeficiento kūno ir odos paviršiaus temperatūroje.
3. Puskietės propolio aliejinio ekstrakto formuluotės užtikrina propolio bioaktyvių medžiagų atpalaidavimą iš sistemos. Bičių vaško kiekis nulemia lėtesnį fenolinių junginių išsiskyrimą iš tirtųjų formuluočių.

Literatūra

1. Šuran, J., Cepanec, I., Mašek, T., Radić, B., Radić, S., Tlak Gajger, I., Vlainić, J. (2021). Propolis Extract and Its Bioactive Compounds-From Traditional to Modern Extraction Technologies. Molecules, 14;26(10), 2930.
2. Öğütcü, M., Yılmaz, E. (2014). Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products. Grasas y Aceites, 2014;65:e040.
3. Silici, S., Baysa, M. (2020). Antioxidant, antiradical and antipyretic effects of olive oil extract of propolis. Journal of Apicultural Research, 59, 1–7.
4. Servili, M., Sordini, B., Esposto, S., Urbani, S., Veneziani, G., Di Maio, I., Selvaggini, R., Taticchi, A. (2013). Biological Activities of Phenolic Compounds of Extra Virgin Olive Oil. Antioxidants (Basel), 20, 3(1), 1–23.
5. Gottschlack, T.E., McEwen, G.N. (2010). International Cosmetic Ingredient Dictionary and Handbook, 13th ed.;The Personal Care Products Council: Washington, DC, USA.
6. Nilforoushzadech, M. A., Amirkhani, M. A., Zarrintaj, P., Salehi Moghaddam, A., Mehrabi, T., Alavi, S., Mollapour, S. M. (2018). Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. J. Cosmet. Dermatol., 17, 693–702.
7. De Clermont-Gallerande, H., et al. (2022). Substitution of synthetic waxes by plant-based waxes in lipsticks. OCL, 29, 19.
8. Jankowski, A., Dyja, R., Sarecka-Hujar, B. (2017). Dermal and Transdermal Delivery of Active Substances from Semisolid Bases. Indian J Pharm Sci, 79(4), 488–500.

Kristina Ramanauskienė, Asta Marija Inkėnienė

Propolis Extracts: Production, Quality Analysis and Application in Topical Pharmaceutical Forms

Bee products are widely used in the production of cosmetic products. The purpose of this study is to produce an oil extract of propolis and apply it in the production of ointments, using natural components for the formation of a semi-solid base and to evaluate their influence on the quality of the formulations. The selected solvent and extraction conditions ensure the isolation of phenolic compounds from the raw material, the total amount of phenolic compounds in the oil extract was determined to be 31,36±1,08 mg/ml. Propolis oil extract is a suitable component in the production of ointments due to its lipophilic properties. The manufactured formulations had a homogeneous, semi-solid consistency. The viscosity of the produced ointments depends on the amount of wax. As the amount of wax increases, their viscosity increases. All formulations are temperature sensitive. As the temperature rises, the viscosity of the formulations decreases. The pH value of the formulations was within the range of 4,36–5,86. As the amount of wax increases, less active compounds are released from the formulations.

Propolis, extract, phenolic compounds, ointments.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Kristina RAMANAUSKIENĖ. Klinikinės farmacijos katedra, Lietuvos sveikatos universitetas, prof. Addresas: Sukilėlių g. 13, LT-50161 Kaunas. Tel. +370 37 75 23 57, el. paštas: kristina. ramanauskiene@lsmu.lt
Asta Marija INKĖNIENĖ. Klinikinės farmacijos katedra, Lietuvos sveikatos universitetas, doc. Addresas: Sukilėlių g. 13, LT-50161 Kaunas. Tel. +370 37 75 23 57, el. paštas: asta.inkeniene@lsmu.lt
Kristina RAMANAUSKIENE. Department of Clinical Pharmacy Lithuanian University of Health Sciences, prof. Address: Sukileliu St. 13, LT-50161 Kaunas, Lithuania. +370 37 75 23 57, e-mail: kristina. ramanauskiene@lsmu.lt
Asta Marija INKENIENE. Department of Clinical Pharmacy Lithuanian University of Health Sciences assoc. prof. Address: Sukileliu St. 13, LT-50161 Kaunas, Lithuania. +370 37 75 23 57, e-mail: asta.inkeniene@lsmu.lt

BIČIŲ ŽIEDADULKIŲ TARŠA *ASPERGILLUS* SPP. GRYBAIS

Jolanta Sinkevičienė[1], Aušra Sinkevičiūtė[2]

[1]Vytauto Didžiojo universitetas, [2]Lietuvos sveikatos mokslų universitetas

Tyrimų tikslas – ištirti *Aspergillus* spp. mikroskopinių grybų paplitimą bičių žiedadulkėse bei nustatyti jų kitimą skirtingais sandėliavimo laikotarpiais. Tyrimai atlikti 2021 metais**.** Ištirta 40 bičių surinktų žiedadulkių mėginių. *Aspergillus* spp. išskyrimui iš bičių žiedadulkių, naudotas skiedimo metodas (ksv g^{-1}). Kontroliniuose žiedadulkių mėginiuose nustatyti 11 genčių priklausę mikroskopiniai grybai. Žiedadulkių mėginiuose vyravo *Alternaria*, *Penicillium* ir *Cladosporium* genčių grybai. *Aspergillus* genties grybai žiedadulkių mėginiuose išskirti visą, 1−4 mėnesių, tyrimų laikotarpį. Didžiausia šių grybų tarša nustatyta po vieno sandėliavimo mėnesio – 3,9 %. Po 2−4 sandėliavimo mėnesių grybų kiekis sumažėjo iki 1,6 %. Tyrimų metu išskirtos *A. flavus* ir *A. niger* grybų rūšys. Ilgėjant sandėliavimo trukmei *A. flavus* grybų kiekis mažėjo. Po 2–4 mėn. *A. flavus* tarša sumažėjo nuo 0,7 % iki 0,86 %. *A. niger* grybų kiekis (0,74 %) žiedadulkėse nustatytas tik po mėnesio sandėliavimo. Po 2–4 mėnesių laikotarpio, *A. niger* grybų bičių žiedadulkėse nenustatyta.

Aspergillus genties grybai, bičių surinktos žiedadulkės, tarša.

Įvadas

Bičių žiedadulkės yra dietinis produktas, naudojamas kaip maisto papildas (Kostic et al., 2020). Jose gausu maistinių medžiagų, todėl žiedadulkės sudaro puikią terpę įvairiems mikroorganizmams augti. Mikroskopiniai grybai yra labai įvairi, gyvybinga, aktyvi, įvairiomis veiklos galiomis pasižyminti mikroorganizmų grupė, kuri geba aktyviai sintetinti ir į aplinką išskirti įvairios cheminės prigimties toksiškus metabolitus (Lugauskas, 2006). Mikroskopiniai grybai užteršę žiedadulkes toksinais gali neigiamai įtakoti vartotojo sveikatą (2019).

Mikotoksinai yra antriniai metabolitai, kuriuos gamina nemažai grybų – *Fusarium, Aspergillus, Alternaria, Penicillium*, *Zygosporium, Pyrenophora* (Ismaiel et al., 2015). Žiedadulkėse randama įvairių genčių grybų, jų tarpe *Aspergillus, Fusarium, Penicillium* grybai išskiria antrinius metabolitus – toksinus, kurie dėl toksinio, kancerogeninio ir teratogeninio poveikių gali būti pavojingi žmogaus sveikatai. Kontroliuoti mikotoksinų sintezę yra sunku, nes keletas mikroskopinių grybų gali sintetinti tuos pačius bei skirtingus mikotoksinus (Deveza et al., 2015, Nardoni et al., 2016). Mikotoksinų atsiradimo priežastys priklauso nuo tokių veiksnių kaip substrato ir aplinkos drėgnis, temperatūra, sandėliavimo laikas, užterštumo lygis, priemaišų buvimas, transportavimas (Birck et al., 2006).

Aspergillus genties grybų sintetinami mikotoksinai – aflatoksinai yra stipriai toksiški, kancerogeniniai, mutageniniai, imuninę sistemą slopinantys junginiai (Estevinho et al., 2018). Aflatoksinai yra antrinio metabolizmo produktai, kuriuos gamina grybų *Aspergillus* rūšys: *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*, *A. pseudotamarii*. Aflatoksinai B_1, B_2, G_1, G_2, M_1, A yra vieni pavojingiausių, jie priskiriami kancerogenams (Petrovic et al., 2014). Toksiškiausiais laikomi B_1, B_2 ir M_1, kurie veikia visus pagrindinius žmonių fiziologinius procesus (Kensler et al., 2011). Šie mikotoksinai yra ypač kancerogeniški žmonėms ir gyvūnams.

Viena iš aktualiausių bičių žiedadulkių sandėliavimo problemų yra jų mikrobiologinė tarša. Estevinho ir kt. (2018) teigia, kad žiedadadulkių užsiteršimas toksinus gaminančiais grybais ir toksinų gamyba, gali įvykti bet kurioje žiedadulkių rinkimo, gamybos ar sandėliavimo fazėje, kur bus susidariusios ar susidarys tinkamos sąlygos šiems grybams augti.

Tyrimų tikslas – ištirti *Aspergillus* genties grybų paplitimą skirtingais laikotarpiais sandėliuotose bičių žiedadulkėse.

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti 2021–2022 metais Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje, Agronomijos fakultete, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros laboratorijoje. Ištirta 40 bičių žiedadulkių mėginių, surinktų iš dviejų bitynų, esančių Kauno rajone. Žiedadulkės surinktos liepos mėn. II dekadoje, iš skirtingų augalų. Iš avilių rinktuvų išėmus žiedadulkes, tą pačią dieną jos buvo supiltos į sterilius maišelius (po 200 g) ir iki mikologinių analizių laikytos šaldiklyje, – 15°C temperatūroje.

Bičių žiedadulkių drėgmės kiekis buvo nustatytas remiantis Europos Komisijos reglamentu EC 152.2009 (Mayda et al., 2020).

Tyrimo metu žiedadulkių mėginiai sandėliuoti 1–4 mėnesių laikotarpiu, 20–22°C temperatūroje.

Siekiant nustatyti mėginio paviršiuje ir viduje esančius grybų pradus bei jų kiekį, naudotas skiedimo metodas (ksv g^{-1}) (LST ISO 6611:2004). Mikroskopiniai grybai išskirti 10 g sumaltų žiedadulkių įdėjus į 90 ml fiziologinį tirpalą (NaCl, 8,5g/l). Suspensija plakta 15 min., iš gautos suspensijos paruošta praskiedimų serija. 1 ml 10^{-1}, 10^{-2} ir 10^{-3} suspensijos paskleistos Petri lėkštelėse ant bulvių dekstrozės agaro (PDA) terpės paviršiaus. Kiekvieno mėginio analizė kartota tris kartus. Petri lėkštelės su pasėliu 5–7 paras laikytos termostate 26±2°C temperatūroje. Išaugę mikroskopiniai grybai suskaičiuoti ir įvertinti kaip kolonijas formuojantys vienetai gramui bičių žiedadulkių (ksv g^{-1}). Grybų kolonijų morfologiniai požymiai vertinti makroskopiškai (kolonijos išvaizda) ir tirti šviesinės mikroskopijos metodu. Atskiros grybų kolonijos išgrynintos iki monokultūrų ir identifikuotos pagal kultūrinius ir morfologinius požymius remiantis įvairiais apibūdintojais (Pitt et al., 2009; Samson et al., 2002).

Kolonijas sudarančių vienetų (ksv g^{-1}) skaičius 1 ml (g) produkto nustatytas: $N=\Sigma C/(n_1+0.1n_2)xd$, čia: ΣC- suma kolonijų, suskaičiuotų ant visų vertinimui atrinktų lėkštelių; n_1 – skaičius pirmojo skiedinio lėkštelių, kuriose buvo suskaičiuota nuo 10 iki 300 kolonijų; n_2 – skaičius antrojo skiedinio lėkštelių, kuriose buvo suskaičiuota nuo 10 iki 300 kolonijų; d – skiedimo koeficientas, atitinkantis pirmąjį skiedinį, kurio lėkštelės buvo atrinktos kolonijoms skaičiuoti (LST ISO 6611:2004).

Tyrimų duomenų statistinė analizė atlikta naudojantis kompiuterine programa Anova (Raudonius, 2017).

Rezultatai ir aptarimas

Kontroliniuose žiedadulkių mėginiuose nustatyti 11 genčių priklausę mikroskopiniai grybai (1 lentelė). Žiedadulkių mėginiuose vyravo Alternaria, Penicillium ir Cladosporium genčių grybai, jų kiekiai sudarė atitinkamai 32 %, 21,8 % ir 14,5%. Kitų genčių grybai (Fusarium, Acremonium, Epiccocum, Paecilomyces, Rhizopus, Trichoderma ir Chaetomium) variavo nuo 2,6 % iki 11,7 %. *Aspergillus* spp. grybai bičių žiedadulkėse buvo išplitę negausiai, jie sudarė 3,1 % visų išskirtų grybų genčių.

1 lentelė. Bičių žiedadulkių tarša mikroskopiniais grybais (ksv g^{-1})
Table 1. *Bee pollen contamination with microscopic fungi (cfu g^{-1})*

Eksperimentas *Experiment*	Bičių žiedadulkių užterštumas (ksv g^{-1}) *Contamination of bee pollen (cfu g^{-1})*	Dominuojančios grybų gentys *Dominant fungal genera*
Kontrolė *Control*	$1,6 \times 10^3$ c	*Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Acremonium*, *Epiccocum, Paecilomyces*, *Rhizopus,Trichoderma, Chaetomium, Aspergillus*
1 mėnesis 1month	$2,1 \times 10^3$ ab	*Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Acremonium*, *Paecilomyces*, *Rhizopus,Trichoderma, Aspergillus*
2 mėnesiai 2 months	$2,2 \times 10^3$ a	*Penicillium, Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Acremonium*, *Rhizopus,Trichoderma, Aspergillus*
3 mėnesiai 3 months	$2,7 \times 10^3$ a	*Penicillium, Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Acremonium*, *Aspergillus*
4 mėnesiai 4 months	$2,6 \times 10^3$ a	*Penicillium, Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Acremonium*, *Aspergillus*

Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b, c), yra esminiai ($P < 0.05$).
Note. Means not sharing common letters are significantly different at $P < 0.05$.

Mikroskopinių grybų kiekis, lyginant su kontroliniu variantu, po 1 ir 2 žiedadulkių sandėliavimo mėnesių, padidėjo atitinkami 18,4 ir 20,7 %. Po 4 mėnesių nustatytas 28,3 % bendros grybų taršos padidėjimas. Tyrimų laikotarpiu, grybų gentinė sudėtis keitėsi dėl įvairių priežasčių. Remiantis Ismaiel et al. (2015) nustatyta, kad grybų kiekis greitai keičiasi priklausomai nuo aplinkos temperatūros, drėgmės, deguonies gausos ir biotinės taršos. Mūsų atlikto tyrimo duomenimis, nustatyta, kad grybų gentinė sudėtis mažėjo ilgėjant sandėliavimo trukmei. Po keturių sandėliavimo mėnesių, lyginant su kontroliniu variantu, nustatytos tik 6 dominavusios grybų gentys. Ilgiausiai išsilaikiusioms ir dominavusioms grybų gentims priklausė *Penicillium*, *Alternaria* ir *Cladosporium* grybai.

Aspergillus genties grybai žiedadulkių mėginiuose išskirti visą tyrimų laikotarpį. Nors ši gentis nebuvo skaitlinga, tačiau žiedadulkėse *Aspergillus* genties grybų kiekis visą tyrimų laikotarpį išliko stabilus. Didžiausia

šių grybų tarša nustatyta kontroliniame variante – 2,1 % ir po 1 sandėliavimo mėnesio – 3,9 %. Po 2, 3 ir 4 sandėliavimo mėnesių grybų kiekis kito nuo 1,6 iki 1,8 %.

Tyrimų metu išskirtos dvi intensyviai toksinus gaminančios *Aspergillus* genties rūšys: *A. flavus* ir *A. niger*. Didžiausi *A. flavus* kiekiai nustatyti kontroliniame variante ir po 1 mėnesio sandėliavimo, grybų tarša buvo nedidelė, ji sudarė 1,3 % (2 lentelė). Ilgėjant sandėliavimo trukmei *A. flavus* tarša bičių žiedadulkėse mažėjo nežymiai. 2–4 mėn. laikotarpiu *A. flavus* sumažėjo atitinkamai 0,7 %, 0,73 % ir 0,86 %. Pagal Lugauską et al., (2006), *A. flavus* priskiriamas „sandėlių‘‘ grybams, kurie teršia tik sandėliuojamą produkciją, todėl šios rūšies grybų kiekis žiedadulkėse stabiliai išsilaikė.

Žiedadulkių mėginiuose *A. niger* grybai buvo išplitę negausiai. Jie identifikuoti kontroliniuose žiedadulkių mėginiuose ir po pirmo sandėliavimo mėnesio. Kontroliniame variante šios rūšies grybų tarša buvo 0,59 % mažesnė nei *A. flavus*, ji sudarė 0,71 %, o po pirmo sandėliavimo mėnesio siekė 0,74 % ir buvo 0,56 % mažesnė nei *A. flavus*.

2 lentelė. *Aspergillus* spp. tarša bičių žiedadulkių sandėliavimo laikotarpiu

Table 2. *Levels of Aspergillus spp. (cfu g^{-1}) in bee pollen samples during its storage*

Eksperimentas *Experiment*	Dominuojančios *Aspergillus* grybų gentys *Dominant fungal genera*	
	Aspergillus flavus	*Aspergillus niger*
Kontrolė *Control*	$1{,}1 \times 10^1$ a	1×10^1 a
1 mėnesis 1month	$1{,}1 \times 10^1$ a	1×10^1 a
2 mėnesiai 2 months	1×10^1 b	-
3 mėnesiai 3 months	1×10^1 b	-
4 mėnesiai 4 months	1×10^1 b	-

Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b), yra esminiai ($P < 0.05$).
Note. Means not sharing common letters are significantly different at $P < 0.05$.

Tolimesnių tyrimų metu, po 2–4 mėnesių laikotarpio, *A. niger* grybų bičių žiedadulkėse nenustatyta.

Atlikti tyrimai parodė, kad bičių žiedadulkių išdžiovinimas iki 8% drėgnumo nevisiškai apsaugo nuo toksinus gaminančių *Aspergillus* grybų taršos. *A. flavus* grybų tarša išsilaikė visą 1–4 mėnesių tyrimo laikotarpį, ilgėjant sandėliavimo trukmei ji sumažėjo nežymiai. *A. niger* grybai gyvybingi išliko tik pirmą sandėliavimo mėnesį.

Išvados

1. Kontroliniuose žiedadulkių mėginiuose nustatyti 11 genčių priklausę mikroskopiniai grybai. Žiedadulkių mėginiuose vyravo *Alternaria*, *Penicillium* ir *Cladosporium* genčių grybai.
2. *Aspergillus* genties grybai žiedadulkių mėginiuose išskirti 1−4 mėnesių tyrimų laikotarpį. Didžiausia šių grybų tarša nustatyta po 1 sandėliavimo mėnesio – 3,9 %. Po 2–4 sandėliavimo mėnesių, grybų kiekis sumažėjo iki 1,6 %.
3. Tyrimų metu išskirtos *A. flavus* ir *A. niger* grybų rūšys. Ilgėjant sandėliavimo trukmei *A. flavus* grybų kiekis mažėjo. Po 2–4 mėn. *A. flavus* tarša sumažėjo nuo 0,7 % iki 0,86 %. *A. niger* grybų kiekis (0,74 %) žiedadulkėse nustatytas tik po mėnesio sandėliavimo. Po 2–4 mėnesių laikotarpio, *A. niger* grybų bičių žiedadulkėse nenustatyta.

Literatūra

1. Birck, N. M. M, Lorini, I., Scussel, V. M. (2006). Fungus and mycotoxins in wheat grain at post harvest. 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 198–203.
2. Deveza, M. V., Keller, K. M., Lorenzon, M. C. A., Nunes, I. M. T., Sales, E. O., Bart, O. (2015). Mycotoxicological and palynological profiles of commercial brands of dried bee pollen. Brazilian Journal of Microbiology, 46 (4): 1171–1176.

3. Estevinho, L. M., Dias, T., Anjos, O. (2018). Influence of storage conditions (frozen *vs.* dried) in health-related lipid indexes and antioxidants of bee pollen. European Journal of Lipid Science and Technology, 121 (2): 1800393.
4. Ismaiel, A.A., Papenbrock, J. (2015). Mycotoxins: Producing fungi and Mechanisms of Phytotoxicity. Agriculture. MDPI, 5(3), 492–537.
5. Kensler, T. W., Bill, D., Roebuck, G., Wogan, N., Groopman, J. D. (2011). Aflatoxin: A 50-Year Odyssey of Mechanistic and Translational Toxicology. Toxicological Sciences, 120(1): 28–48.
6. Kostić, A. Ž., Milinčić, D. D., Barać, M. B., Shariati, M. A., Tešić, Ž. L., Pešić, M. B. (2020). The application of pollen as a functional food and feed ingredient – the present and perspectives. Biomolecules, 10: 84.
7. Lugauskas, A. (2006). Mikotoksinų kaupimosi maiste dėsningumai ir prevencinių saugos priemonių paieška. Maisto chemija ir technologija, 40(2): 16-27.
8. Mayda, N., Özkök, A., Bayram, N. E., Gerçek, Y. C., Sorkun, K. (2020). Bee bread and bee pollen of different plant sources: Determination of phenolic content, antioxidant activity, fatty acid and element profiles. Journal of Food Measurement and Characterization, 14: 1795–1809.
9. Nardoni, S., D'Ascenzi C., Rocchigiani, G., Moretti, V., Mancianti, F. (2016). Occurrence of moulds from bee pollen in Central Italy – a preliminary study. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 23: 103–105.
10. Petrović, T., Nedić, N., Paunović, D., Rajić, J, Matović, K., Radulović, V., Krnjaja, V. (2014). Natural mycobiota and aflatoxin B1 presence in bee pollen collected in Serbia. Biotechnology in Animal Husbandry, 30: 731–741.
11. Pitt, J. I., Hocking, A. D. (2009). Fungi and Food Spoilage (3rd ed.). Springer, 519 p.
12. Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: important issues. Zemdirbyste-Agriculture, 104(4): 377–382.
13. Samson, R. A., Hoekstra, E. S., Frisvad, J. C., Filtenborg, O. (2002). Introduction to Food-and Airborne Fungi (6th ed.). Central Bureau of Fungal Cultures, The Netherlands, 389 p.

Jolanta Sinkevičienė, Aušra Sinkevičiūtė

Bee Pollen Contamination with *Aspergillus* spp. Fungi

The aim of the research is to investigate *Aspergillus* spp. prevalence in bee pollen and to determine their variation during different storage periods. The research was carried out in 2021. During the research, 40 bee pollen samples were analysed. The dilution method (cfu g^{-1}) was used for fungi isolation from bee pollen. Microscopic fungi belonging to 11 genera were identified in the control pollen samples. Pollen samples were dominated by fungi of the genera *Alternaria*, *Penicillium* and *Cladosporium*. Fungi of the genus *Aspergillus* were isolated in the pollen samples during the 1-4 month research period. The highest contamination of these fungi was determined after 1 month of storage- 3.9%. After 2-4 months of storage, the amount of fungi decreased to 1.6%. *A. flavus* and *A. niger* fungi were isolated during the research. As the storage time increased, the amount of *A. flavus* decreased. After 2-4 months, *A. flavus* decreased from 0.7% to 0.86%. *A. niger* in bee pollen was determined only after a month of storage. After a period of 2-4 months, *A. niger* were not detected in bee pollen.

Aspergillus spp., bee pollen, contamination.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Jolanta SINKEVIČIENĖ. 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 22 96, el. paštas: jolanta.sinkeviciene@vdu.lt
Jolanta SINKEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno dist. +370 37 752296, e-mail: jolanta.sinkeviciene@vdu.lt
Aušra SINKEVIČIŪTĖ. Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Odontologijos fakultetas, studentė. Adresas: A. Mickevičiaus g. 9, Kaunas, el. paštas: ausra.sinkeviciute@stud.lsmu.lt
Aušra SINKEVIČIŪTĖ. Lithuanian University of Health Sciences, Faculty of Odontology, student. Address: A. Mickevičiaus str. 9, Kaunas, e-mail: ausra.sinkeviciute@stud.lsmu.lt

VAISTINIŲ AUGALŲ, KURIUOSE KAUPIASI RAUGINĖS MEDŽIAGOS, LAPŲ SAUSŲ METANOLINIŲ EKSTRAKTŲ POVEIKIS MIKROORGANIZMAMS

Aurėja Kavaliauskaitė[1,2], Vita Raudonienė[2], Jurgita Švedienė[2], Kristina Ložienė[1,2]

[1]Vilniaus universitetas, [2]Gamtos tyrimų centras

Dauguma augalų antrinių metabolitų pasižymi įvairiu biologiniu aktyvumu, taip pat ir antibakterinėmis savybėmis - vieni tokių junginių yra aptinkami erikinių *(Ericaceae)* ir erškėtinių *(Rosaceae)* šeimos atstovuose. Šio tyrimo rezultatai gali turėti įtakos, kuriant naujas burnos higienos priemones (dantų pastas, gelius, burnos skalavimo skysčius ir kt.) burnos ligų profilaktikai. Tyrimo metu buvo analizuojami sausi 11 augalų metanoliniai ekstraktai priklausantys *Ericacea* ir *Rosaceae* šeimai. Sausų augalų ekstraktų antimikrobiniam aktyvumui nustatyti buvo naudojami *Staphylococcus aureus, Streptococcus mitis, Moraxella catarrhalis* ir *Candida albicans* mikroorganizmai. Ekstraktų antimikrobinis aktyvumas buvo nustatytas Kirby-Bauer agaro difuzijos metodu. Mažiausią atsparumą augalų sausų ekstraktų koncentracijoms turėjo *Staphylococcus aureus* bakterijos. Stipriausiu biocidiniu poveikiu prieš *C. albicans* tarp tirtų augalų sausų ekstraktų pasižymėjo juodoji varnauogė, prieš *S. aureus, S. mitis* ir *M. catarrhalis* – miltinė meškauogė. Miltinės meškauogės sausųjų metanolinių ekstraktų antimikrobinis poveikis prieš *S. aureus* buvo stipresnis nei kontrolei naudoto antibiotiko vankomicino poveikis.

Mikroorganizmai, metanoliniai ekstraktai, *Ericaceae*, *Rosaceae.*

Įvadas

Burnos ertmės mikroorganizmai yra viena sudėtingiausia žmogaus organizmo mikroflora. Šiuo metu burnos ertmėje aptikta daugiau nei 700 bakterijų rūšių (Deo ir kt., 2019). Sveikos burnos patogeninės ir nepatogeninės bakterijos paprastai palaiko dinamišką pusiausvyrą per sinergetinį ir antagonistinį mikroorganizmų veikimą. Tačiau pakitus burnos ertmės mikroflorai, patogeniniai mikroorganizmai sparčiai dauginasi ir taip gali sukelti burnos ligas (Tong ir kt., 2014). Burnos sveikata daro labai didelę įtaką bendrai žmogaus gyvenimo kokybei užtikrinant fizinę, socialinę, psichinę gerovę, o prasta burnos būklė yra susijusi su lėtinėmis ir sisteminėmis ligomis (Palombo, 2011). Dantų ligos, tokios kaip kariesas ir periodonto ligos, yra vienos iš labiausiai paplitusių ligų mūsų visuomenėje. Vieni iš pagrindinių mikroorganizmų, kurie atsakingi už karieso išsivystymą, yra *Streptococcus mitis* ir *Candida albicans* (Floyd, 2016). *Staphylococcus aureus* ir *Candida albicans* yra susiję su infekcinėmis, neurodegeneracinėmis ligomis, širdies ir kraujagyslių ligomis ir vėžiu (Sedghi ir kt., 2021). Burnos mikroflora, įskaitant *Moraxella catarrhalis*, yra natūralus rezervuaras daugybei oportunistinių mikrobų, sukeliančių platų spektrą ūminių ir potencialiai pavojingų gyvybei kvėpavimo takų infekcijų ir meningitą (Stan ir kt., 2021). Todėl norint išvengti sveikatos problemų yra labai svarbu gerinti burnos būklę, didžiausią dėmesį skiriant jos higienai ir profilaktikai.

Pastaruoju metu didėjant natūralios kilmės produktų farmacijoje poreikiui, ieškoma potencialių, antimikrobinėmis savybėmis pasižyminčių natūralios kilmės junginių (Stan ir kt., 2021). Vaistiniai augalai plačiai naudojami kaip alternatyvios terapinės priemonės profilaktikai ir/ar gydymui nuo daugelio ligų. Antriniai augalų metabolitai gali būti atsakingi už apsaugą nuo mikroorganizmų – dauguma antrinių metabolitų, biologiškai veikliosios medžiagos, pasižymi įvairiu biologiniu aktyvumu, taip pat ir antibakterinėmis savybėmis (Waksmundzka-Hajnos ir kt., 2008). Vieni tokių junginių yra aptinkami erikinių *(Ericaceae)* ir erškėtinių *(Rosaceae)* šeimos atstovuose (Patel ir kt., 2022). Lietuvoje auga nemažai augalų, priklausančių erikinių ir erškėtinių šeimos atstovams, todėl šie augalai potencialiai gali būti naudojami burnos ligų gydymui ir profilaktikai (Aleksandravičiūtė ir kt., 1971; Butkus ir kt., 1976).

Šio *darbo tikslas* – įvertinti erikinių *(Ericaceae)* ir erškėtinių *(Rosaceae)* šeimos atstovų lapų sausų metanolinių ektraktų poveikį burnos mikroorganizmams.

Tyrimų metodika

Bandymo metu buvo tiriama 11 augalų – 7 augalai priklausantys *Ericacea* šeimai (šilinis viržis, miltinė meškauogė, bruknė, mėlynė, juodoji varnauogė, pelkinis gailis ir siauralapė balžuva), 4 – *Rosaceae* šeimai (žąsinė sidabražolė, vaistinė dirvuolė, paprastoji žemuogė, paprastoji rasakila) (1 lentelė).

Sausi metanoliniai ekstraktai ruošiami susmulkinant vaistinių augalų antžemines dalis elektriniu smulkintuvu – malūnu (0,20 min/sec, 1000 rpm) („Retsch GM 200“, Vokietija). Pasverta po 5 g susmulkintų

augalų lapų, kurie užpilti 100 ml 70 % (v/v) metanoliu. Ekstraktai purtyklėje („IKA Vortex Genius 3“, Vokietija) purtyti 1 valandą kambario temperatūroje. Gauti ekstraktai filtruoti ir rotacinio garintuvo („Buchi Rotavapor R-3“, Šveicarija) pagalba nugarintas metanolis (vonelės temperatūra 35 °C). Gauti ekstraktai vieną parą liofilizuoti, naudojant skystą azotą, 110 °C temperatūroje.

Sausų augalų ekstraktų antimikrobiniam aktyvumui nustatyti buvo naudojami *Staphylococcus aureus* ATCC 29213*, Streptococcus mitis* ATCC 6249*, Moraxella catarrhalis* ATCC 7104 ir *Candida albicans* CBS 2730 mikroorganizmai. Augalų ekstraktų poveikis mikroorganizmams buvo tiriamas Kirby-Bauer agaro difuzijos metodu naudojant Mueller-Hinton terpę bakterijoms, o *Candida albicans* – Mueller-Hinton terpę su 2 % gliukoze. Skirtingos sausų augalų ekstraktų (100 mg/ml, 200 mg/ml ir 400 mg/ml) koncentracijos gaunamos tirpinant metanolyje. Paruoštos tiriamų bakterijų ląstelių suspensijos matuojamos spektrofotometru („Thermo Scientific Evolution 60S“, JAV), esant 625 nm bangos ilgiui, o *Candida albicans* – 530 nm. Inokuliavimui buvo naudota mikroorganizmų suspensija, kurios koncentracija buvo 10^6 KSV/ml. Ant terpės buvo dedami sterilūs filtrinio popieriaus diskeliai (6 mm), ant kurių užlašinta 10 µl tiriamų augalų ekstraktų. Bandymas atliekamas 3 pakartojimais. Kaip neigiama kontrolė buvo naudotas 70 % (v/v) metanolis, kaip teigiama – antibiotikų diskai (*Staphylococcus aureus, Streptococcus mitis* – vankomicinas*; Moraxella catarrhalis* – trimetoprimo-sulfametoksazolas; *Candida albicans* – flukonazolas). Petri lėkštelės su pasėliais inkubuotos termostate 24 val., esant 35 °C temperatūrai, išskyrus *S. mitis*, kuris buvo kultivuojamas anaerobinėmis sąlygomis. Vaistinių augalų metanolinių ekstraktų aktyvumas buvo įvertinas pagal mikroorganizmų augimo slopinimo zonos diametrą (mm).

Rezultatai ir aptarimas

Tyrimo rezultatai parodė, kad visų tirtų erikinių ir erškėtinių šeimos vaistinių augalų atstovų ekstraktai slopino *S. aureus, S. mitis* ir *M. catarrhalis* bakterijų augimą (ekstraktų koncentracijos – 100 mg/ml ir 200 mg/ml). Tuo tarpu *C. albicans* augimo visiškai neveikė žąsinės sidabražolės, vaistinės dirvuolės, paprastosios žemuogės, paprastosios rasakilos, šilinio viržio, bruknės, mėlynės, miltinės meškauogės ir siauralapės balžuvos lapų sausieji metanoliniai ekstraktai (ekstrakto koncentracija – 400 mg/ml) (1 lentelė, 1 pav.).

1 lentelė. *Ericaceae* ir *Rosaceae* rūšių vaistinių augalų sausų ekstraktų poveikis mikroorganizmams
Table 1. *Effect of dry extracts of Ericaceae and Rosaceae medicinal plants on microorganisms*

	Mikroorganizmai ***Microorganisms***			
	Staphylococcus aureus	*Moraxella catarrhalis*	*Streptococcus mitis*	*Candida albicans*
	Slopinimo zona, mm *Inhibition zone, mm*			
	100 mg/ml	200 mg/ml	100 mg/ml	400 mg/ml
Žąsinė sidabražolė *Potentilla anserina*	13,0±0	16,0±0,3	10,0±0	0
Vaistinė dirvuolė *Agrimonia eupatoria*	12,0±0,3	13,0±0,3	8,0±0,5	0
Paprastoji žemuogė *Fragaria vesca*	11,0±0,3	16,8±0	10,0±0,3	0
Paprastoji rasakila *Alchemilla vulgaris*	10,0±0,3	17,0±0,3	8,0±0,3	0
Šilinis viržis *Calluna vulgaris*	14,0±0,5	10,8±0	10,8±0	0
Miltinė meškauogė *Arctostaphylos uva-ursi*	19,0±0,3	21,0±0,5	14,0±0,5	0
Bruknė *Vaccinium vitis-idaea*	18,0±0,5	11,0±0,5	10,0±0,3	0
Mėlynė *Vaccinium myrtillus*	9,0±0,5	10,8±0	8,0±0,3	0
Juodoji varnauogė *Empetrum nigrum*	14,0±0	15,8±0	10,0±0,3	14,0±0,5
Pelkinis gailis	13,0±0,3	12,0±0	11,8±0	12,0 ± 0,5

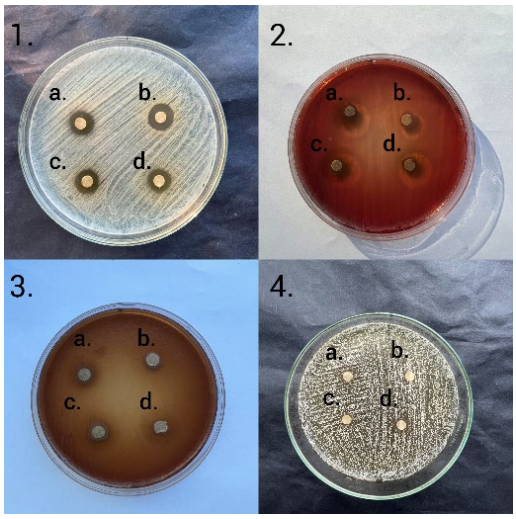
	Mikroorganizmai ***Microorganisms***			
	Staphylococcus aureus	*Moraxella catarrhalis*	*Streptococcus mitis*	*Candida albicans*
	Slopinimo zona, mm *Inhibition zone, mm*			
	100 mg/ml	200 mg/ml	100 mg/ml	400 mg/ml
Rhododendron tomentosum				
Siauralapė balžuva *Andromeda polifolia*	11,8±0	11,0±0,3	10,0±0	0
Vankomicinas *Vancomycin*	11,0±0,5	-	21,0±0,3	-
Trimetoprimo-sulfametoksazolas *Trimethoprim-sulfamethoxazole*	-	31,0±0	-	-
Flukonazolas *Fluconazole*	-	-	-	20,0±0
Metanolis *Methanol*	0	0	0	0

Mažiausią atsparumą augalų sausų ekstraktų koncentracijoms turėjo *Staphylococcus aureus* bakterijos. Gauti tyrimo rezultatai parodė, kad stipriausiu biocidiniu poveikiu prieš *S. aureus* pasižymėjo miltinė meškauogė (100 mg/ml koncentracijų ektraktų slopinimo zona buvo 19,0±0,3 mm). Miltinės meškauogės sausųjų metanolinių ekstraktų antimikrobinis poveikis prieš *S. aureus* buvo 1,7 karto stipresnis nei kontrolėje naudoto antibiotiko vankomicino poveikis. Šiek tiek silpnesnį, bet labai panašų antimikrobinį poveikį, *S. aureus* bakterijai turėjo bruknės 100 mg/ml ekstrakto koncentracija – slopinimo zona 18,0±0,5 mm. Gauti rezultatai parodė, kad silpniausią poveikį *S. aureus* augimo slopinimui turėjo mėlynė ir paprastoji rasakila (ekstraktų slopinimo zonos 9,0±0,5 mm ir 10,0±0,3 mm atitinkamai). Mėlynės ekstrakto antimikrobinį poveikį yra tyrusi Rumunijos, Rusijos ir Vengrijos mokslininkų grupė. Tyrimo metu naudodami mėlynių neskiestą hidroalkoholinį ekstraktą mokslininkai nustatė, kad fenolinių junginių slopinimo zonos skersmuo mėlynių, rinktų Rusijoje, buvo 7,0 mm, o mėlynės, rinktos Rumunijoje, *S. aureus* augimo neveikė (Georgescu ir kt., 2022).

Miltinės meškauogės 200 mg/ml koncentracijos ekstraktas pasižymėjo stipriausiu antimikrobiniu aktyvumu ir prieš *M. catarrhalis* (slopinimo zona 21,0±0,5 mm). Šiek tiek silpniau *M. catarrhalis* bakterijų augimą veikė paprastosios rasakilos ir žąsinės sidabražolės ekstraktai – jų slopinimo zonos buvo panašios. Mažiausią poveikį *M. catarrhalis* bakterijų augimui turėjo šilinio viržio ir mėlynės ekstraktai (slopinimo zonos 10,8 mm). Lyginant šilinio viržio ir mėlynės ekstraktus su miltinės meškauogės ekstraktu, stebima, kad jų slopinimo zonos mažesnės beveik 2 kartus.

Stipriausiu biocidiniu poveikiu prieš *S. mitis* tarp tirtų augalų sausų ekstraktų pasižymėjo miltinės meškauogės 100 mg/ml koncentracijos ekstraktas (slopinimo zona 14,0±0,5 mm). Pelkinio gailio ekstraktas taip pat turėjo stiprų slopinantį poveikį *S. mitis* bakterijų augimui (slopinimo zona 11,8±0 mm). Paprastosios žemuogės, bruknės ir juodosios varnauogės ekstraktai turėjo vienodą antimikrobinį poveikį prieš *S. mitis* (slopinimo zonos 10,0±0,3 mm). Paprastosios rasakilos ir mėlynės ekstraktai silpniausiai slopino *S. mitis* bakterijų augimą, tačiau labai panašiai veikė ir vaistinės dirvuolės ekstraktas – inhibicinė zona buvo tik 1,02 karto didesnė už paprastosios rasakilos ir mėlynės. Miltinės meškauogės ekstraktą yra tyrę Čenajaus mokslininkai, kurie nustatė, kad miltinės meškauogės etanolinio lapų ekstrakto minimali baktericidinė koncentracija prieš *S. mitis* yra 5 mg/ml (Lakshmi ir kt., 2012).

C. albicans grybo augimą veikė tik dviejų augalų rūšių 400 mg/ml koncentracijų ekstraktai – stipriausiu baktericidiniu poveikiu prieš *C. albicans* pasižymėjo juodoji varnauogė (slopinimo zona 14,0±0,5 mm), šiek tiek silpnesniu poveikiu pasižymėjo pelkinio gailio ekstraktas (slopinimo zona 12,0±0,5 mm). Georgescu ir kt. (2022) tyrimų metu nustatė, kad mėlynių, rinktų Rusijoje, ekstraktas turėjo įtakos *C. albicans* augimui – fenolinių junginių slopinimo zonos skersmuo buvo 10,0 mm, o mėlynės rinktos Rumunijoje *C. albicans* grybo augimo neveikė.



1 pav. Tiriamų vaistinių augalų ekstraktų antibakterinis poveikis 1 – *S. aureus,* 2 – *M. catarrhalis,* 3 – *S. mitis* ir 4 – *C. albicans* augimui (a – *Potentilla anserina*, b – *Agrimonia eupatoria*, c – *Fragaria vesca*, d – *Alchemilla vulgaris*)

Fig. 1. *Antibacterial effect of investigated medicinal plant extracts on the growth of 1 – S. aureus, 2 – M. catarrhalis, 3 – S. mitis and 4 – C. albicans (a – Potentilla anserina, b – Agrimonia eupatoria, c – Fragaria vesca, d – Alchemilla vulgaris)*

Tyrimo rezultatai parodė, kad antibiotikai vankomicinas, flukonazolas, trimetoprimo-sulfametoksazolas (teigiama kontrolė) turėjo antimikrobinį poveikį visų tirtų mikroorganizmų augimui, o metanolis (neigiama kontrolė) neturėjo jokio poveikio tirtiems mikroorganizmams.

Išvados

1. *Candida albicans* grybas buvo atspariausias toms pačioms tirtų rūšių vaistinių augalų lapų sausų metanolinių ekstraktų koncentracijoms nei *Staphylococcus aureus, Moraxella catarrhalis* ir *Streptococcus mitis* bakterijos.
2. Mažiausią atsparumą augalų sausų metanolinių ekstraktų koncentracijoms turėjo *Staphylococcus aureus* bakterijos.
3. Stipriausiomis antimikrobinėmis savybėmis prieš mikroorganizmus iš tirtų vaistinių augalų pasižymėjo miltinė meškauogė, išskyrus *C. albicans* – šio grybo augimui įtakos turėjo tik juodosios varnauogės ir pelkinio gailio ekstraktai.

Literatūra

1. Deo, P. N., & Deshmukh, R. (2019). Oral microbiome: Unveiling the fundamentals. Journal of Oral and Maxillofacial Pathology: JOMFP, 23(1), 122–128. https://doi.org/10.4103/jomfp.JOMFP_304_18
2. Tong, Z., Ni, L., & Ling, J. (2014). Antibacterial peptide nisin: A potential role in the inhibition of oral pathogenic bacteria. Peptides, 60, 32–40. https://doi.org/10.1016/j.peptides.2014.07.020
3. Palombo, E. A. (2011). Traditional Medicinal Plant Extracts and Natural Products with Activity against Oral Bacteria: Potential Application in the Prevention and Treatment of Oral Diseases. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. https://doi.org/10.1093/ecam/nep067
4. Floyd E. Dewhirst, DDS, PhD. (2016). THE ORAL MICROBIOME: MICROBIOME: Critical for Understanding Oral Health and Disease.
5. Sedghi, L., DiMassa, V., Harrington, A., Lynch, S. V., & Kapila, Y. L. (2021). The oral microbiome: Role of key organisms and complex networks in oral health and disease. Periodontology 2000, 87(1), 107–131. https://doi.org/10.1111/prd.12393
6. Stan, D., Enciu, A.-M., Mateescu, A. L., Ion, A. C., Brezeanu, A. C., Stan, D., & Tanase, C. (2021). Natural Compounds With Antimicrobial and Antiviral Effect and Nanocarriers Used for Their Transportation. Frontiers in Pharmacology, 12. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphar.2021.723233
7. Waksmundzka-Hajnos, M., Sherma, J., & Kowalska, T. (2008). Thin Layer Chromatography in Phytochemistry. CRC Press.

8. Patel, A., Rasheed, A., Reilly, I., Pareek, Z., Hansen, M., Haque, Z., Simon-Fajardo, D., Davies, C., Tummala, A., Reinhardt, K., Bustabad, A., Shaw, M., Robins, J., Vera Gomez, K., Suphakorn, T., Camacho Gemelgo, M., Law, A., Lin, K., Hospedales, E., Nanjundan, M. (2022). Modulation of Cytoskeleton, Protein Trafficking, and Signaling Pathways by Metabolites from Cucurbitaceae, Ericaceae, and Rosaceae Plant Families. Pharmaceuticals, 15(11), Art. 11. https://doi.org/10.3390/ph15111380
9. Aleksandravičiūtė B., Bagdonaitė A., Butkienė S., et al. (1971). Lietuvos TSR flora IV. Vilnius: Mintis.
10. Butkus, V., Galinis, V., Jankevičienė, R., et al. (1976). Lietuvos TSR flora V. Vilnius: Mokslas.
11. Georgescu, C., Frum, A., Virchea, L.-I., Sumacheva, A., Shamtsyan, M., Gligor, F.-G., Olah, N. K., Mathe, E., & Mironescu, M. (2022). Geographic Variability of Berry Phytochemicals with Antioxidant and Antimicrobial Properties. Molecules, 27(15), Art. 15. https://doi.org/10.3390/molecules27154986
12. Lakshmi, T., Aravind Kumar, S., Arun, A. V. In vitro antibacterial screening of Arctostaphylos uva ursi leaf extract on selected oral plaque forming microorganisms. Int J Current Research and Review. 2012 Mar; 4(5):63–8.

Aurėja Kavaliauskaitė, Vita Raudonienė, Jurgita Švedienė, Kristina Ložienė

The effect of Dry Methanolical Extracts of the Leaves of Medicinal Plants in which Current Substances Accumulate on Microorganisms

Most plant secondary metabolites have various biological activities, including antibacterial properties - some of these compounds are found in members of the Ericaceae and Rosaceae families. The results of this study may influence the development of new oral hygiene products (toothpastes, gels, mouthwashes, etc.) for the prevention of oral diseases.

Dry methanolic extracts of 11 plants belonging to the Ericacea and Rosaceae families were analyzed during the study. Microorganisms Staphylococcus aureus, Streptococcus mitis, Moraxella catarrhalis and Candida albicans were used to determine the antimicrobial activity of dry plant extracts. The antimicrobial activity of the extracts was determined by the Kirby-Bauer agar diffusion method. Staphylococcus aureus bacteria had the lowest resistance to concentrations of dry plant extracts. Empetrum nigrum showed the strongest biocidal effect against C. albicans among the tested plant dry extracts, and Arctostaphylos uva-ursi against S. aureus, S. mitis and M. catarrhalis. The antimicrobial effect of methanolic extracts of dry Arctostaphylos uva-ursi on S. aureus was stronger than that of the control antibiotic vancomycin.

Microorganisms, methanol extracts, *Ericaceae, Rosaceae*.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Aurėja KAVALIAUSKAITĖ. Vilniaus universiteto, Medicinos fakulteto magistrantė. Adresas: M. K. Čiurlionio g. 21, 03101 Vilnius, Tel. 8 5 239 8700, el. paštas: aureja.kav@gmail.com
Aurėja KAVALIAUSKAITĖ, Vilnius university, Faculty of Medicine, student of MSc. Address: M. K. Čiurlionio str. 21, 03101 Vilnius. +370 5 239 8700, e-mail: aureja.kav@gmail.com
Vita RAUDONIENĖ. Gamtos tyrimų centro, Biodestruktorių tyrimo laboratorijos biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Akademijos g. 2-2, LT08412, Vilnius. Tel. 8 5 279 66 40, el. pastas: vita.raudoniene@botanika.lt
Vita RAUDONIENĖ. Nature Research Centre Laboratory of Biodeterioration Research, doctor of biomedicine sciences. Address: Akademijos str. 2-2, LT- 08412 Vilnius. +370 5 279 66 40, e-mail: vita.raudoniene@botanika.lt
Jurgita ŠVEDIENĖ. Gamtos tyrimų centro, Biodestruktorių tyrimo laboratorijos biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Akademijos g. 2-2, LT-08412, Vilnius. Tel. 8 5 279 66 40, el. paštas: jurgita.svediene@botanika.lt
Jurgita ŠVEDIENĖ. Nature Research Centre Laboratory of Biodeterioration Research, doctor of biomedicine sciences. Address: Akademijos str. 2-2, LT- 08412 Vilnius. +370 5 279 66 40, e-mail: jurgita.svediene@botanika.lt
Kristina LOŽIENĖ, Gamtos tyrimų centro, Ekonominės botanikos laboratorijos, biomedicinos mokslų daktarė, Vilniaus universitetas, Medicinos fakultetas. Adresas: Akademijos g. 2-2, LT-08412, Vilnius. Tel. 8 5 272 99 30, el. paštas: kristina.loziene@gamtc.lt
Kristina LOŽIENĖ, Nature Research Centre, Laboratory of Economic Botany, doctor of biomedicine sciences, Vilnius university, Faculty of Medicine. Address: Akademijos str. 2-2, LT-08412, Vilnius. +370 5 272 99 30, e-mail: kristina.loziene@gamtc.lt

ROZMARINO RŪGŠTIES NUSTATYMAS VAISTINĖS MELISOS *(MELISSA OFFICINALIS* L.*)* AUGALINĖJE ŽALIAVOJE, ARBATOSE IR MAISTO PAPILDUOSE EFEKTYVIOSIOS SKYSČIŲ CHROMATOGRAFIJOS METODU

Vaiva Juozapavičiūtė, Laura Rimkienė, Mindaugas Marksa

Lietuvos sveikatos mokslų universitetas

Vaistinė melisa (*Melissa officinalis* L.) – notrelinių (*Lamiaceae*) šeimos daugiametis, žolinis, vaistinis augalas. Lietuvos farmacijos rinkoje esančiame asortimente galima įsigyti maisto papildų ir arbatų, į kurių sudėtį įeina vaistinė melisa, skirtų nervinių bei virškinimo sutrikimų simptomų palengvinimui. Rozmarino rūgštis – vienas iš junginių, naudojamų augalinės žaliavos, arbatų ir maisto papildų su vaistine melisa kokybės įvertinimui. Darbo tikslas – nustatyti, ar rozmarino rūgšties kaupimuisi vaistinės melisos žaliavoje turi įtakos skirtinga geografinė žaliavos rinkimo vieta bei žaliavos rinkimo laikas. Taip pat įvertinti Lietuvos vaistinėse parduodamų arbatų ir maisto papildų, į kurių sudėtį įeina vaistinės melisos žaliava, kokybę, remiantis nustatytu rozmarino rūgšties kiekiu. Tyrimo metu nustatyta, kad vaistinės melisos žaliavos ėminiuose nustatytas rozmarino rūgšties kiekis varijuoja priklausomai nuo žaliavos rinkimo regiono bei ėminių rinkimo laiko. Rozmarino rūgštis nustatyta visose šešiose tirtose arbatose. Didesni ($p<0,05$) rozmarino rūgšties kiekiai nustatyti arbatose, skirtuose nerviniams sutrikimams palengvinti, nei arbatose, skirtose viršinimo sutrikimų simptomų palengvinimui. Rozmarino rūgštis identifikuota penkiose iš šešių tirtų maisto papildų. Nustatytas rozmarino rūgšties kiekis maisto papilduose varijuoja nuo 0,03 ± 0,002 mg/g iki 103,34 ± 0,49 mg/g.

Vaistinė melisa (*Melissa officinalis* L.), vaistinė augalinė žaliava, maisto papildai, arbatos, rozmarino rūgštis.

Įvadas

Vaistinė melisa *(Melissa officinalis L.)* yra tradicinis, nuo seno vartojamas augalas, skirtas vidutinio streso simptomams palengvinti, normaliai miego funkcijai palaikyti, bei lengvų virškinimo sutrikimų simptomų, tokių kaip pilvo ir vidurių pūtimo palengvinimui (EMEA, 2012). Vaistinė augalinė žaliava – kultivuojamo daugiamečio žolinio augalo, vaistinės melisos, žydėjimo metu surinkti ir išdžiovinti lapai (Janulis ir kt., 2001). Vaistinė augalinė žaliava renkama augalui pasiekus maksimalų vegetacijos laikotarpį, kai sukaupiamas didžiausias biologiškai aktyvių junginių kiekis – birželio mėnesio antrojoje pusėje. Išdžiūvusi žaliava būna žalios spalvos, citrinų kvapo, kartoko, bet malonaus skonio (Duda ir kt., 2015).

Vaistinės melisos fitocheminė sudėtis yra įvairi, tačiau gydomasis poveikis priskiriamas hidroksicinamono rūgštims, iš kurių svarbiausia – rozmarino rūgštis. Rozmarino rūgštis pasižymi priešuždegiminiu, antioksidaciniu, neuroprotekciniu, antidepresiniu, priešvirusiniu, antimikrobiniu ir priešgrybeliniu poveikiais (Noguchi-Shinohara ir kt., 2020). Rozmarino rūgšties kiekis vaistinės melisos žaliavoje gali kisti priklausomai nuo geografinės padėties, klimato sąlygų taip pat vaistinės augalinės žaliavos kultivavimo bei sandėliavimo metu (Sussa ir kt., 2016).

Šiuo metu Lietuvoje notifikuojama vis daugiau maisto papildų ir arbatų, į kurių sudėtį įeina vaistinės melisos žaliava. Lietuvos farmacijos rinkoje esantys preparatai, sudėtyje turintys vaistinės melisos žaliavos, yra skirti nerviniams sutrikimams palengvinti, normaliai miego funkcijai palaikyti bei virškinimo sutrikimų simptomų palengvinimui. Siekiant užtikrinti vaistinių augalinių žaliavų bei iš jų gaminamų fitopreparatų saugumą ir efektyvumą, svarbu identifikuoti juose esančius veikliuosius junginius bei atlikti jų kiekybinę analizę, pagal naujausius tarptautinius standartus ir Europos Sąjungos norminių dokumentų reikalavimus atitinkančias metodikas.

Šio tyrimo tikslas yra: 1) nustatyti, ar rozmarino rūgšties kaupimuisi vaistinės melisos žaliavoje turi įtakos skirtinga geografinė žaliavos rinkimo vieta bei žaliavos rinkimo laikas; 2) įvertinti Lietuvos vaistinėse parduodamų arbatų ir maisto papildų, į kurių sudėtį įeina vaistinės melisos žaliava, kokybę, remiantis nustatytu rozmarino rūgšties kiekiu.

Tyrimų metodika

Vaistinės melisos augalinės žaliavos ėminiai rozmarino rūgšties kokybinės ir kiekybinės sudėties įvairavimui įvertinti rinkti 2022 m. birželio – rugsėjo mėnesiais, aštuoniuose skirtinguose Lietuvos regionuose (Mažeikių m. sav.; Klaipėdos m. sav.; Panevėžio raj. sav.; Jonavos raj. sav.; Kauno m. sav.; Vilniaus raj. sav.;

Marijampolės apskr.; Kelmės raj. sav.). Analizuojamos arbatos ir maisto papildai, į kurių sudėtį įeina vaistinės melisos žaliava, įsigyti iš Lietuvos farmacijos rinkoje esančio asortimento.

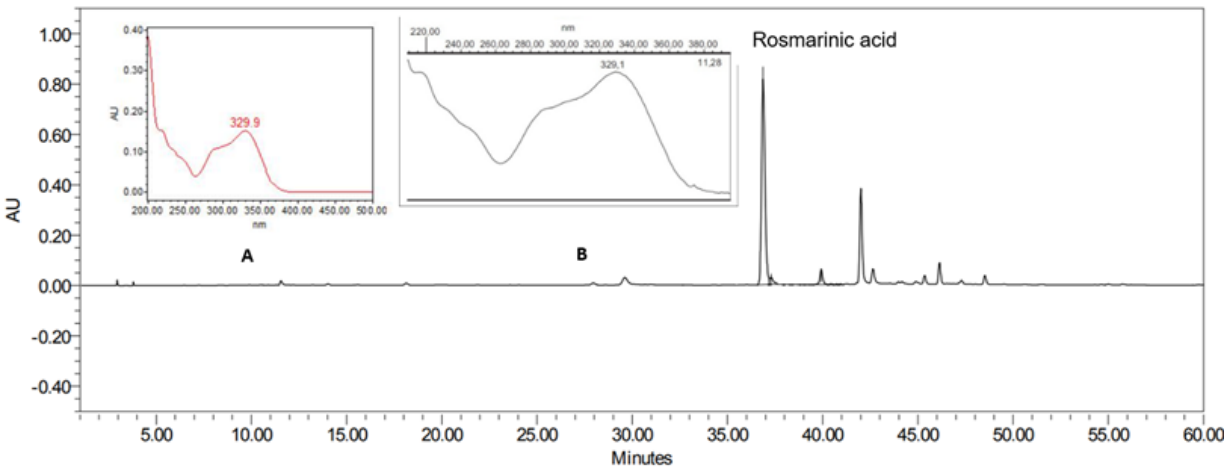
Tyrimams atsveriama 0,1 g (tikslus svėrinys, sverta 0,001 g tikslumu) susmulkintų vaistinės melisos žaliavos lapų ir vaistinės melisų lapų arbatų mėginių. Maisto papildų tabletės susmulkinamos grūstuvėje iki vienalyčių miltelių, kietos kapsulės išardomos. Atsveriama 0,1 g miltelių. Pasverti mėginiai supilami į konusines kolbutes, užpilami 8 ml ekstrahento. Ekstrakcija vykdoma ultragarso vonelėje 20 min. Eksperimentinių tyrimų metu nustatyta, kad didžiausias ekstrakcijos efektyvumas pasiektas naudojant 70 proc. metanolį (V/V), todėl šis tirpiklis pasirinktas kaip ekstrahentas.

Vaistinės melisos augalinės žaliavos, arbatų bei maisto papildų kokybinė ir kiekybinė rozmarino rūgšties analizė atlikta pritaikant Olekaitė P. ir kt. efektyviosios skysčių chromatografijos metodiką (2022). Naudota „Waters Alliance 2695“ (“Waters”, Milford, JAV) chromatografas ir fotodiodų matricos detektorius Waters 996 PDA (Waters Corporation, Milford, USA). Detekcija atlikta prie 324 nm šviesos bangos ilgio. Naudota ACE18 250 x 4,6 mm kolonėlė, užpildyta 5,0 µm sorbentu. Injekcijos tūris – 10 µl, kolonėlės temperatūra 25 °C. Gradientinė eliucija atlikta su dviem eliuentais: tirpalo A – 0,1 proc. trifluoracto rūgšties vandenyje ir tirpalo B – acetonitrilo. Eliuentų tekėjimo greitis 1 ml/min.

Eksperimentiniai bandymai kartoti tris kartus, apskaičiuotas gautų rezultatų vidurkis, standartinis nuokrypis ir statistinis reikšmingumas. Ėminių sudėties skirtumai įvertinti taikant vienfaktorinę dispersinę analizę (ANOVA) bei pritaikius daugkartinių palyginimų Tukey‘s HSD testą. Rezultatai statistiškai reikšmingais laikomi, kai $p < 0,05$.

Rezultatai ir aptarimas

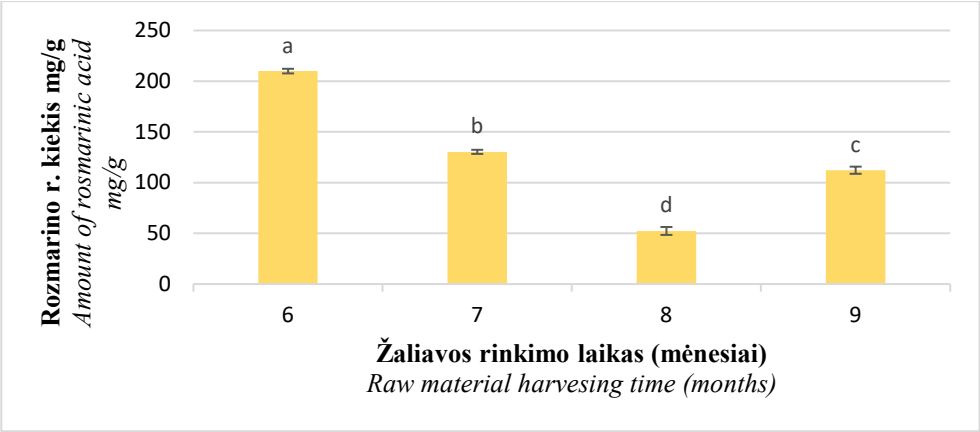
Eksperimentinio tyrimo metu chromatografinių smailių identifikavimas atliktas pagal analičių ir standartinių junginių sulaikymo trukmių bei UV absorbcijos spektrų 200–400 nm šviesos bangos ilgio ribose sutapimus. Rozmarino rūgščių kiekiai skaičiuoti šviesos bangos ilgiui esant 329,9 nm (1 pav.). Rozmarino rūgštis nustatyta visose tirtose vaistinės melisos augalinės žaliavos mėginiuose bei visose arbatų mėginiuose. Iš šešių tirtų maisto papildų, penkiuose identifikuota rozmarino rūgštis, viename mėginyje rozmarino rūgšties nenustatyta.



1 pav. Vaistinės melisos žaliavos chromatograma. Rozmarino rūgšties UV absorbcijos spektras: A – gautas tyrimo metu B – pateiktas literatūros šaltinyje (Shekarchi ir kt., 2012)

Fig. 1. *Chromatogram of raw material lemon balm. UV absorption spectra of rosmarinic acid: A – experimental; B – literature data (Shekarchi et al., 2012)*

Tyrimo metu lyginta rozmarino rūgšties kiekio priklausomybė nuo žaliavos rinkimo laiko (2 pav.). Didžiausias ($p < 0,05$) rozmarino rūgšties kiekis nustatytas birželio mėn. rinktoje vaistinės melisos žaliavoje (209,96 ± 2,28 mg/g); mažiausias ($p < 0,05$) – rugpjūčio mėn. (52,36 ± 3,9 mg/g).



2 pav. Rozmarino rūgšties kiekio palyginimas skirtingu žaliavos rinkimo laiku (mėnesiai)

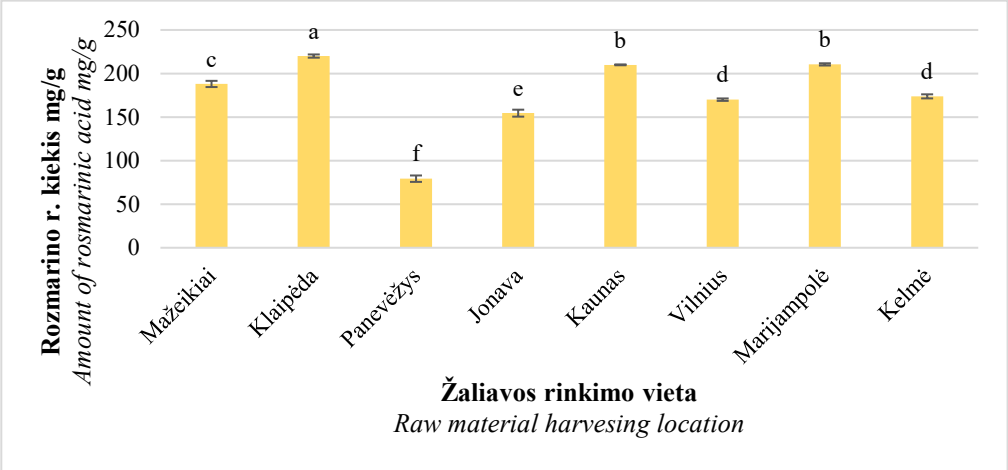
Fig. 2. *Comparison of rosmarinic acid amount at different raw material harvesing time (months)*

Pastaba: skirtingomis raidėmis pažymėti reikšmingi ($p < 0,05$) skirtumai stulpeliuose.
Note: different letters indicate significant ($p < 0.05$) differences in columns.

Atliktų tyrimų duomenys sutampa su literatūros šaltiniuose pateiktais duomenimis, kuriuose nurodoma, kad vaistinės melisos lapuose kaupiamos rozmarino rūgšties kiekis varijuoja priklausomai nuo žaliavos rinkimo laiko. Chizzola R. ir kt. nustatė, kad reikšmingai didesni ($p < 0,05$) rozmarino rūgšties kiekiai sukaupiami birželio mėnesį rinktoje vaistinės melisos žaliavoje, lyginant su rugpjūčio mėnesį rinkta žaliava (2018).

Lyginant tarp skirtinguose Lietuvos geografiniuose regionuose surinktos žaliavos, didžiausiais ($p < 0,05$) kiekis rozmarino rūgšties nustatytas Klaipėdos m. sav. rinktoje žaliavoje, mažiausias ($p < 0,05$) – Panevėžio m. sav. (atitinkamai 220,04 ± 1,85 mg/g ir 79,29 ± 3,69 mg/g) (3 pav.).

Rasool ir kt. atlikto tyrimo Irake metu taip pat nustatė, kad rozmarino rūgšties kaupimuisi vaistinės melisos žaliavoje įtakos turi skirtinga žaliavos rinkimo vieta. Trijuose skirtingose Irako geografinėse vietose rinktos vaistinės melisos žaliavoje nustatytas rozmarino rūgšties kiekis svyravo nuo 0,475 mg/g iki 1,082 mg/g ir buvo reikšmingai didesnis aukštumose augančioje vaistinės melisos žaliavoje (2013).



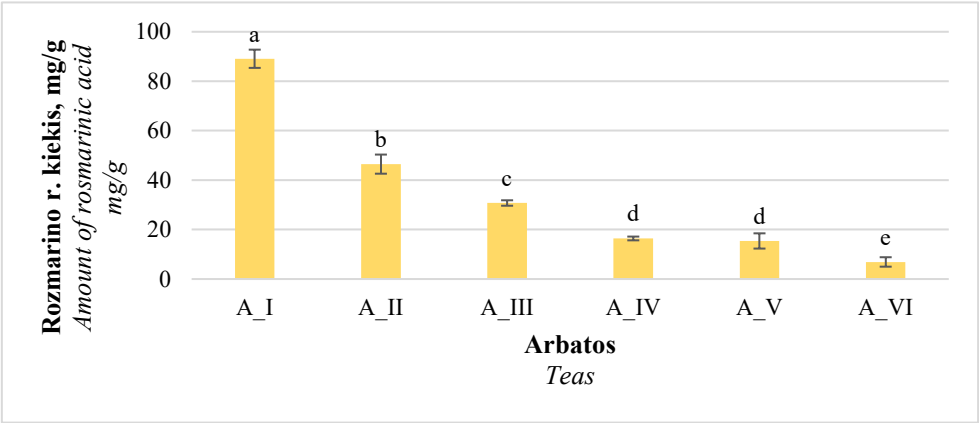
3 pav. Nustatytas rozmarino rūgšties kiekis skirtingose vaistinės melisos augavietėse

Fig. 3. *Amount of rosmarinic acid in different raw material harvesing locations*

Pastaba: skirtingomis raidėmis pažymėti reikšmingi ($p < 0,05$) skirtumai stulpeliuose.
Note: different letters indicate significant ($p < 0.05$) differences in columns.

Tyrimo metu pagal nustatytą rozmarino rūgšties kiekį analizuotos ir lygintos šešios skirtingų gamintojų arbatos su vaistinės melisos žaliava. Dvi arbatos vienkomponentės, sudėtyje turėjo tik vaistinės melisos lapų (atitinkamai A_I ir A_II). Kitos dvi arbatos (atitinkamai A_III ir A IV), skirtos vidutinio streso simptomams palengvinti ir normaliai miego funkcijai palaikyti, savo sudėtyje be vaistinės melisos žaliavos turėjo kitų vaistinių augalinių žaliavų (pvz.: pipirmėčių lapų (*Mentha piperita* L.), valerijonų *(Valeriana officinalis* L.) šakniastiebių su šaknimis ir kt.). Paskutinės dvi arbatos (atitinkamai A_V ir A_VI), skirtos lengvų virškinimo

sutrikimų simptomų palengvinimui, savo sudėtyje be vaistinės melisos žaliavos taip pat turėjo kitų augalinių vaistinių žaliavų (pvz.: vaistinių ramunių *(Matricaria chamomilla L.)* žiedų, kiaulpienių *(Taraxacum officinalis L.)* lapų ir kt.). Tyrimo metu gauti rezultatai pateikiami 4 pav.



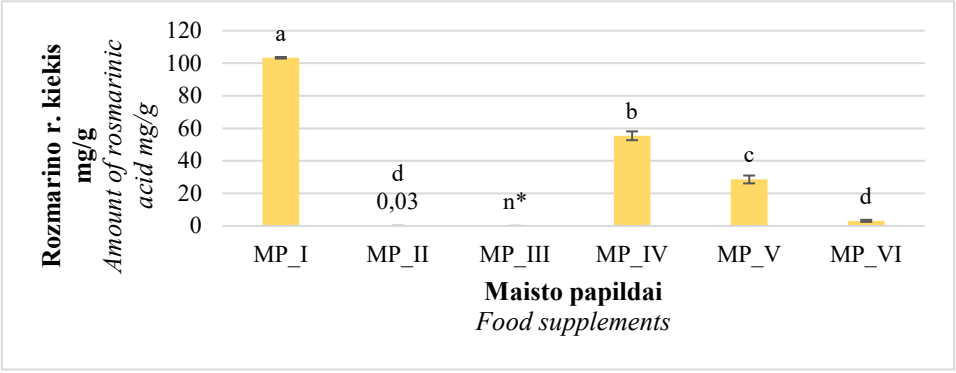
4 pav. Nustatytas rozmarino rūgšties kiekis arbatose su vaistine melisa

Fig. 4. *Amount of rosmarinic acid in teas with lemon balm*

Pastaba: skirtingomis raidėmis pažymėti reikšmingi ($p < 0,05$) skirtumai stulpeliuose. A_I ir A_II – vienkomponentės arbatos; A_III ir A_IV daugiakomponentės arbatos, skirtos nerviniams sutrikimams palengvinti; A_V ir A_VI – daugiakomponentės arbatos, skirtos virškinimui.
Note: different letters indicate significant ($p < 0.05$) differences in columns. A_I and A_II – single-component teas; A_III and A_IV – mult – component teas for the relief of nervous disorders; A_V and A_VI - multi-component teas for digestion.

Gauti duomenys rodo, kad didžiausia ($p < 0,05$) rozmarino rūgšties koncentracija nustatyta arbatose, į kurių sudėtį įeina tik vaistinės melisos žaliava (atitinkamai 89,09 ± 3,69 mg/g ir 46,48 ± 3,87 mg/g). Taip pat didesnis rozmarino rūgšties kiekis nustatytas arbatose, skirtose nerviniams sutrikimams palengvinti (atitinkamai 30,75 ± 1,1 mg/g ir 16,41 ± 0,76 mg/g), nei virškinimo sutrikimų simptomų palengvinimui (atitinkamai 15,41 ± 3,08 mg/g ir 6,91 ± 1,9 mg/g).

Pagal nustatytą rozmarino rūgšties kiekį vertinti ir lyginti maisto papildai, į kurių sudėtį įeina vaistinės melisos žaliava. Dviejuose maisto papilduose vaistinė melisa buvo vienintelė augalinė žaliava (atitinkamai MP_I ir MP_II). Kituose maisto papilduose be vaistinės melisos žaliavos buvo ir kitų augalinių medžiagų (pvz.: vaistinių ramunių, migdomųjų vitanijų *(Withania somnifera* L.*)*, balkšvųjų gysločių *(Plantago ovata* L.*)* ir kt.). Du maisto papildai (atitinkamai MP_III ir MP_IV) skirti normaliai miego funkcijai palaikyti, mažinti stresui ir nervinei įtampai. Kiti du maisto papildai (atitinkamai MP_V ir MP_VI), skirti virškinimo sutrikimų, tokių kaip pilvo pūtimui, lengvinti. Gauti rezultatai pavaizduoti 5 pav.



5 pav. Nustatytas rozmarino rūgšties kiekis maisto papilduose su vaistine melisa

Fig. 5. *Amount of rosmarinic acid in food supplements with lemon balm*

Pastaba: n* - nenustatyta. Skirtingomis raidėmis pažymėti reikšmingi ($p < 0,05$) skirtumai stulpeliuose. MP_I ir MP_II – maisto papildai, sudėtyje turintys tik vaistinės melisos žaliavos; MP_III ir MP_IV – maisto papildai, skirti nerviniams sutrikimams palengvinti; MP_V ir MP_VI – maisto papildai, skirti virškinimui.
Note: n - rosmarinic acid not identified. Different letters indicate significant ($p < 0.05$) differences in columns. MP_I and MP_II – food supplements, in which lemon balm is the only plant material; MP_III and MP_IV – food supplements intended to relieve nervous disorders; MP_V. and MP_VI - food supplements for digestion.*

Tik ant vieno iš pasirinktų gamintojų maisto papildo pakuotės (MP_IV) yra nurodomas rozmarino rūgšties kiekis – 1 kapsulėje yra 2 mg rozmarino rūgšties. Šiame mėginyje nustatyta 55,4 ± 2,71 mg/g, rozmarino rūgšties, tai atitinka 1,16 mg vienoje kapsulėje ir sudaro 57,75 proc. gamintojo ant preparato pakuotės deklaruojamo kiekio. Ant MP_VI pakuotės nurodytas smulkintų vaistinės melisos lapų kiekis (gramais). Šiame mėginyje nustatyta 3,12 ± 0,63 mg/g rozmarino rūgšties. Kitų papildų gamintojai ant pakuotės nurodo bendrą sausojo vaistinės melisos ekstrakto kiekį (miligramais). Didžiausias kiekis rozmarino rūgšties nustatytas MP_I mėginyje (103,34 ± 0,49 mg/g). Mažesni kiekiai rozmarino rūgšties nustatyti MP_V mėginyje (28,57 ± 2,4 mg/g). Mažiausias kiekis rozmarino rūgšties nustatytas MP_II mėginyje (0,03 ± 0,002 mg/g). Ant MP_III produkto pakuotės taip pat nurodomas sausas vaistinės melisos ekstrakto kiekis, tačiau rozmarino rūgšties čia nebuvo nustatyta.

Eksperimentinio tyrimo metu, pritaikius efektyviosios skysčių chromatografijos metodiką, vaistinės melisos žaliavoje, arbatose ir maisto papilduose buvo identifikuota rozmarino rūgštis. Nustatyti reikšmingi rozmarino rūgšties kiekio skirtumai, lyginant vaistinės žaliavos rinkimo vietą ir laiką. Įvertinta arbatų ir maisto papildų, į kurių sudėtį įeina vaistinės melisos žaliava kokybė, remiantis nustatytu rozmarino rūgšties kiekiu. Rezultatai parodė, kad lyginant vaistinės melisos augalinę žaliavą, arbatą, bei maisto papildus su vaistinės melisos augaline žaliava, fiksuojami reikšmingi skirtumai tarp nustatyto rozmarino rūgšties kiekio mėginiuose.

Išvados

1. Didžiausias ($p < 0,05$) rozmarino rūgšties kiekis sukaupiamas birželio mėn. rinktoje vaistinės melisos žaliavoje (209,96 ± 2,28 mg/g). Rozmarino rūgšties kiekis, skirtingose Lietuvos regionuose surinktose vaistinės melisos lapų mėginiuose, varijuoja nuo 79,29 ± 3,69 mg/g (Panevėžio m. sav.) iki 220,04 ± 1,85 mg/g (Klaipėdos m. sav.).
2. Rozmarino rūgštis nustatyta visose šešiose tirtose arbatose. Didesni ($p < 0,05$) rozmarino rūgšties kiekiai nustatyti arbatose, skirtose nerviniams sutrikimams palengvinti (atitinkamai 30,75 ± 1,1 mg/g ir 16,41 ± 0,76 mg/g), nei arbatose, skirtose virškinimui (atitinkamai 15,41 ± 3,08 mg/g ir 6,91 ± 1,9 mg/g).
3. Rozmarino rūgštis nustatyta penkiose iš šešių tirtų maisto papildų. Nustatytas rozmarino rūgšties kiekis maisto papilduose varijuoja nuo 0,03 ± 0,002 mg/g iki 103,34 ± 0,49 mg/g.

Literatūra

1. Chizzola, R., Lohwasser, U., & Franz, C. (2018). Biodiversity within Melissa officinalis: variability of bioactive compounds in a cultivated collection. *Molecules*, *23*(2), 294.
2. Duda, S. C., Mărghitaş, L. A., Dezmirean, D., Duda, M., Mărgăoan, R., & Bobiş, O. (2015). Changes in major bioactive compounds with antioxidant activity of Agastache foeniculum, Lavandula angustifolia, Melissa officinalis and Nepeta cataria: Effect of harvest time and plant species. Industrial Crops and Products, 77, 499–507.
3. European Medicines Agency (EMEA) (2012), Committee on herbal medicinal products (HMPC), assesment report on Melissa officinalis L.
4. Janulis V., Puodžiūnienė G., Barsteigienė Z. (2001). Morfologiniai ir anatominiai vaistinių augalinių žaliavų požymiai. Kaunas.
5. Noguchi-Shinohara, M., Ono, K., Hamaguchi, T., Nagai, T., Kobayashi, S., Komatsu, J., ... & Yamada, M. (2020). Safety and efficacy of Melissa officinalis extract containing rosmarinic acid in the prevention of Alzheimer's disease progression. Scientific Reports, 10(1), 18627.
6. Olekaitė, P. (2022). Fermentacijos proceso poveikis siauralapio gauromečio (*Epilobium angustifolium* L.) augalinės žaliavos cheminei sudėčiai.
7. Rasool, A. A., & Muhammad, K. A. (2013). Estimation of some plant secondary products in *Urtica dioica* L., *Viola odorata* L. and *Melissa officinalis* L. naturally grown in Hawraman-Kurdistan region of Iraq. *Journal of Agricultural Science and Technology. B*, *3*(7B), 480.
8. Shekarchi, M., Hajimehdipoor, H., Saeidnia, S., Gohari, A. R., & Hamedani, M. P. (2012). Comparative study of rosmarinic acid content in some plants of Labiatae family. Pharmacognosy magazine, 8(29), 37.
9. Sussa, F. V., Duarte, C. L., Furlan, M. R., & da SILVA, P. S. C. (2016). Agricultural management, season and trace elements effects on volatile oil production from *Melissa officinalis* L. (Lemon balm). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, *307*, 2365–2371.

Vaiva Juozapavičiūtė, Laura Rimkienė, Mindaugas Marksa

Determination of Rosmarinic Acid in Lemon Balm Raw Material, Teas and Food Supplements by High-Performance Liquid Chromatography

Melissa officinalis *(Melissa officinalis L.)* is a perennial, herbaceous, medicinal plant of the Lamiaceae family. In Lithuanian pharmacies there are variety of food supplements and teas, with lemon balm, intended for the relief of symptoms of nervous and digestive disorders. Rosmarinic acid is active compound, used to evaluate the quality of herbal raw materials, teas and food supplements with lemon balm. The aim of this study is to determine the influence of different geographical location and harvesing time on the accumulation of rosmarinic acid in the raw lemon balm material. And also to evaluate the quality of teas and food supplements, containing lemon balm, based on the determined amount of rosmarinic acid. It was found that the accumulation of rosmarinic acid in the raw material of lemon balm is influenced by the geographical location and the time of harvesing. Rosmarinic acid was detected in all six teas samples. Higher ($p < 0.05$) levels of rosmarinic acid were found in teas intended for the relief of nervous disorders than in teas, intended for the relief of digestive disorders. Rosmarinic acid was identified in five of the six selected food supplements. The determined amount of rosmarinic acid in food supplements varies from 0.03 ± 0.002 mg/g to 103.34 ± 0.49 mg/g.

Melissa officinalis (Melissa officinalis L.), raw material, food supplements, teas, rosmarinic acid.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

VAIVA JUOZAPAVIČIŪTĖ. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Farmacijos fakulteto Analizinės ir toksikologinės chemijos katedros magistrantė. Adresas: Sukilėlių pr. 13, LT-50162 Kaunas. Tel. (8-37) 327 246, el. paštas: vaivajuozapaviciute@gmail.com

VAIVA JUOZAPAVIČIŪTĖ. Lithuanian University of Health Sciences Medicinal academy Faculty of Pharmacy Department of analytical and toxycological chemistry postgraduate student. Address: Sukilėliu per. 13, LT-50162 Kaunas. Phone: (+370 37) 327 246, e-mail: vaivajuozapaviciute@gmail.com.

LAURA RIMKIENĖ. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Farmacijos fakulteto Analizinės ir toksikologinės chemijos katedros Doc. dr. Adresas: Sukilėlių pr. 13, LT-50162 Kaunas. Tel. (8-37) 32 72 46, el. paštas: laura.rimkiene@lsmuni.lt

LAURA RIMKIENĖ. Lithuanian University of Health Sciences Medicinal academy Faculty of Pharmacy Department of analytical and toxycological chemistry dr. assoc. prof. Address: Sukilėliu pr. 13, LT-50162 Kaunas. Phone: (+370 37) 32 72 46, e-mail: laura.rimkiene@lsmuni.lt

MINDAUGAS MARKSA. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Farmacijos fakulteto Analizinės ir toksikologinės chemijos katedros lektorius. Adresas: Sukilėlių pr. 13, LT-50162, Kaunas. Tel. (8-37) 32 72 46, el. paštas: mindaugas.marksa@lsmu.lt

MINDAUGAS MARKSA. Lithuanian University of Health Sciences Medicinal academy Faculty of Pharmacy Department of analytical and toxycological chemistry lecturer. Address: Sukilėliu per. 13, LT-50162 Kaunas. Phone: (+370 37) 32 72 46, e-mail: mindaugas.marksa@lsmu.lt

ŠALTOS PLAZMOS TAIKYMO SALDŽIOSIOS STEVIJOS *STEVIA REBAUDIANA (BERTONI*) AGRONOMINIŲ IR BIOCHEMINIŲ SAVYBIŲ GERINIMUI PERSPEKTYVOS

Augustė Judickaitė, Rasa Žūkienė

Vytauto Didžiojo Universitetas

Mes ištyrėmė CP poveikį daigumui ir steviolio glikozidų (SG) kiekiui dviejuose saldžiosios stevijos kultivaruose – naudojamo komerciškai ir ‘Criolla‘. Komerciškai naudojamo kultivaro kontrolinė grupė pasižymėjo didesniu dygimo greičiu ir daigumo procentu bei SG kiekiui nei ‘Criolla‘.Sėklų apdorojimas CP 7 min. komercinio tipo sėkloms galutinį daigumą sumažino 4 %, o daigumo greičio neveikė. 5 min. CP ‘Criolla‘ sėklų daigumą padidino 8%. Išmatavus SG kiekį lapuose nustatyta, kad 5 min. CP padidino RebA ir Stev koncentraciją 2,2 karto, o 7 min. – 2 kartus. Komercinio kultivaro lapuose RebA/Stev santykis, tiesiogiai koreliuojantis su SG skonio kokybe, padidėjo 1,5 karto po 2 min. CP apdorojimo. Tyrimų rezultatai parodė, kad sėklų apdorojimas CP gali keliais kartais padidinti vertingų antrinių metabolitų kiekį augaluose, tačiau poveiks gali priklausyti ne tik nuo taikytos plazmos rūšies, bet ir nuo tos pačios rūšies augalo genotipo.

Stevia rebaudiana (Bertoni), šalta plazma, antriniai metabolitai, steviolio glikozidai, agronominės savybės.

Įvadas

Pasaulyje vis labiau besikeičiantis klimatas tampa vis didesniu iššūkiu augalams prisitaikyti prie augimo sąlygų, o maisto paklausa, augant gyventojų skaičiui, taip pat didėja. Maisto augintojai turi dažniau naudoti papildomus resursus, todėl yra svarbu ne tik užtikrinti derlingumo didinimą, bet ir inovatyvių bei tvarių žemdirbystės technologijų vystymą. Išnaudojant natūralų augalų prisitaikymą prie kintančių sąlygų, galima sumažinti sunaudojamą vandens, trąšų ir pesticidų kiekį (t. y. taršumą) ir padidinti gaunamo derliaus kiekį. Pastaruosius tris dešimtmečius buvo intensyviai tirtas fizinio stresoriaus – neterminės arba šaltos plazmos (angl. *cold plasma* (CP)) sukeliamo streso sėkloms atsakas (Araujo ir kt., 2016; Waskow ir kt., 2021). Buvo nustatyta, kad sėklų apdorojimas CP pagerina sėklų dygimą ir daigų vystymąsi, skatina augalų medžiagų apykaitą, biomasės susidarymą, vaisių nokimą ir didina maistinę vertę (Araujo ir kt., 2016). Toks sėklų apdirbimas prieš sėją, lyginant su kitais naudojamais metodais žemės ūkyje (selekcija, auginimo sąlygų gerinimas trąšomis ir pesticidais), yra greitesnis, mažiau taršus ir gerina augalo savybes. Nustatyta, kad sėklas paveikus CP, didėja augalų atsparumas ligoms, antrinių metabolitų koncentracija, taip pat gerėja agronominės savybės: sėklų daigumas, šaknų ir augalų augimas (Filatova ir kt., 2014; Jiang ir kt., 2014; Mildažienė ir kt., 2022; Judickaitė ir kt., 2022). Mokslinėje literatūroje trūksta duomenų apie CP sukeliamus pokyčius daugeliui augalų rūšių. Bandymai atlikti su kai kurių maistinių augalų sėklomis parodė, kad poveikis priklauso nuo naudojamos CP įrangos, poveikio trukmės, augalo rūšies ir auginimo sąlygų (Mildažienė ir kt., 2022). CP poveikis saldžiosios stevijos *Stevia rebaudiana (Bertoni)*, sėklų daigumui ir antrinių metabolitų – steviolio glikozidų (SG), atsakingų už saldų stevijos ekstraktų skonį, pirmą kartą nustatytas neseniai, 2022 m. (Judickaitė ir kt.). Saldžioji stevija yra daugiametis krūmas (Paragvajus, Pietų Amerika), auginamas visame pasaulyje kaip natūralus SG šaltinis. Komerciškai svarbiausi (koncentracijos santykis tiesiogiai koreliuoja su skoninėmis produkto savybėmis) – rebaudiozidas A (RebA) ir steviozidas (Stev) (Lemus-Mondaca ir kt., 2012). RebA ir Stev yra beveik 400 kartų saldesni nei sacharozė ir sudaro beveik 90 % visų SG. Tai ypač svarbu cukriniu diabetu sergantiems asmenims, nes SG nėra metabolizuojami organizme (yra bekaloris produktas) (Gantait ir kt., 2018; Lemus-Mondaca ir kt., 2012). Taip pat buvo nustatyta terapinė stevijos ekstraktų nauda gydant lėtines ligas ir pvz.: antsvorį, nutukimą, cukrinį diabetą, kepenų suriebėjimą, širdies ir kepenų fibrozę, uždegimines žarnyno ligas, tam tikras vėžio rūšis, hipertenziją ir lėtines inkstų ligas (Wang ir kt., 2020). Stevijos augalus auginti yra sunku ne tik dėl kintančių aplinkos sąlygų ar didėjančio žaliavos poreikio, bet ir dėl prasto sėklų daigumo (Mathur ir kt., 2017). Pažymėtina, kad nebuvo ištirti ir CP sukeliamo efekto skirtumai, paveikus skirtingas stevijos rūšis. Mes ištyrėme CP poveikį daigumui ir steviolio glikozidų (SG) kiekiui dviejuose saldžiosios stevijos kultivaruose – naudojamo komerciškai ir ‘Criolla‘.

Tyrimų metodika

Bandymui buvo atrinktos tik tamsios saldžiosios stevijos kultivarų ´Criolla´ (gautos iš Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos) ir komercinio naudojimo sėklos be nurodyto kultivaro, įsigytos iš

„Agrofirmos SĖKLOS, UAB“, nes blyškios sėklos laikomos steriliomis. CP poveikio sąlygos buvo parinktos pagal veiksmingiausias sąlygas kitoms augalų rūšims (Mildažienė ir kt., 2022). Eksperimentas atliktas Vytauto Didžiojo universitete, Biochemijos katedroje.

‘Criolla‘ kultivaro sėklų apdorojimui buvo naudota kondensatoriaus tipo žemo slėgio CP sistema (Judickaitė ir kt., 2022). 100 sėklų tvarkingai vienu sluoksniu buvo išdėliotos ant 6 cm diametro stiklinės Petri lėkštelės ir patalpintos į CP kamerą. Kiekvieno eksperimento metu, prieš plazmos išlydžio generavimą tarp elektrodų, iš kameros buvo išsiurbiamas oras, sudarant 200 Pa dalinį vakuumą. Sėklos buvo veikiamos CP 2, 5 arba 7 min. (poveikiai toliau sutrumpintai vadinami CP2, CP5 ir CP7).

CP poveikio daigumui *in vitro* (kultivaro ‘Criolla‘) arba substrate (komercinio kultivaro) tyrimas buvo pradėtas praėjus 6 dienoms po sėklų apdorojimo. Klimatinėje kameroje (Pol-Eko-Aparatūra KK 750, Lenkija) automatiškai palaikyta 60% drėgmė ir kintamas šviesos ir temperatūros režimas (tamsa – 8 val.; šviesa – 16 val., temperatūra – 25±1 °C). Kultivaro ‘Criolla‘ sėklų daigumas įvertintas pirmiausia sėklas išdėliojus ant 5 ml dejonizuotu vandeniu sudrėkinto filtrinio popieriaus Petri lėkštelėse. Nustojus didėti dygstančių sėklų skaičiui, jos perkeltos į plastikinius daiginimo vazonus, užpildytus BioSoil substratu (SIA “Green-PIK LAT”, reg. No. K0.02-1386-16, Latvia). Komercinio tipo sėklos išdėliotos ant 50 ml dejonizuotu vandeniu sudrėkinto BioSoil substrato paviršiaus plastikiniuose daiginimo vazonuose. Daigai taip pat buvo skaičiuojami, tol kol jų skaičius nustojo didėti, o sėklos drėkintos pagal poreikį, neleidžiant išdžiūti. BioSoil sudarytas iš aukštos kokybės komposto, samanų durpių ir smėlio; azoto (N) – 0,3 %; fosforo (P2O5) – 0,2 %; kalio (K2O) – 0,3 %; organinių medžiagų – min. 14,6 %; drėgmės – max. 30 %, pH 6-7. CP poveikio įtaka daigumui įvertinta pagal daigumo kinetikos (greičio) pokyčius, apskaičiuotus naudojant Richardso funkciją (Richards, 1959; Hara, 1999): Vi (%) – galutinis sudygusių sėklų skaičius; Me (dienos) – laikas per kurį sudygsta pusė visų sėklų T50; Qu (dienos) – nuokrypis eksperimentinėje grupėje Me±Qu.

CP poveikis SG koncentracijai stevijos lapuose buvo vertintas 8 savaičių augalų lapuose. Surinkti lapai buvo džiovinti 24 val., 40 ºC temperatūroje ir sumalti naudojant malūnėlį (Tube-Mill control, IKA, Staufen, Vokietija). Milteliai sumaišyti su 70% etanolio (santykiu 1:50 (m/V)) ir ekstrahuoti ultragarso vonelėje 1 val., 25 ºC temperatūroje. Po ekstrakcijos mėginys centrifūguotas 16,000× g 10 min. Surinktas supernatantas užšaldytas -20 ºC temperatūroje. Bandymai atlikti pakartojant po 3 kartus kiekvienai eksperimentinei grupei. RebA ir Stev koncentracija buvo nustatoma naudojant efektyviąją skysčių chromatografiją (HPLC, angl. *high-performance liquid chromatography*). Naudota Agilent 1200 series HPLC Sistema (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA) su diodų matricos detektoriumi. Ekstraktai atskiedžiami 10 kartų ir prieš analizę perfiltruojami per PVDF membranos (porų dydis 0,22 µm) švirkštinį filtrą. 10 µl mėginio analizuojama atvirkščių fazių ės kolonėle (Purospher STAR RP-18e 5 µm Hibar 2 × 250 mm, Merck, Vokietija), eliuentas A – dejonizuotas vanduo, parūgštintas HCl iki pH 2,75, eliuentas B – 50 % acetonitrilas. Analizės metu taikoma izokratinė eliucija A:B 70:30, palaikoma pastovi kolonėlės temperatūra – 70 °C, tėkmės greitis – 0,25 ml/min, detekcijos bangos ilgis 210 nm. Matavimai atlikti po 3 kartus ir apskaičiuotas vidurkis. Kiekybinė analizė atlikta pagal kalibracinį grafiką.

Rezultatai

CP poveikis stevijos sėklų daigumui. CP poveikis saldžiosios stevijos komercinio ir ‘Criolla‘ kultivarų sėklų daigumui buvo vertinamas skirtingomis sąlygomis: ‘Criolla‘ – *in vitro*, komercinio – daiginimo vazonuose. Panaudojant sėklų dygimo dinamikos rodiklius (sudygusių sėklų skaičius per tam tikrą laiką kiekvienoje eksperimentinėje grupėje), apskaičiuoti kiekybiniai sėklų daigumo rodikliai pagal Richardso funkciją (tai trumpai aptarta skyriuje **Tyrimų metodika**), kurie pateikti 1 lentelėje ir 1A pav.

Komercinio kultivaro kontrolinė grupė pasižymėjo didesniu dygimo greičiu (sudygo per 4 dienas) ir daigumo procentu – 40 % nuo galutinio skaičiaus. Palyginus su ´Criolla´ sėklomis – sudygo per 5 dienas, daigumas 27 % atitinkamai. CP įtaka sėklų dygimui priklausė nuo CP įrangos, poveikio trukmės ir daiginimo sąlygų (*in vitro* ir substrato). CP neturėjo įtakos komercinio tipo sėklų daigumo greičiui, o 7 min. veikimas – mažino galutinį daigumą 4 %. Kitoks atsakas gautas paveikus lėčiau dygstančias ‘Criolla’ sėklas 5 min. – daigumas išaugo 8 %. Sėklas veikiant CP ilgiau – 7 min. – daigumo procentas padidėjo 4 %, taip pat jos greičiau sudygo – per 1 dieną.

1 lentelė. CP poveikio vertinimas saldžiosios stevijos sėklų daigumui.
Table 1. *Evaluation of the effect of CP on the germination of sweet stevia seeds.*

	'CRIOLLA'			**KOMERCINIO NAUDOJIMO *COMMERCIALLY USED***		
EKSPERIMENTINĖ GRUPĖ *EXPERIMENTAL GROUP*	Vi, %	Me, dienos *Me, days*	Qu, dienos *Qu, days*	Vi, %	Me, dienos *Me, days*	Qu, dienos *Qu, days*
K	27.03±2.13	5.06±0.12	0.68±0.10	40.0±5.0	3.9±0.1	0.16±0.01
CP5	35.00±1.01*	4.39±0.18*	1.14±0.08*	44.0±4.0	4.0±0.1	0.23±0.02*
CP7	31.58±3.90*	4.59±0.09*	0.98±0.17*	36.0±4.0*	3.8±0.2	0.21±0.02*

Pastaba. *statistiškai reikšmingas skirtumas, lyginant su kontroline grupe (p<0,05), n=4.
*Note. *statistically significant difference compared to the control group (p<0.05), n=4.*

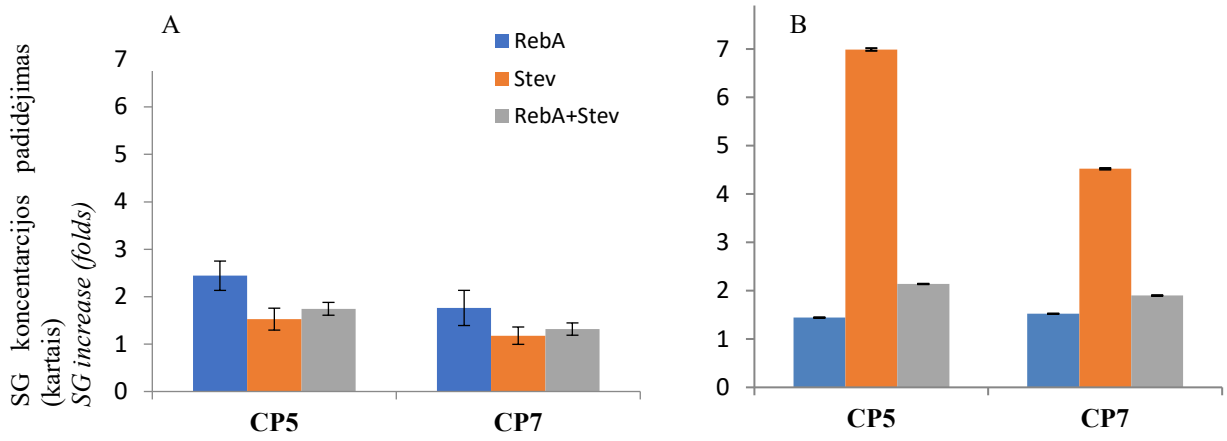
CP poveikis SG sintezei. CP sukeliamas tikslinių saldžios stevijos metabolitų SG, koncentracijos pokytis, taip pat kaip ir dygimo rodiklių, buvo nevienodas. RebA ir Stev koncentracija padidėjo ´Criolla´ lapuose 2,2 karto po 5 min. trukmės, o po 7 min. – 2 kartus. ´Criolla´ augalų SG pokyčių rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. CP poveikis RebA ir Stev koncentracijai 'Criolla' lapuose; mg·g−1/DW;
Table 2*. Effect of CP on RebA and Stev concentration in 'Criolla' leaves; mg·g−1/DW;*

	RebA	*Stev*	*RebA+Stev*	*RebA/Stev*	*RebA/ (RebA+Stev)*	*Stev/ (RebA+Stev)*
Kontrolė *Control*	36.71±3.10	5.27±1.63	41.98±4.71	8.35±1.62	0.88±0.02	0.12±0.02
CP5	56.63±9.07*	37.35±8.83*	93.99±17.89*	1.86±0.24*	0.64±0.03*	0.36±0.03*
CP7	59.58±9.12*	24.35±4.1*	83.93±13.25*	2.50±0.07*	0.71±0.01*	0.29±0.01*

Pastaba. *statistiškai reikšmingas skirtumas, lyginant su kontroline grupe (p≤ 0,005), n=4.
*Note. *statistically significant difference compared to the control group (p≤ 0.005), n=4.*

Komercinio kultivaro lapuose RebA koncentracija po apdorojimo CP statistiškai reikšmingai pasikeitė visose eksperimentinėse grupėse – padidėjo 1,9–2,5 karto, priklausomai nuo poveikio trukmės. Rezultatai, išreikšti kartais, pateikti 1B pav. Po 5 min. – CP padidino RebA ir bendrą SG koncentraciją 2,5 arba 1,8 karto atitinkamai. Pokytis, gerinantis stevijos produktų skonines savybes, pastebėtas po 2 min. apdorojimo CP – RebA/Stev santykis padidėjo 2,2 karto.



1 pav. CP sukeltas RebA, Stev koncentracijos padidėjimas komercinio tipo lapuose, palyginti su kontrole
Fig 1. *CP-induced increase in RebA, Stev concentration in leaves of commercial type compared to control*

Pastaba. **A** – poveikis komercinio tipo sėkloms; **B** – poveikis 'Criolla' sėkloms. Vidurkis ± SN (n = 4), statistiškai reikšmingi skirtumai lyginant su kontroline (p ≤ 0,05) buvo gauti visose grupėse.
*Note. **A** – effect on comercial tipe seeds; **B** – effect on 'Criolla' seeds. Mean ± SD (n = 4), statistically significant differences compared to control (p ≤ 0.05) were obtained in all groups.*

Rezultatų aptarimas

Sėklų apdorojimo CP prieš sėjant metodas yra paremtas augalų atsako į įvairius stresorius panaudojimu agronominei jų kokybei gerinti. Šaltos plazmos sukeliami pokyčių mechanizmai mobilizuoja įvairias augalų savybes, didinančias išgyvenamumo nepalankiomis sąlygomis galimybes – greitina sėklų dygimą ir gerina daigumą, skatina augimą ir augalų vystymąsi (Mildažienė ir kt., 2022). Nustatant CP sukeliamus pokyčius yra vertinami daigumo testo rezultatai, nustatomi morfometrinių rodiklių, tikslinių (tiriamų) antrinių metabolitų koncentracijų pokyčiai. Yra nustatyta, kad CP gali padidinti skirtingų augalų rūšių (*Echinacea purpurea, Cannabis sativa, Trifolium pratense, Fagopyrum esculentum*) tiriamų antrinių metabolitų koncentracijas (Mildažienė ir kt., 2022; Ivankov ir kt. 2021).

Mes ištyrėme CP poveikį daigumui ir steviolio glikozidų koncentracijos pokyčiams, apdorojus saldžiosios stevijos (*Stevia rebaudiana,* Bertoni) sėklas. Rezultatai parodė, kad sėklų apdorojimas CP gali būti tinkamas metodas, pagerinantis Reb Air Stev biosintezę. Taip pat pastebėjome, kad saldžiosios stevijos sėklų apdorojimas CP sukelia fenolinių junginių, flavanoidų ir atitinkamai antioksidacinio aktyvumo sumažėjimą (Judickaitė ir kt., 2022). Lyginant dviejų kultivarų ‘Criolla’ ir „komercinio“ atsaką į sėklų apdorojimą CP gauti skirtingi rezultatai. CP ‘Criolla‘ sėklų daigumą pagerino kaip ir daugelio kitų augalų. Kultivaro naudojamo komercijai, 7 min. CP – galutinį daigumą sumažino 4 %. Toks gimingų augalų atsako skirtumas gali būti paremtas skirtingomis agronominėmis kultivarų savybėmis – komercinio tipo sėklos pasižymėjo didesniu dygimo greičiu. Taip pat daigų auginimo sąlygos buvo nevienodos (*in vitro* ir substrate). Įvertinus CP poveikį SG biosintezei nustatyta, kad 5 min. padidino koncentraciją ‘Criolla’ lapuose 2,2 karto, o 7 min. – 2 kartus. Komercinio tipo augalų lapuose po 2 min. CP apdorojimo RebA/Stev santykis, tiesiogiai koreliuojantis su SG skonio kokybe, padidėjo 1,2 karto. CP taip pat padidino RebA ir bendrą SG kocentraciją visose eksperimentinėse grupėse. Lyginant kontrolines kultivarų grupes – RebA koncentracija komercinio tipo augaluose buvo mažesnė nei Stev (42,72±12,73 ir 136,56 ± 20,92 mg/g^{-1} atitinkamai). Skirtingai ‘Criolla’ kultivaro augalai pasižymėjo didesne RebA koncentracija – 36,71 ± 3,10 mg/g^{-1}, nei Stev koncentracija – 5,27±1,63 mg/g^{-1}. Produktų gamybai, naudojant saldžiosios stevijos lapų ekstraktus yra priimtiniau naudoti žaliavą, turinčią didesnę RebA nei Stev koncentraciją, nes RebA neturi nemalonaus kartoko ir išliekančio panašaus į anyžių poskonio. Produkcijai tinkamų ekstraktų RebA/Stev santykis yra 1:1 arba didesnis (Yadav ir kt., 2011). Pokyčiai, gauti apdorojus sėklas, parodė, kad CP gali padidinti RebA/Stev santykį ir RebA koncentraciją. Taip pat pastebėta, kad esant didesnei RebA koncentracijai, poveikis Stev koncentracijos padidėjimui yra stipresnis (‘Criolla‘ lapuose Stev koncentracija didėjo labiau nei RebA). Toks poveikio mechanizmas gali būti paremtas tuo, kad CP sumažina RebA koncentraciją kultivaruose, ir taip turinčiuose didesnę koncentraciją, tačiau gali ją padidinti augaluose, turinčiuose nedaug RebA.

Išvados

1. Saldžiosios stevijos sėklų apdorojimas CP prieš sėją gali padidinti tikslinių antrinių metabolitų – SG koncentraciją, net ir augaluose, turinčiuose didesnę RebA nei Stev koncentraciją. Poveikis priklauso nuo poveikio trukmės ir stevijos augalų genotipo.
2. CP ne tik gali pagerinti skonines galutinio produkto savybes, bet ir agronomines, prastu sėklų daigumu pasižyminčių sėklų savybes. Lėčiau dygstančių kultivarų sėklų dygimo greitis ir galutinis sudygusių sėklų procentas gali būti pagerinamas CP paveikiant 5 min.

Literatūra

1. Araujo, S. D. S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2016). Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. Frontiers in Plant Science, 7, 646.
2. Filatova, I. I., Azharonok, V. V., Goncharik, S. V., Lushkevich, V. A., Zhukovsky, A. G., & Gadzhieva, G. I. (2014). Effect of RF plasma treatment on the germination and phytosanitary state of seeds. Journal of Applied Spectroscopy, 81, 250–256.
3. Gantait, S., Das, A., & Banerjee, J. (2018). Geographical distribution, botanical description and self-incompatibility mechanism of genus Stevia. Sugar Tech, 20, 1–10.
4. Hara, Y. (1999). Calculation of population parameters using Richards function and application of indices of growth and seed vigor to rice plants. Plant Production Science, 2(2), 129–135.

5. Yadav, A. K., Singh, S., Dhyani, D., & Ahuja, P. S. (2011). A review on the improvement of stevia [Stevia rebaudiana (Bertoni)]. Canadian journal of plant science, 91(1), 1–27.
6. Ivankov, A., Naučienė, Z., Degutytė-Fomins, L., Žūkienė, R., Januškaitienė, I., Malakauskienė, A., Mildažienė, V. (2021). Changes in agricultural performance of common buckwheat induced by seed treatment with cold plasma and electromagnetic field. Applied Sciences, 11(10), 4391.
7. Jiang, J., Lu, Y., Li, J., Li, L., He, X., Shao, H., & Dong, Y. (2014). Effect of seed treatment by cold plasma on the resistance of tomato to Ralstonia solanacearum (bacterial wilt). Plos one, 9(5), e97753.
8. Judickaitė, A., Lyushkevich, V., Filatova, I., Mildažienė, 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.
9. Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., & Ah-Hen, K. (2012). Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. Food chemistry, 132(3), 1121–1132.
10. Mathur, S., Bulchandani, N., Parihar, S., & Shekhawat, G. S. (2017). Critical review on steviol glycosides: Pharmacological, toxicological and therapeutic aspects of high potency zero caloric sweetener. International Journal of Pharmacology, 13(7), 916–928.
11. Mildaziene, V., Ivankov, A., Sera, B., & Baniulis, D. (2022). Biochemical and physiological plant processes affected by seed treatment with non-thermal plasma. Plants, 11(7), 856.
12. Richards, F. J. (1959). A flexible growth function for empirical use. Journal of experimental Botany, 10(2), 290–301.
13. Wang, J., Zhao, H., Wang, Y., Lau, H., Zhou, W., Chen, C., & Tan, S. (2020). A review of stevia as a potential healthcare product: Up-to-date functional characteristics, administrative standards and engineering techniques. Trends in Food Science & Technology, 103, 264–281.
14. Waskow, A., Howling, A., & Furno, I. (2021). Mechanisms of plasma-seed treatments as a potential seed processing technology. Frontiers in Physics, 174.

Augustė Judickaitė, Rasa Žūkienė

Perspectives of the Application of Cold Plasma for the Improvement of Agronomic and Biochemical Properties of Sweet Stevia *Stevia rebaudiana* (*Bertoni*)

We investigated the effects of CP on germination and steviol glycosides (SG) content in two cultivars of sweet stevia, commercially used and 'Criolla'. The control group of the commercially used cultivar showed higher germination rate and germination percentage and SG content than 'Criolla'. Comparing the effects of CP on stevia cultivars – 7 min. for commercial type seeds reduced final germination by 4% and had no effect on germination rate. 5 minutes CP 'Criolla' seed germination increased by 8%. 5 min. CP increased the concentration of RebA and Stev by 2.2-fold, and at 7 min. – 2 times in the leaves of the commercial cultivar. The RebA/Stev ratio, which directly correlates with the flavor quality of SG, increased 1.5-fold after 2 min. CP processing. Research results showed that seed treatment with CP can increase the amount of valuable secondary metabolites in plants several times, but the effect may depend not only on the type of plasma applied, but also on the genotype of the plant of the same species.

Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni, cold plasma, secondary metabolites, steviol glycosides, morphometric parameters.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Augustė JUDICKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto, Biochemijos katedros doktorantė. Adresas: Vileikos g. 8, LT-53362 Akademija, Kauno r., Tel. +370 6740 4169, el. paštas: auguste.judickaite@vdu.lt
Augustė JUDICKAITĖ. Vytautas Magnus University Natural Sciences faculty, Biochemistry department doctorate. Address: Vileikos g. 8, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 6740 4169, e-mail: auguste.judickaite@vdu.lt

ŠIUOLAIKINĖS BIOFILINĖS MOKYKLOS PROJEKTAVIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS: KŪRYBINIO EKSPERIMENTO MOKYKLOSE REZULTATAI

Rasa Zubrutė, Indrė Gražulevičiūtė-Vileniškė

Kauno technologijos universitetas

Biofilinis projektavimas – projektavimo prieiga naudojama architektūros, interjerų projektavimo, urbanistikos ir kt. srityse, siekiant padidinti gyventojų ryšį su natūralia aplinka, tiesiogiai naudojant gamtinius elementus, ryšį su gamta, atkartojant gamtinės aplinkos charakteristikas ir jos erdvines savybes. Tyrime keliama hipotezė, kad šiuolaikinė mokykla, suprojektuota vadovaujantis biofilinio projektavimo principais, gali tapti perspektyvia švietimo įstaiga ir bendruomenės traukos centru. Hipotezei patikrinti buvo atlikta literatūros ir pavyzdžių apžvalga, sociologiniai tyrimai taikant įvairius metodus ir mokyklų tyrimai vietose. Straipsnyje detaliau pristatomi vaikų (moksleivių) nuomonę atspindinčio kūrybinio eksperimento „Piešiu savo svajonių mokyklą“ rezultatai ir jų analizė bei interpretacija naudojant Dirbtiniu Intelektu grįstus įrankius bei analizės metu išskirti vaikams svarbiausi biofilinės mokyklos bruožai.

Biofilinis projektavimas, biofilinė mokykla, kūrybinis eksperimentas.

Įvadas

Pagal Wilson (1993) biofilija apibūdinama kaip įgimtas emocinis žmonių potraukis kitiems gyviems organizmams ir viskam kas gyva. Iš šios koncepcijos kilo biofilinio projektavimo ir planavimo idėjos. Biofilinis projektavimas – projektavimo prieiga siekianti padidinti šiuolaikinių, nuo gamtos atitolusių žmonių ryšį su natūralia aplinka, tiesiogiai naudojant gamtinius elementus, ryšį su gamta, atkartojant gamtinės aplinkos charakteristikas ir jos erdvines savybes.

Laikas gamtoje, tiesioginis ir netiesioginis kontaktas su gamta bei ryšys su gamtiniais elementais gerina žmogaus sveikatą ir emocinę būklę. Literatūroje nurodoma, kad biofilinio projektavimo elementų taikymas mokyklų interjero ir eksterjero, sklypų urbanistinių sprendinių projektavime gerintų vaikų sveikatą, didintų jų koncentraciją, susietų interjero erdves su aplinka (Bowman, 2019). Atlikus literatūros apžvalgą, nustatyta, kad pasaulyje atliekami tyrimai, susiję su biofiliniu mokymo įstaigų projektavimu ir architektūra (Kellert, 2015; Jordan, 2019; Sayed ir Nagy, 2020), biofilinio dizaino elementais pradinėse mokyklose (Fidan ir kt., 2021; Ghaziani ir kt., 2021; Choi ir Park, 2019; Woodward ir Zari, 2018), biofiliniu klasių planavimu bei dizainu (Bowman, 2019), klasių dizaino sprendinių projektavimu, integruojant mokinius į šį kūrybinį procesą (Ghaziani, 2020), biofilinio vaikų mokymo galimybėmis (White ir Stoecklin, 2008), biofiline mokykla kaip gydomąja miesto kaimynyste (Baptista, 2020), atsižvelgiama į klimato sąlygų ypatumus biofilinių ugdymo aplinkų projektavimą (Watchman ir kt. 2021). Tačiau iki šiol nėra pakankamai ištirti esminiai biofilinio projektavimo elementai ir principai, leisiantys sukurti išskirtinę biofilinę šiuolaikišką mokyklą.

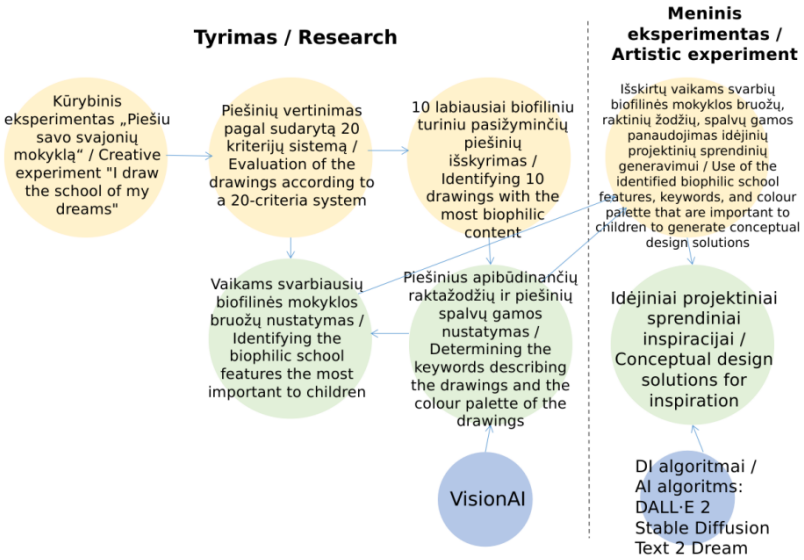
Švietimas yra ne tik prigimtinė žmogaus teisė, bet ir svarbi visuomenės raidos sritis. Keičiantis šiuolaikinių mokinių poreikiams ir visuomenės vertybėms bendrai, mokymosi aplinka taip pat turėtų transformuotis ir pasižymėti unikalumu, suteikti galimybes įtraukiančiam ugdymo procesui, dėmesiu aplinkosaugai, ryšiui su gamta ir asmens gerovei. Atliepiant į šiuos pageidautinus pokyčius, kyla poreikis performuoti mokyklų projektavimo principus.

Tyrime keliama hipotezė, kad šiuolaikinė mokykla suprojektuota vadovaujantis biofilinio projektavimo principais, gali tapti perspektyvia švietimo įstaiga ir bendruomenės traukos centru. Šiame tyrime siekiama išsiaiškinti, kokie pagrindiniai biofilinio projektavimo principai yra svarbūs, kas aktualiausia mokiniui, mokytojui ar mokinių tėvams mokymo(si) erdvių projektavime. Tyrimas buvo atliekamas keliomis kryptimis: vykdant literatūros ir pavyzdžių analizę, sociologines apklausas (visuomenės, ekspertų), atliekant kūrybinį eksperimentą mokyklose „Piešiu savo svajonių mokyklą“ ir stebint bei fiksuojant mokyklų erdves tyrimų vietoje metu. Gauti rezultatai sisteminami ir pateikiamas koncepcinis biofilinės mokyklos projektavimo modelis. Buvo nuspręsta į tyrimą įtraukti šiuolaikinius mokinius, kurie naudojasi šiandieninių mokyklų patalpomis, mokosi ir praleidžia didžiąją savo dienos laiko dalį jose, todėl šiame straipsnyje detaliau pristatomas būtent vaikų (moksleivių) nuomonę atspindintis eksperimentas „Piešiu savo svajonių mokyklą“, kurio metu vaikai (pradinių klasių moksleiviai) kūrybinių dirbtuvių metu piešė savo svajonių mokyklą, piešiniai vėliau buvo analizuojami apibendrinta forma, užtikrinant dalyvių anonimiškumą. Piešinių analizei naudoti Dirbtinio Intelekto (DI) algoritmai (piešinius apibūdinančių raktažodžių išskyrimui, spalvų gamos nustatymui,

idėjinių projektinių sprendimų generavimui). Straipsnyje publikuojamos tyrimo dalies tikslą galima įvardinti kaip siekį nustatyti ir interpretuoti vaikams svarbiausius biofilinės mokyklos bruožus.

Tyrimų metodika

Kūrybinio eksperimento „Piešiu savo svajonių mokyklą“ idėja kilo analizuojant literatūros šaltinius ir pastebėjus tendenciją, jog projektuojant mokymo įstaigas dažnai neįvertinami jose besimokančių vaikų pageidavimai, idėjos. Dėl asmens duomenų apsaugos ir pradinių klasių vaikų informacijos suvokimo ir komunikacijos ypatumų vaikų nuomonės tyrimui sudėtinga pasitelkti sociologines apklausas, todėl buvo nuspręsta vykdyti kūrybinį eksperimentą – kūrybines dirbtuves, kurių metu moksleiviai pieštų savo svajonių mokyklas, vėliau būtų atliekama vaikų piešinių kiekybinė ir kokybinė turinio analizė ir apibendrinami rezultatai bei atliekamas meninis eksperimentas. Tyrimo seka pateikta 1 pav.



1 pav. Tyrimo metodinė schema

***Fig. 1**. Methodological scheme of the study*

Tyrimas apima: informacijos apie kūrybines dirbtuves „Piešiu savo svajonių mokyklą“ paskelbimą, kūrybinių dirbtuvių vykdymą, dirbtuvių metu sukurtų piešinių kiekybinę (įvertinimas pagal remiantis Salingaros (2019) ir Kellert ir kt. (2013) išskirtais biofilinio projektavimo kriterijais ir literatūros analizės rezultatais sudarytą 20 kriterijų sistemą (1 lentelė) vertinant balais) ir kokybinę (piešinius apibūdinančių raktažodžių išskyrimas, piešinių spalvų gamos nustatymas) analizę, piešinius apibūdinančių raktažodžių panaudojimą idėjinių projektinių sprendimų (inspiracijai) generavimui naudojant DI algoritmus, apibendrinimą ir išvadų formulavimą. Piešinių vertinimui taikyti šie kriterijai: saulės (natūrali) šviesa, spalva (gamtinės spalvos), centrinė ašis (simetrija), aiškus, ritmiškas suplanavimas, kreivalinijinės, organiškos formos, detalės, vandens motyvas, gyvūnai, gamtos vaizdavimas ir gamtinių elementų motyvai, kompozicijos ritmiškumas fasaduose, dideli langai, perregimi stikliniai fasadai, poilsio erdvės, ryškių spalvų akcentai, apželdinti paviršiai (sienos, stogai), natūralios, vietinės medžiagos, lauko klasės ir kitos veiklos lauke, daržo, sodo ar gėlyno buvimas, kambarinių augalų buvimas, laisvo judėjimo tarp erdvių galimybė, ryšys su aplinka. Raktažodžių ir spalvų gamos išskyrimui taikytas DI grįstas įrankis VisionAI, idėjinių projektinių sprendimų (inspiracijai) generavimui naudoti algoritmai Dall-e 2, Stable Diffusion (https://nightcafe.studio) ir Text 2 Dream (https://deepdreamgenerator.com).

Tyrimų eiga ir rezultatai

Tyrimo metu nagrinėjami pradinių pirmų ir antrų klasių mokinių piešiniai iš skirtingų Lietuvos mokyklų, esančių Vilniaus, Alytaus, Telšių miestuose. Vaikų lankomos mokyklos yra modernizuotos, dalis jų yra rekonstruotos sovietiniu laikotarpiu statytos progimnazijos ir pradinės mokyklos. Siekiant surinkti piešinius tyrimui, buvo siunčiami kvietimai mokytojams su ugdomais savo mokiniais dailės pamokos ar kitos meninės popamokinės veiklos metu dalyvauti šiame kūrybiniame eksperimente. Vėliau, gavus vaikų piešinius, buvo

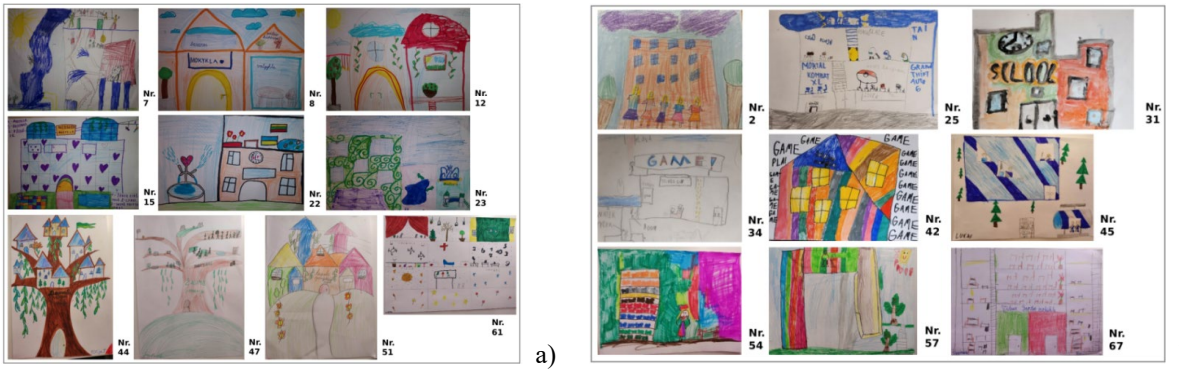
išsiųstos padėkos. Buvo gauti 78 vaikų piešiniai: iš Telšių miesto progimnazijos – 6, iš Alytaus miesto progimnazijos – 17, iš Alytaus miesto pradinės mokyklos – 9, iš Vilniaus miesto progimnazijos – 46.

Piešinius vertinant pagal sudarytą kriterijų sistemą (kriterijai pateikti 1 lentelėje), analizuojant kiekvieną piešinį pagal nurodytas savybes, elementus, buvo pildoma lentelė. Lentelėje nurodoma, ar piešinyje atvaizduota tam tikra savybė (žymima +), ar ši savybė piešinyje neaptinkama (žymima -), apibendrinant skaičiuojama kokiu skaičiumi biofilinės mokyklos savybių pasižymi kiekvienas piešinys. Tolesniam vertinimui buvo atrinkta 10 didžiausiu biofiliniu turiniu pasižyminčių piešinių, atitinkančių 10 ir daugiau vertinimo kriterijų (2 pav. a)). Palyginimui taip pat pateikiami ir mažiausiai biofiliniu turiniu pasižymintys piešiniai (2 pav. b)), atitinkantys penkis ar mažiau vertinimo kriterijų.

1 lentelė. Piešinių vertinimas pagal kriterijus ir vaikams svarbiausių biofilinės mokyklos bruožų išskyrimas

Table 1*. Evaluation of the drawings according to the criteria and identification of the features of a biophilic school that are the most important for children*

Biofilinių mokyklų projektų vertinimo kriterijai / Criteria for evaluation of biophilic school design																					
Piešinio numeris / Number of the drawing	Saulės šviesa / Sunlight	Spalva, gamtinės spalvos / Color, natural colors	Centrinė ašis / Central axis	Aiškus ritmikos pliūpsnimas / Clear rhythmic planning	Kreivalinijinis dizainas / Curvilinear design	Detalės / Details	Vandens motyvas / Water motif	Gyvūnai / Animals	Gamtiniai motyvai / Natural motifs	Fasadų langų ritmikumas / Rhythmicity of facade windows	Didelį langai, stiklinė fasada / Large windows, glass facades	Poilsio erdvės / Rest areas	Ryškių spalvų akcentai / Bright color accents	Apželdinti paviršiai / Green surfaces	Natūralios vietinės medžiagos / Natural local building materials	Veiklos lauke / Outdoor activities	Daržas, sodas / Garden	Kambariniai augalai / Indoor plants	Laisvas judėjimas tarp erdvių / Free movement between spaces	Ryšys su aplinka / Connection with environment	Rezultatai / Results
1	+	+					+		+	+	+		+							+	7
2										+	+		+							+	4
3	+							+		+	+		+					+		+	7
4	+		+	+						+	+		+					+		+	8
5	+		+	+						+	+	+	+				+			+	9
6		+		+		+				+	+		+						+		7
7	+	+				+	+				+		+				+		+	+	10
8	+	+	+	+			+		+	+	+	+	+					+		+	12
9	+	+		+			+			+		+	+				+			+	9
10						+			+			+	+				+	+			6
11			+	+			+			+	+		+								6
12	+	+	+		+	+			+	+				+				+	+	+	12
13	+			+						+	+	+	+				+				7
14		+							+					+			+		+		5
15		+	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+			+			+	14
16			+	+		+	+		+	+	+			+						+	9
17		+	+	+					+	+	+				+						7
18				+	+	+				+	+	+	+								7
19			+	+			+			+			+							+	6
20		+	+	+			+			+	+										6
21			+	+						+	+		+				+				6
22		+	+	+		+	+			+	+	+							+		10
23		+	+	+			+		+	+	+		+	+	+	+				+	12
24	+	+	+		+	+		+	+				+								8
25				+								+	+								3
26	+	+		+					+								+	+		+	7
27	+		+	+					+	+	+		+					+			8
28	+	+	+	+						+	+					+					7
29		+			+	+			+			+	+					+		+	8
30	+	+				+	+						+						+	+	8
31		+	+			+						+									4
32	+		+	+					+	+	+			+							7
33	+		+	+		+			+	+	+							+			8
34							+						+							+	3
35				+		+			+	+	+	+		+				+		+	9
36		+	+		+	+	+						+					+			7
37			+	+		+				+	+		+								6
38	+		+	+	+	+			+	+			+					+			9
39			+	+						+	+	+	+								6
40	+	+	+	+	+					+	+									+	8
41		+	+	+						+	+	+						+		+	8
42												+	+	+						+	4
43		+		+						+		+		+						+	6
44		+	+	+			+			+	+	+	+					+	+	+	15
45							+			+		+	+								4
46							+	+					+	+						+	6
47		+	+	+				+		+			+					+	+	+	12
48	+		+	+							+	+	+								8
49			+		+	+	+	+	+	+		+		+						+	9
50		+	+	+							+									+	6
51			+	+			+			+	+			+	+					+	10
52	+		+	+							+			+							6
53		+	+	+						+	+			+						+	9
54							+			+				+							4
55		+	+		+					+		+		+						+	9
56		+		+			+			+	+			+							9
57	+						+			+				+							5
58			+	+			+					+									7
59		+	+	+						+	+	+		+							9
60		+		+			+							+							8
61	+	+		+						+	+			+							10
62			+	+					+		+			+							6
63	+	+	+	+			+			+											8
64		+					+							+							5
65	+	+		+			+														6
66		+	+		+	+															6
67		+		+							+			+							5
68			+	+	+	+															8
69	+		+	+																	7
70			+	+	+	+															8
71				+		+															5
72			+	+		+															6
73	+	+	+	+		+															8
74			+	+		+															7
75		+		+		+															7
76	+		+		+		+														8
77		+		+		+															7
78		+			+	+															8
VISO	27	40	46	54	14	40	19	6	35	49	52	32	53	11	8	18	21	10	15	35	
VIETA		6	5	1		7			8	4	3	10	2							9	



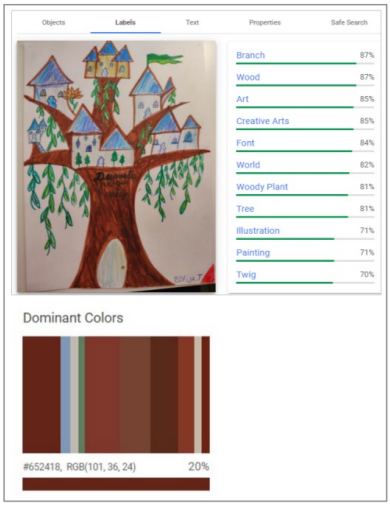
2 pav. Atrinkti didžiausiu (a) ir mažiausiu (b) biofiliniu turiniu pasižymintys piešiniai. Piešinių numeriai atitinka numeraciją 1 lentelėje

Fig. 2*. Selected drawings with the highest (a) and lowest (b) biophilic content. The numbers of the drawings correspond to the numbering in Table 1*

Didžiausiu biofiliniu turiniu pasižymintys piešiniai išsiskiria gamtinių elementų gausa. Juose matomi augalai, medžių motyvai, kreivalinijinės, organiškos formos, vandens motyvas, spalvingi ryškūs akcentai, dominuojančios gamtinės spalvos. Tuo tarpu mažiausiai kriterijų atitinkančiuose piešiniuose neaptinkama vandens motyvo, ryšio su aplinka, gamtos elementų, veiklų lauke, sodo, daržo, dominuoja geometrinės, stačiakampės formos ir antropogeniniai elementai.

Atlikus piešinių vertinimą pagal kriterijus (1 lentelė), buvo išskirti vaikų piešiniuose dažniausiai pastebėti biofilinės mokyklos bruožai: aiškus suplanavimas, ryškių spalvų akcentai, dideli langai, stikliniai fasadai, kompozicijos ritmiškumas, centrinė ašis, simetrija, gamtai būdingos spalvos, detalės, gamtos vaizdavimas, gamtinių elementų motyvai, ryšys su aplinka, poilsio erdvės.

Pasitelkus VisionAI įrankį, atrinkti 10 didžiausiu biofiliniu turinių pasižyminčių piešinių buvo analizuojami DI pagalba identifikuojant piešinį apibūdinančius raktinius žodžius ir jam būdingą spalvinę gamą (3 pav.).



3 pav. Piešinių analizė taikant DI grįstą įrankį VisionAI raktažodžiams ir spalvų gamai identifikuoti

Fig. 3. *Analysis of drawings using the AI-based tool VisionAI to identify keywords and colour palette*

Susisteminus tyrimo duomenis (2 lentelė), buvo išskirti dominuojantys piešinius apibūdinantys raktažodžiai ir jiems charakteringa spalvų gama. Buvo išskirta pastatų fasadų ir interjero dekoro, akcentų ir detalių spalvų gama (2 lentelė).

2 lentelė. Atrinktų piešinių analizės taikant VisionAI rezultatų apibendrinimas - dominuojantys raktiniai žodžiai ir spalvos

Table 2. *Summary of the results of the VisionAI analysis of the selected drawings - dominant keywords and colours*

GAMTINIAI ELEMENTAI / NATURAL ELEMENTS	SPALVOS / COLORS	PASTATO ELEMENTAI / BUILDING ELEMENTS	FORMOS / FORMS
Šaka / Branch	Ryškiai mėlyna / Bright blue	Fasadas / Facade	Trikampis / Triangle
Mediena / Timber	Žalia / Green	Namas / House	Apskritimas / Circle
Pasaulis / World	Persikinė / Peach	Siena / Wall	Stačiakampis / Rectangle
Sumedėjęs augalas / Woody plant	Purpurinė / Purple	Patalpa / Room	Simetrija / Symmetry
Šakelė / Twig	Violetinė / Violet	Namų aksesuarai / Home accessories	
Kamienas / Trunk		Arka / Arch	
Dangaus žydrynė / Blue sky		Stulpas / Pillar	
Organizmas / Organism		Durys / Door	
Medis / Tree		Lenta / Board	
Augalas / Plant		Rašymo lenta / Black board	
Žmogus / Human		Langai / Windows	
Viršūnė / Peak			
Žaluma / Greenery			
		Pastatų fasadų spalvų gama / Color palette of building facades	
		Akcentų, detalių spalvų gama / Color palette for accents and details	

Tyrimo metu išskirti piešinius apibūdinantys raktiniai žodžiai, būdingos spalvos (2 lentelė) ir vaikams svarbiausi biofilinės mokyklos bruožai (1 lentelė) buvo panaudoti atliekant meninį eksperimentą. Pasitelkus vaizdus iš pateikto teksto generuojančius algoritmus buvo sugeneruoti idėjiniai projektiniai sprendiniai inspiracijai (4 pav.).

4 pav. Idėjiniai projektiniai šiuolaikinės biofilinės mokyklos sprendiniai inspiracijai, sugeneruoti naudojant DI algoritmus Dall-e 2, Stable Diffusion (prienamus Nightcafe platformoje) ir Text 2 Dream (prienamą Deep Dream Generator platformoje)

Fig. 4. *Design solutions ideas for inspiration for a modern biophilic school, generated using DI algorithms Dall-e 2, Stable Diffusion (accesible in nightcafe platform) and Text 2 Dream (accessible in Deep Dream Generator platform)*

Remiantis atlikto tyrimo ir meninio eksperimento naudojant DI algoritmus rezultatais, suformuluota šiuolaikinės biofilinės mokyklos vizija: šiuolaikinė biofilinė mokykla išsiskiria savo perregimomis, aiškiai suvokiamomis erdvėmis, kurios kviečia bendrauti, patirti, įsitraukti į mokymo(si) procesą. Stiklinės atitvaros sukuria jaukią, šviesią vidaus erdvių atmosferą, užtikrina vizualinį ryšį su gamtine mokyklos aplinka. Ryškių spalvų (mėlyna, geltona, raudona, žalia, violetinė) akcentai naudojami tiek interjero sprendiniuose tiek, kaip elementai palengvinantys erdvių identifikavimą ir derinami kartu su vietinėmis, natūraliomis medžiagomis, vyraujančiomis gamtinei aplinkai būdingomis spalvomis ir apželdinimo sprendimais; mokymo(si) lauke galimybės ir ugdymo proceso organizavimas, įrengiant terasas, aikšteles, spec. statinius yra privaloma šiuolaikinės mokyklos dalis.

Išvados

1. Tyrimas patvirtino, kad vaikų nuomonę atspindinčio kūrybinio eksperimento rezultatai ir jų analizė bei interpretacija naudojant Dirbtiniu Intelektu grįstus įrankius gali būti sėkmingai taikomi tyrinėjant biofilinės mokyklos bruošus ir projektavimo galimybes.
2. Tyrimas leido išgryninti vaikų pastebimus ir jiems svarbius biofilinės mokymosi aplinkos bruožus, tokius kaip aiškus suplanavimas, ryškių spalvų akcentai, dideli langai, stikliniai fasadai, kompozicijos ritmiškumas, centrinė ašis, simetrija, gamtai būdingos spalvos, detalės, gamtos vaizdavimas, gamtinių elementų motyvai, ryšys su aplinka, poilsio erdvės. Šie bruožai gali būti kūrybiškai interpretuojami kuriant naujas vaikų poreikiams ir aplinkos suvokimui priimtinas mokymosi erdves.

Literatūra

1. Baptista, L. D. C. (2020). Biophilic school: healing urban neighborhood. Doctoral dissertation.
2. Bowman, R. (2019). The biophilic classroom. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/profile/Clare-Bowman/publication/336115502_Putney_High_School_GDST_Girls_Day_School_Trust_-_The_Biophilic_Classroom/links/5d906c8f458515202b72aceb/Putney-High-School-GDST-Girls-Day-School-Trust-The-Biophilic-Classroom.pdf
3. Choi, J. Y., Park, S. J. (2019). A classroom design plan based on the biophilic-design. Journal of the Korean Institute of Educational Facilities, 26(3), 15–23.

4. Deep Dream Generator. (2023). Prieiga per internetą: https://deepdreamgenerator.com
5. Fidan, D., Hamidi, S. B., Hasirci, D. (2021). The effects of biophilic design on wayfinding in elementary schools. Edulearn21 Proceedings, 74–82.
6. Ghaziani, R. (2021). Primary school design: co-creation with children. Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research, 15(2), 285–299.
7. Ghaziani, R., Lemon, M., Atmodiwirjo, P. (2021). Biophilic design patterns for primary schools. Sustainability, 13(21), 12207.
8. Jordan, K. (2019). Biophilic schools. Crit, (84), 61–67.
9. Kellert, S. (2015). Build nature into education. Nature, 523(7560), 288–290.
10. Kellert, S. R., Heerwagen, J., & Mador, M. (2011). Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life. John Wiley & Sons.
11. Nightcafe. (2023). Prieiga per internetą: https://nightcafe.studio
12. Salingaros, N. A. (2019). The biophilic healing index predicts effects of the built environment on our well-being. Journal of Biourbanism, 8, 13–34.
13. Sayed, A., Nagy, G. (2020). Design strategies for integrating biophilic design to enhance the students' performance in existing primary schools in Egypt. Fayoum University Journal of Engineering, 3(2), 27–39.
14. VisionAI (2023) https://cloud.google.com/vision
15. Watchman, M., Demers, C. M., Potvin, A. (2021). Biophilic school architecture in cold climates. Indoor and Built Environment, 30(5), 585–605.
16. Wilson, E. O. (1993) Biophilia and conservation ethics. In: S. Kellert, S. Wilson, E. O. (eds.) *The Biophilia Hypothesis*. Washington: Shearwater Books.
17. White, R., Stoecklin, V. L. (2008). Nurturing children's biophilia: Developmentally appropriate environmental education for young children. Collage: Resources for early childhood educators, 1–11.
18. Woodward, E., Zari, M. P. (2018). Reconnecting children with nature: Biophilic primary school learning environments. ZEMCH 2018 International Conference, Melbourne, Australia, 582–593.

Rasa Zubrutė, Indrė Gražulevičiūtė-Vileniškė

Exploring the Design Possibilities of a Contemporary Biophilic School: Results of a Creative Experiment in Schools

Biophilic design – a design approach used in architecture, interior design, urban planning, etc., to increase the connection of population with the natural environment through the direct use of natural elements, the connection with nature, and the replication and interpretation of the characteristics and spatial qualities of the natural environment. The study hypothesizes that a modern school designed according to biophilic design principles can become a viable educational institution and a community attraction. The hypothesis was tested through a literature and case study review, sociological research using a variety of methods and field studies of schools. The paper presents in more detail the results of the creative experiment "Drawing my dream school" reflecting schoolchildren opinion and its analysis and interpretation using tools based on Artificial Intelligence in order to determine the features of a biophilic school that are most important for children.

Biophilic design, biophilic school, creative experiment.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Rasa ZUBRUTĖ. Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakulteto, architektūros vientisųjų studijų studentė. Adresas: Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, el. paštas: rasa.zubrute@ktu.edu
Indrė GRAŽULEVIČIŪTĖ-VILENIŠKĖ. Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakulteto docentė. Adresas: Studentų g. 48-302, LT-51367 Kaunas, el. paštas: indre.grazuleviciute@ktu.lt
Rasa ZUBRUTĖ. Kaunas University of Technology Faculty of Civil Engineering and Architecture, student of integrated studies in architecture. Address: Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lithuania. E-mail: rasa.zubrute@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, Lithuania. E-mail: indre.grazuleviciute@ktu.lt

EKOLOGIJA,
DARNI MIŠKININKYSTĖ

ECOLOGY, SUSTAINABLE FORESTRY

VERPIKO VIENUOLIO (*LYMANTRIA MONACHA*) PAPLITIMAS IR DAROMA ŽALA KURŠIŲ NERIJOJE, JUODKRANTĖS GIRININKIJOJE

Donatas Norkus, Povilas Mulerčikas

Vytauto Didžiojo universitetas

Verpiko vienuolio paplitimo tyrimas Juodkrantės girininkijoje vykdytas 3 metus (2018–2020 m.). Tyrimas tame pačiame sklype skirtingą mėnesį buvo atliktas dviem metodais: 1) Vizualiniu medyno ir medžio pažeidimo; 2) Lėliukių skaičiavimas ant medžių kamienų. Tirti sklypai skirstyti į 3 grupes pagal atstumą nuo krašto kelio Smiltynė-Nida. Tyrimo metu iš viso suskaičiuotos 4 302 verpiko vienuolio lėliukės. Kenkėjo populiacijos gausumo pikas buvo 2018 m., tuomet ant medžių kamienų viso buvo aptikta 2 634, 2019 m. – 1 651, 2020 m. – 17 lėliukių atitinkamai. Vidutinis medžio pažeidimas tirtuose sklypuose 2018 metais buvo 55,79 %, 2019 – 49,69 %, 2020 – 51,25 %. Padidėjęs automobilių srautas, galėjo turėti įtakos kenkėjų populiacijos gausumui ir pažeidimų mastui, tačiau atstumas nuo kelio esminės įtakos pažeidimams bei lėliukų pasiskirstymui neturėjo.

Verpikas vienuolis, vystymosi ciklas, rekreacinė apkrova, medyno pažeidimas, Kuršių nerija.

Įvadas

Pušynai Lietuvoje užima didžiausią bendrą miškų plotą (apie 36 %) ir ekonominiu bei ekologiniu požiūriu yra labai vertingi, juos būtina saugoti. Apie 70 % Kuršių nerijos ploto užima miškai, kraštovaizdyje dominuoja pušynai. Dideli arealai skurdžiausiose augavietėse, ypač ant kopagūbrio, dažniausiai yra apaugę perbrendusiais kalninių pušų medynais – apie 20 % bendro medynų ploto.

Lietuvoje dažnai pušies medynus pažeidžia įvairūs kenkėjai. Vienas iš jų yra verpikas vienuolis (*Lymantria monacha* L.) – bangasparnių (Lymantriidae) šeimos drugys, vienas pagrindinių spygliuočių ir lapuočių miškų kenkėjų Europoje ir Azijoje (žr. 1 pav.).

1 pav. Verpiko vienuolio drugys

Fig 1. *Nun moth*

Labiausiai verpikas vienuolis žalingas spygliuočių medynams, verpiko vienuolio vikšrų apėsti spygliuočiai medžiai dėl pažeidimo gali masiškai apsilpti ir žūti. Paprastoji eglė Picea abies (L.) ir paprastoji pušis *Pinus sylvestris* (L.) yra dvi pagrindinės rūšys Europoje, kurioms verpikas vienuolis teikia pirmenybę ir padaro daugiausia žalos (Lipa, Glowacka, 1995). Dažniausiai verpiko vienuolio masinio išplitimo židiniai pastebimi grynuose pušynuose, augančiuose neturtingose sausose augavietėse ir tyrimai rodo, kad didžiausi židiniai būna sausrai jautresnėse ekosistemose – kur medžiai patiria daugiau streso (Bejer, 1988). Šios sąlygos būdingos Kuršių nerijai.

Juodkrantės girininkijoje 2018 m. užfiksuoti verpiko vienuolio masinio išplitimo židiniai 190 ha plote. Tais metais, vasaros pabaigoje, atlikta verpiko vienuolio lėliukių bei šviežių išnarų paieška ir pagal gautus duomenis sudaryta pakenkimo prognozė 2019 metams. Remiantis šia prognoze buvo nuspręsta taikyti naikinamąsias priemones 460 ha plote (du purškimų barai: 350 ha ir 110 ha).

Kai 2019 m. buvo atlikta kenkėjų apskaita, 2020 metams Juodkrantės girininkijoje buvo numatyti du purškimo barai po 160 ha ir 400 ha, siekiant sunaikinti kenkėjo paplitimą. Vis dėlto, remiantis įstatymu, pastarojo purškimo baro buvo nuspręsta atsisakyti, nes teritorija pateko į Naglių gamtinį rezervatą.

Kuršių nerijoje buvo charakteringa tai, kad pažeidimai apėmė įvairaus pločio juostą šalia kelio link Nidos, pušys miško pakraščiuose link marių ir jūros buvo nepažeistos (P. Ivinskis, J. Rimšaitė, A. Meržijevskis, 2019).

2021 m. tiek purkštuose, tiek ir nepurkštuose plotuose didesnių verpiko vienuolio židinių Kuršių nerijoje nebefiksuota. Tokį kenkėjo židinių sunykimą, tikėtina, lėmė ne tik vykdyti purškimai, tačiau ir kiti biotiniai ir abiotiniai veiksniai.

Darbo objektas – verpiko vienuolio (*Lymantria monacha* L.) paplitimas ir daroma žala Juodkrantės girininkijoje 2018–2020 m.

Darbo tikslas – nustatyti verpiko vienuolio populiacijos dydį bei žalos mąstą, galimas atsiradimo ir plitimo priežastis Juodkrantės girininkijoje 2018–2020 m.

Tyrimų sąlygos ir metodai

Verpiko vienuolio paplitimo tyrimas Juodkrantės girininkijoje pradėtas 2018 m. ir vykdytas 3 metus iki 2020 m. rugpjūčio mėnesio vidurio. Tyrimas tame pačiame sklype skirtingą mėnesį buvo atliktas dviem metodais:

1. Vizualiniu medyno ir medžio pažeidimo;
2. Lėliukių skaičiavimas ant medžių kamienų.

2 pav. Juodkrantės girininkijoje 2018-2020 metais atliktų tyrimų žemėlapis
Fig 2. *Map of research carried out in Juodkrantė forestry in 2018–2020*

Vizualinis medyno ir medžio pažeidimo metodas: birželio-liepos sandūroje apeiti labiausiai pažeistų kvartalų sklypai ir vizualiniu metodu įvertintas vidutinis medžio pažeidimo laipsnis procentais tame medyne. Šis metodas dėl žmogiškojo subjektyvaus faktoriaus gali būti laikomas nepakankamai patikimu, tačiau kelių žmonių grupėje pasitreniravus skirtinguose medynuose jų vertinimas būna gana panašus.

Lėliukių skaičiavimo ant medžių kamienų metodas: rugpjūčio mėnesį taip pat buvo atlikta verpiko vienuolio drugio lėliukų paieška. Paieška atlikta tuose pačiuose kvartaluose ir sklypuose, kuriuose vasaros pirmoje pusėje buvo taikytas vizualinis medyno ir medžio pažeidimo metodas. Drugio lėliukės ant medžių kamienų atsitiktine tvarka skaičiuotos pažeistame medyne pasirenkant po 20 medžių, skaičiuojant nuo žemės iki kiek leidžia žmogaus ūgis. Medžių imtis visuose sklypuose buvo vienoda nepriklausomai nuo jų ploto.

Tokią pačią metodiką naudojo ir Valstybinės miškų tarnybos miško sanitarinės apsaugos skyrius, atsakingas už verpiko vienuolio židinių stebėjimą ir suvaldymą.

2018 m. buvo tirti 15 kvartalų 38 sklypai, 2019 ir 2020 metais – 46 kvartalų 48 sklypai. 2019 ir 2020 metais buvo tirti tie patys sklypai, stengiantis kvartaluose įvertinti po 1–2 labiau pažeistus sklypus. 2018 m. pažeisti plotai koncentravosi girininkijos šiaurinėje dalyje, ties Naująja perkėla, ir į pietus nuo Juodkrantės, ties Naglių gamtiniu rezervatu.

Jauniausio tirto medyno vidutinis medžių amžius buvo 17 metų, seniausio – 239 metai, tirtų medynų amžiaus mediana – 64 metai.

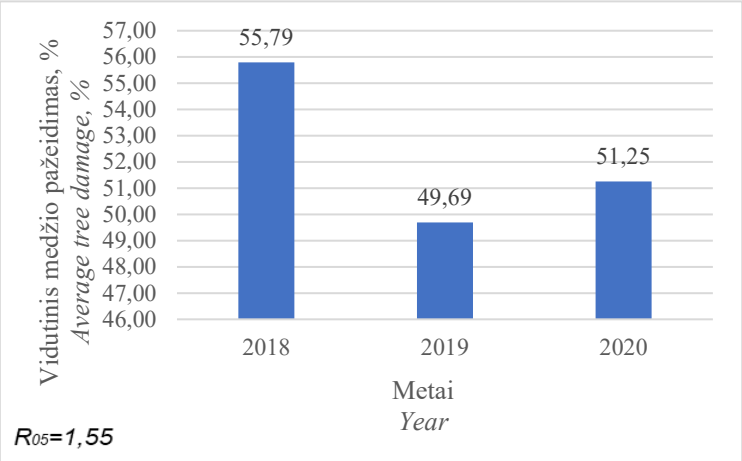
Tyrimo metu taip pat remtasi AB „Smiltynės perkėla“ pateikta statistika apie 2010–2021 m. (už 12 metų laikotarpį) perkeltų autotransporto priemonių skaičių per metus. Į statistiką pateko lengvieji bei krovininiai automobiliai, taip pat autobusai, tačiau nepateko motociklai, motoroleriai, keturračiai, dviračiai bei pėstieji.

Tyrimų duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu naudojant programą ANOVA iš programinio paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Duomenys vertinti naudojant vieno veiksnio duomenų dispersinę analizę. Bandymų duomenų statistinis patikimumas įvertintas mažiausia esminio skirtumo riba (R05).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Per visą tyrimų laikotarpį buvo aptiktos 4 302 verpiko vienuolio lėliukės. Nustatyta, kad verpiko vienuolio populiacijos gausumo pikas buvo 2018 m. – iš viso buvo rasta 2 634 vnt. lėliukių, vidutiniškai 3,47 vnt. ant vieno medžio.

Daugiausiai lėliukų aptikta girininkijos šiaurinėje dalyje, 4–8 kvartaluose, tarp Senosios ir Naujosios perkėlos – vidutiniškai 5 išnaros ant medžio. Kiek mažesnis židinys stebėtas 13–14 kvartaluose – daugiau nei 4 lėliukės ant medžio. Didžiausias židinys rastas į pietus nuo Juodkrantės miestelio, 55–59 kvartaluose – 5,61 lėliukės ant medžio. 2018 m. duomenimis vidutinis pažeistų medynų medžių pažeidimo laipsnis buvo 55,79 %, 2019 m. – 49,69 %, 2020 m. – 51,25 % (3 pav,).



3 pav. Vidutinis medžio pažeidimas, % 2018-2020 metais

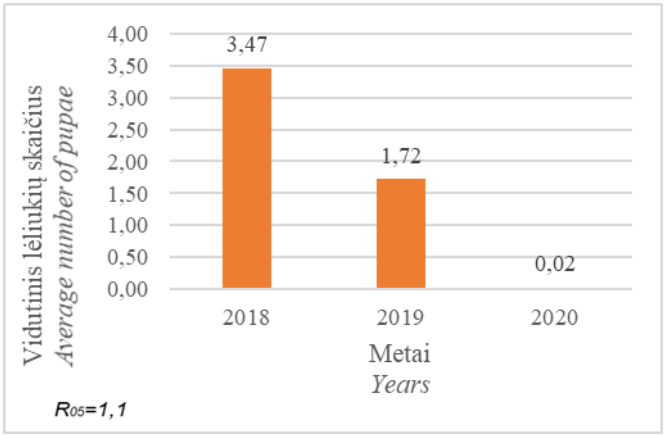
Fig 3. *Average tree damage, % in 2018-2020*

Tirtose vietose 2018 m. rugpjūtį ant medžių kamienų buvo suskaičiuota 2 634 lėliukių, vidutiniškai po 3,47 lėliukės ant medžio. 2019 m. – 1651 lėliukių, po 1,79 lėliukės ant medžio, ir 2020 m. – 17 lėliukių, po 0,018 lėliukės ant medžio (4 pav.).

Lėliukių skaičius per 3 stebėjimo metus mažėjo. Tačiau tirtų sklypų vidutinio medžio pažeidimo duomenys šios tendencijos neatspindi. Tai gali reikšti, kad 2020 metais išsiritę vikšrai dėl įvairių priežasčių lėliukės stadijos nepasiekė. Tai galėjo nulemti įvairūs abiotiniai ir biotiniai veiksniai, kurie ir ateityje gali lemti naują kenkėjų atsiradimo bangą.

Įtaką vabzdžių atsiradimui ir padarytai žalai daro tam tikros oro sąlygos jų vystymosi fazėse. Temperatūra bei krituliai, pavyzdžiui, stiprus lietus fiziškai trikdo vikšrus, blogina maitinimosi galimybes, taip pat blogina dauginimosi galimybes suaugėlio stadijoje (J. T. Cronin, 2019).

Keletas rūšių paukščių, nariuotakojų ir mažų žinduolių maitinasi verpiko vienuolio kiaušiniais, lėliukėmis, vikšrais ar drugiais (Steinfatt, 1942). Paukščiai yra laikomi pagrindiniais verpiko vienuolio kiaušinėlius ir vikšrus naikinančiais grobuonimis, tačiau masinio išplitimo metu didelės įtakos jie nepadaro (Wellenstein, Schwenke, 1978). Kenksmingi vabzdžiai sudaro didžiąją dalį skruzdėlių maisto, ypač masinio dauginimosi židiniuose (O. Belova ir kt., 2000).



4 pav. Vidutinis lėliukių skaičius 2018–2020 metais

Fig 4. *Average number of pupae in 2018–2020*

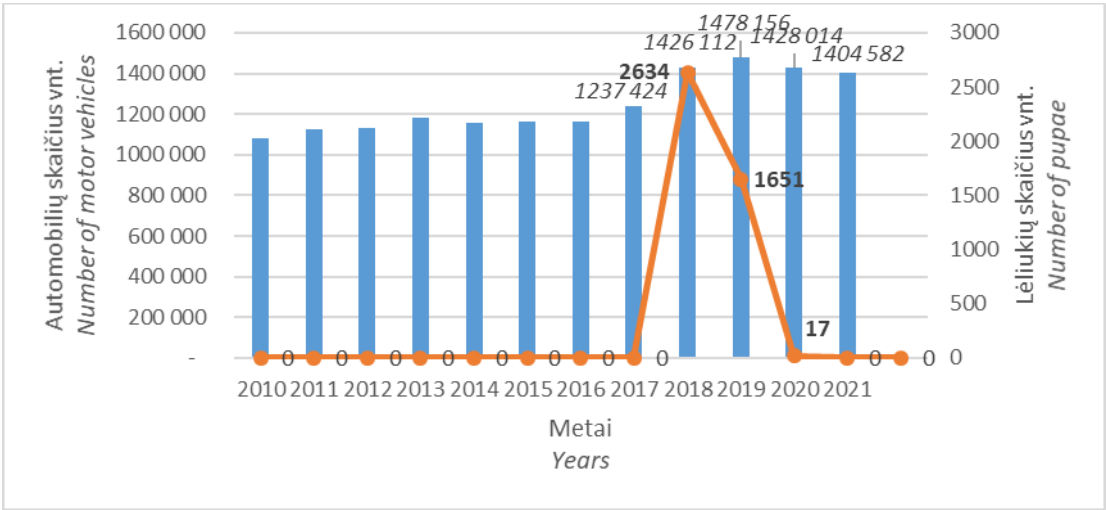
Virusai ir bakterijos, priešingai, daro didelę įtaką kenkėjų židinių sunykimui. Bakterijos tuo tikslu yra naudojamos kaip įvairių insekticidinių preparatų pagrindas (Wallner, 2000).

Kuršių nerija Lietuvoje yra unikali dėl savo izoliuotos geografinės padėties, pusiasalį iš trijų pusių supa vanduo (Baltijos jūra ir Kuršių marios), o pietuose yra valstybinė siena su Rusijos Kaliningrado sritimi.

Aplinkos tarša gali įtakoti pušynų sanitarinę būklę bei sudaryti sąlygas atsirasti kenkėjų masinio dauginimosi židiniams. Pagrindinis taršos šaltinis Kuršių Nerijoje yra automobilių transportas ir jų koncentracija didžiausia prie perkėlos.

Išilgai pusiasalio tęsiasi vienas pagrindinis krašto kelias Smiltynė-Nida, juo pravažiuoja didžioji dalis į Neringą patekusių autotransporto priemonių.

Remiantis AB „Smiltynės perkėla“ duomenimis, nuo 2010 metų buvo nustatytas automobilių srauto didėjimas ir 2019 metais buvo pasiektas pikas. Nuo 2020 srautas pradėjo mažėti dėl paskelbtos pandemijos (5 pav.).



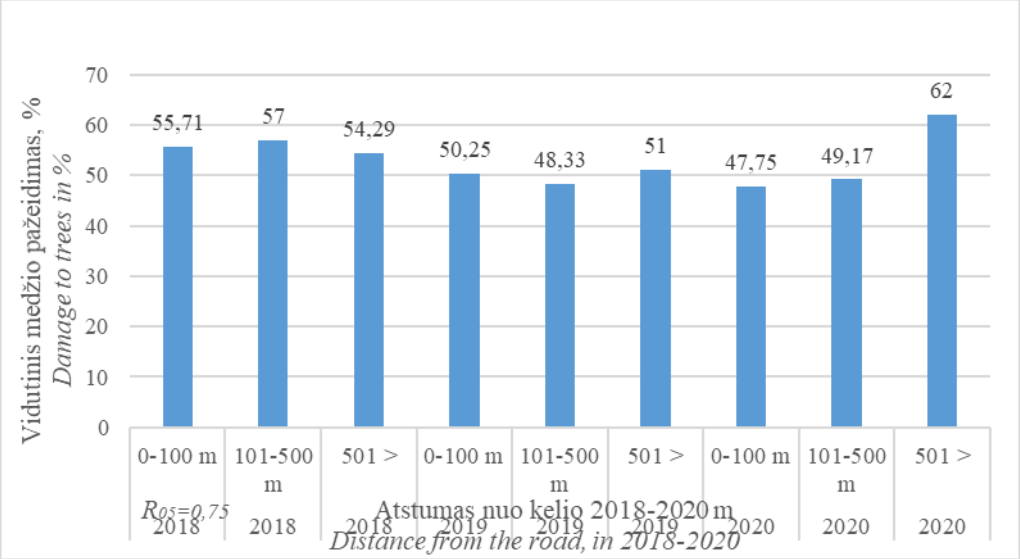
5 pav. 2010–2021 metais keltu perkeltų autotransporto priemonių skaičius

Fig 5. *Number of motor vehicles transported by ferry in 2010–2021*

Krašto kelias Smiltynė-Nida eina išilgai Juodkrantės girininkijos, didesnė dalis miško sklypų nenutolsta daugiau nei 500 metrų nuo jo. Apie 40% pažeistų sklypų tiesiogiai ribojosi su keliu arba nenutolo toliau nei 100 metrų nuo jo. Apie 80% pažeistų sklypų buvo ne toliau nei 500 metrų nuo kelio. Šiomis geografinėmis sąlygomis remiantis tirti sklypai suskirstyti į 3 grupes pagal jų atstumą nuo krašto kelio:

1. 0–100 metrų;
2. 101–500 metrų;
3. 501 ir daugiau metrų.

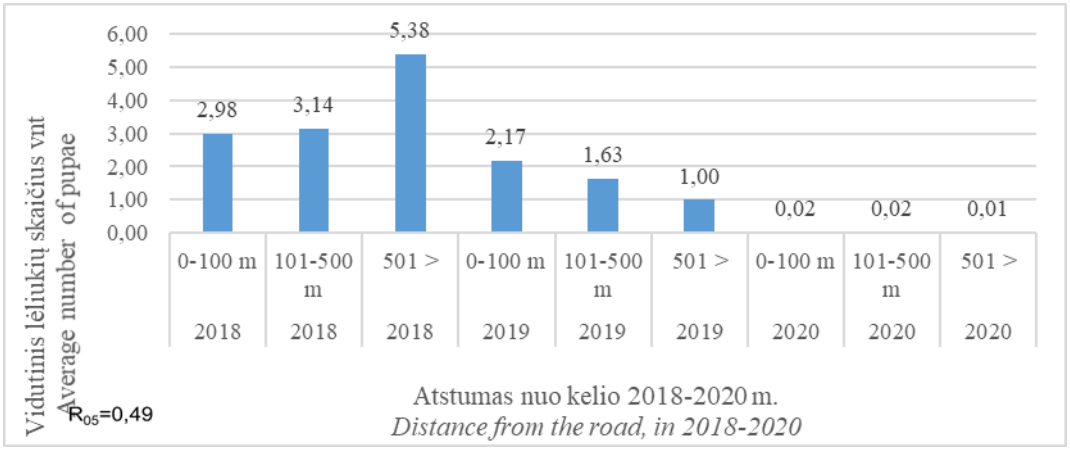
Surinkti medžių pažeidimo duomenys, priešingai nei nurodo anksčiau minėti autoriai, neatspindi tendencijos, kad tolstant nuo kelio medžių pažeidimai mažėja (6 pav.). Medžių pažeidimo laipsnis % labiau priklausė nuo tyrimo metų, negu nuo sklypo atstumo iki kelio. 2020 metų duomenys rodo, kad daugiau nei 500 metrų nuo kelio nutolę sklypai buvo netgi labiau pažeisti. Tokį rezultatą galima paaiškinti tuo, kad tais metais verpiko vienuolio židinys labiau pasislinko į pietus nuo Juodkrantės, į labiau nuo kelio nutolusius sklypus.



6 pav. Medžių pažeidimas % priklausomai nuo sklypo atstumo iki kelio, 2018–2020 metais

Fig. 6. *Damage to trees in % depending on the distance of the plot from the road, in 2018–2020*

Grafike žemiau matomas aptiktų lėliukių vidutinis skaičiaus priklausomai nuo sklypo atstumo iki kelio (7 pav.). Skirtingais metais galima pastebėti priešingas tendencijas. 2018 metais toliau nei 500 metrų nuo kelio esančiuose sklypuose aptikta beveik dvigubai daugiau verpiko vienuolio lėliukių. 2019 metais – priešingai – iki 100 metru nuo kelio buvo aptikta dvigubai daugiau lėliukių nei sklypuose, esančiuose virš 500 metrų nuo kelio. Lėliukių skaičiui didesnę įtaką turėjo tyrimo metai, o ne atstumas iki kelio. 2020 metais tirtuose sklypuose buvo fiksuotas 51,25% medynų pažeidimas, bet tų pačių metų vėlesni lėliukių duomenys rodo kad židinys sunyko nepriklausomai nuo atstumo iki kelio.



7 pav. Vidutinis lėliukių skaičius priklausomai nuo sklypo atstumo iki kelio, 2018–2020 metais

Fig 7. *The average number of pupae depending on the distance from the plot to the road, in 2018–2020*

Apibendrinant duomenis galima teigti, kad pažeisto medyno vidutinis medžio pažeidimas per 3-jų metų tyrimo laikotarpį buvo 51,98 % ir svyravo nežymiai, tačiau ant medžių aptiktų lėliukių skaičius kasmet mažėjo nuo 2 634 vnt. 2018 m., 1 651 vnt. 2019 m. iki 17 vnt. 2020 m. Padidėjęs automobilių srautas galėjo turėti įtakos kenkėjų populiacijos gausumui, tačiau sklypo atstumas nuo kelio įtakos neturėjo nei medynų pažeidimams, bei lėliukių skaičiui.

Išvados

1. Verpiko vienuolio populiacijos gausumo pikas buvo 2018 metais. 2018 m. ant medžių kamienų buvo aptiktos 2 634 lėliukės, vidutiniškai – 3,47 vnt. ant medžio, 2019 m. – 1 651 lėliukės, vidutiniškai – 1,79 vnt. ant medžio, 2020 m. – 17 lėliukių.
2. Verpikas vienuolis labiausiai kenkė medynams 2018 metais. 2018 m. buvo pažeista 55,79 %, 2019 m. – 49,69 %, 2020 m. – 51,25 % medžių.
3. Padidėjęs automobilių srautas galėjo turėti įtakos kenkėjų populiacijos gausumui ir pažeidimų mastui.
4. Atstumas nuo kelio esminės įtakos verpiko vienuolio daromiems pažeidimams bei lėliukų pasiskirstymui neturėjo.

Literatūra

1. Bejer, B. (1988). The Nun Moth in European Spruce Forests. P. 211–231.
2. Belova, O., Milašauskas, Z., Padaiga, V., Valenta V., Vasiliauskas A., Zolubas P., Žiogas, A. (2000). Miško apsaugos vadovas. P. 44–46.
3. Ivinskis, P., Rimšaitė, J., Meržijevskis, A. (2019). Verpiko vienuolio tyrimas.
4. Karazija, S. (2008). Miško ekologija. P. 150–154.
5. Ozolinčius, R. (1999). Lietuvos miškų būklė ir ją sąlygojantys veiksniai. Kaunas: Lututė. P. 82–84.
6. Price, P. W., Denno, R. F., Eubanks, M. D., Finke, D. L., Kaplan, I. (2012). Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities. Cambridge University press, New York.
7. Stravinskienė, V. (2002). Klimato veiksnių ir antropogeninių aplinkos pokyčių Dendrochronologinė indikacija.
8. Valstybinė miškų tarnyba. 2010–2020. Lietuvos miškų ūkio statistika 2010–2021. Internetinė prieiga: http://www.amvmt.lt

Donatas Norkus, Povilas Mulerčikas

Research on the Population of Nun Moth (*Lymantria monacha*) in Juodkrantė ForestryMax

Title: Distribution and damage caused by nun moth (*Lymantria Monacha*) ir the Curonian spit, Juodkrantė forestry.

Object: distribution and damage caused by nun moth (*Lymantria monacha* L.) in Juodkrantė forestry in 2018–2020.

Methods: Investigations have been performed in 2018-2020. The research was carried out in the same plot in different months by two methods: 1. Visual stand and tree damage; 2. Counting pupae on tree trunks. Environmental pollution can affect forests sanitary condition. The studied plots are divided into 3 groups according to their distance from the edge of the road: 0–100 meters; 101–500 meters; 501 meters and more.

Tasks: 1. Collection of research material. 2. Processing of the received data. 3. Analysis and comparison of the abundance of nun moth.

Results: During the study, 4302 pupae of nun moth were counted. The peak of the abundance of nun moth population was in 2018 – 2 634 individuals were found, average of 3.47 per tree. In 2018 nun moth caused the most damage to trees, when the average tree damage was 55.79%. Increased car traffic may have affected the abundance of the pest population and the extent of damage. The distance from the road did not affect the pest.

Nun moth, development cycle, recreational load, tree damage, Curonian Spit.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Donatas NORKUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. 8 37 75 23 57, el. paštas: donatas.norkus@vdu.lt

Donatas NORKUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 37 75 23 57, e-mail: donatas.norkus@vdu.lt

Povilas MULERČIKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. 8 37 75 23 57, el. paštas: povilas.mulercikas@vdu.lt

Povilas MULERČIKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 37 75 23 57, e-mail: povilas.mulercikas@vdu.lt

EKOLOGINIO ŽEMĖS ŪKIO GAMYBOS BŪDO ĮTAKA PAVIRŠINIO VANDENS BŪKLEI

[1]Rasa Žolynaitė, [2]Skirmantas Pocius, [1]Laima Česonienė

[1]Vytauto Didžiojo universitetas, [2]Aplinkos apsaugos departamento prie Aplinkos ministerijos Kauno valdyba

Žemės ūkis, jo veiklos būdai nuolatos daro įtaką paviršinių vandens telkinių vandens kokybei. Nustatyta, kad Lietuvoje 63 proc. upių ir 64 proc. ežerų kategorijų vandens telkinių priskirti rizikos vandens telkiniams ir neatitinka geros būklės kriterijų Viena iš pagrindinių veiksnių grupė, lėmusi vandens telkinių būklės blogėjimą – besitęsianti ir didėjanti pasklidoji tarša, daugiausiai iš žemės ūkio veiklos, kartu su tarša iš žemės ūkio, kai kuriuose vandens telkiniuose būklės pablogėjimą įtakojo ir sutelktoji tarša, išliekantis hidromorfologinių paviršinių vandens telkinių pokyčių poveikis, gamtiniai procesai ir besikeičiančios klimatinės sąlygos. Šiuo tyrimu buvo norima sužinoti kiek ekologinis žemės ūkio gamybos būdas turi įtakos šalia esantiems paviršiniams vandens telkiniams. Gauti rezultatai rodo, kad kuo didesnis ekologinių ūkių plotas nuo viso ežero mitybos baseino ploto – tuo biocheminio deguonies sunaudojimo vertės, bendrojo fosforo, fosfatų fosforo, nitratų azoto ir bendrojo azoto koncentracijos mažesnės. Ekologinis žemės ūkio gamybos būdas turi teigiamos įtakos paviršinių vandens telkinių būklei.

Vandens telkinys, būklės klasė, ekologinis ūkis.

Įvadas

Didėjantis vandens išteklių naudojimo lygis, juos teršiant buitinio, pramonės ir žemės ūkio sektorių nuotekomis, įvairių tyrėjų nuomone, kelia didelį iššūkį žmonių sveikatai, ypač ekonomiškai išsivysčiusiose vietovėse (Jiang ir kt., 2020). Įvairūs tyrimai rodo, kad nesaikingas cheminių trąšų ir pesticidų naudojimas sukėlė rimtą ne taškinių vandens šaltinių taršą (Xiao ir kt., 2021). Difuzinė ir kitokia vandens tarša yra pagrindinė daugelio agroekosistemų problema, ypač drėkinamose vietovėse, susijusiose su didelės ekologinės vertės ekosistemomis (Alcon ir kt., 2020). Šiuolaikinis žemės ūkis vis labiau priklauso nuo cheminių trąšų, ypač besivystančiose šalyse (FAOSTAT, 2021). Trąšos ir mėšlas barstomi į pasėlius siekiant padidinti derlių, tačiau dažnai prarandami dėl paviršiaus erozijos, dirvožemio išplovimo ir nuotėkio, o, didėjant maistinių medžiagų kiekiui paviršiniuose ir požeminiuose vandenyse, bloginama vandens kokybė (Waller ir kt., 2021).

Pagal Bendrosios vandens politikos direktyvos reikalavimus paviršiniai vandens telkiniai skirstomi į upių, ežerų, tarpinių ir priekrantės vandens telkinių kategorijas ir priskiriami UBR. Atlikus vandens telkinių būklės įvertinimą, nustatyta, kad Lietuvoje 63 proc. upių ir 64 proc. ežerų priskirti rizikos kategorijų vandens telkiniams ir neatitinka geros būklės kriterijų. Geros būklės kriterijų neatitinka Nemuno UBR – 57 proc. upių ir 62 proc. ežerų kategorijų vandens telkinių, Lielupės UBR atitinkamai – 94 proc. ir 95 proc., Ventos UBR – 66 proc. ir 90 proc., Dauguvos UBR – 22 proc. ir 44 proc.

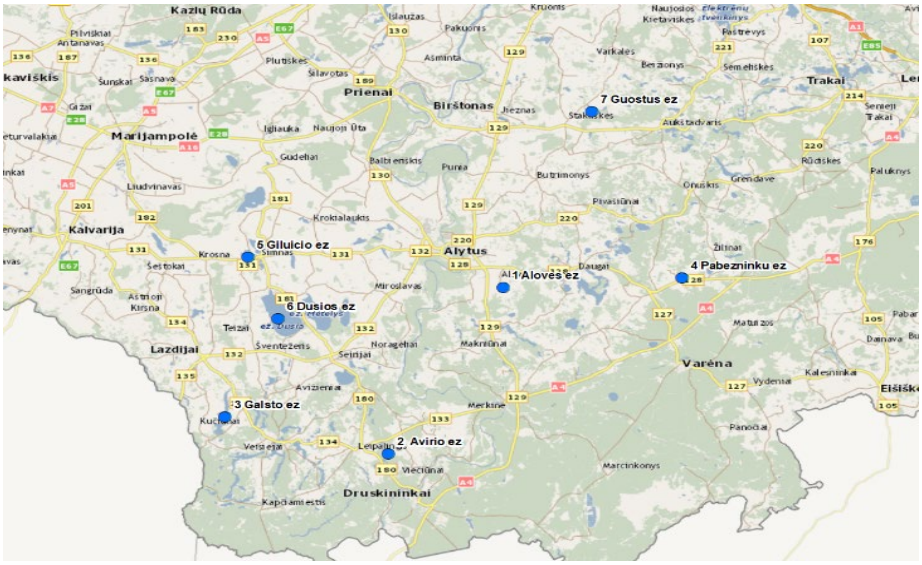
Paviršinių vandens telkinių būklę labiausiai blogina pasklidoji tarša, daugiausiai iš žemės ūkio veiklos (42 proc. reikšmingai paveiktų telkinių). Pasklidąją žemės ūkio taršą sudaro į dirvožemį su gyvulių mėšlu ir mineralinėmis trąšomis patenkančių azoto bei fosforo junginių išplovos, nutekančios į paviršinius vandens telkinius. Poveikio mastą lemia žemės ūkio veiklos intensyvumas. Pastaruoju metu Lietuvoje augalininkystė labai suintensyvėjo lyginant su 2010–2013 metų periodu. Statistikos duomenimis, 2016–2022 metų periodu žemės ūkio paskirties žemės naudota vidutiniškai 5,3 proc. daugiau nei ankstesniu laikotarpiu. Taip pat 21 proc. padidėjo intensyviai dirbamų pasėlių (grūdinių augalų ir rapsų) plotas. Palyginus su ankstesniu periodu mineralinių azoto trąšų pardavimai Lietuvoje išaugo 14 proc., fosforo – net 31 proc. Taip pat 14 proc. sumažėjo ekstensyviai naudojamų pasėlių (pievų ir žolinių augalų) plotai. Sutartinių gyvulių skaičius sumažėjo apie 9 proc. Kadangi intensyviai dirbamų pasėlių plotai padidėjo, todėl didėjo ir mineralinių trąšų naudojimas. Šie pokyčiai lėmė didėjantį žemės ūkio poveikį ir reikšmingą įtaką vandens telkiniams. Siekiant įvertinti ekologinės žemdirbystės daromą įtaką požeminio ir paviršinio vandens kokybei, Lietuvoje dažniausiai tiriamas paviršinis upių ar kitų vandens telkinių ir drenažinis vanduo (Živatkauskienė, 2020, Adamonytė ir kt., 2018, Povilaitis, 2016).

Didžiausią įtaką paviršinio vandens kokybei ir eutrofikacijos procesams paviršiniame vandenyje daro su organinėmis ir mineralinėmis trąšomis į dirvožemį patekę fosforo (P) ir azoto (N) junginiai (Robles-Rodriguez, 2021, Sena ir kt., 2021), todėl, norint įvertinti žemės ūkio gamybos įtaką paviršinio vandens kokybei, vertinamas fosforo ir azoto kiekis dirvožemyje.

Tyrimo tikslas – įvertinti ekologinio žemės ūkio gamybos būdo įtaką paviršinio vandens būklei.

Tyrimų metodika

Norint įvertinti ekologinės žemdirbystės įtaką paviršinio vandens kokybei, šiame darbe buvo tiriami Pietų Lietuvos, Nemuno UBR, paviršinio vandens telkiniai, esantys šalia žemės ūkių, kurių žemės ūkio gamybos būdas yra ekologinis ir atitinka nustatytus reikalavimus (sertifikuotas), bei atlikta šių tyrimų rezultatų palyginamoji analizė. Tiriamieji ežerai: Alovės ežeras, Aviro ežeras, Galsto ežeras, Pabezninkų ežeras, Giluičio ežeras, Dusios ežeras ir Gusotus ežeras (1 pav.)



1 pav. Tiriamieji paviršinio vandens telkiniai

Fig. 1. *Research surface water bodies*

Tiriamų paviršinių vandens telkiniai analizuojami pagal duomenis, gautus iš Aplinkos apsaugos agentūros prie Aplinkos ministerijos duomenų bazės, iš valstybinio upių, ežerų ir tvenkinių monitoringo programos tyrimų rezultatų. Paviršinio vandens ekologinė būklė buvo vertinama pagal fizikinius – cheminius kokybės rodiklius: azotas bendras (N), bendras fosforas (P), fosfatų fosforas (PO_4-P), nitritai (NO_2), nitratų azotas (NO_3-N), biocheminio deguonies sunaudojimą per 7 paras (BDS_7).

Paviršinis vanduo vertinamas pagal paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodiką (azotas bendras (N), bendras fosforas (P) ir biocheminio deguonies sunaudojimą per 7 paras (BDS_7), ežerų ekologinės būklės klasių kriterijus pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklių vertes. Fosfatų fosforas (PO4-P) ir nitritai (NO_2) vertinti pagal paviršinių vandens telkinių, kuriuose gali gyventi ir veistis gėlavandenės žuvys, apsaugos reikalavimus.

Naudojami 2021–2022 m. duomenys, apie ekologinių žemės ūkių plotus, iš sertifikavimo įstaigų (duomenų bazės), kuriuose pateikiami visi Lietuvoje deklaruoti ir sertifikuoti ekologinių ūkių plotai esantys šalia tiriamų paviršinių vandens telkinių.

Tiriami vandens telkiniai vertinami pagal hidromorfologinių rodiklių vertes: vandens telkinio plotas, km²; maksimalus gylis, m; vidutinis gylis, m; mitybos baseino plotas, km²; kranto linijos ilgis, km. Ūkinės veiklos intensyvumas baseine vertintas pagal ekologinių ūkių plotą baseine, km²; ekologinių ūkių plotas nuo viso baseino ploto, proc. bei ekologinių ūkių skaičių vandens telkinio baseine.

Gauti tyrimų duomenys apdoroti naudojant *Microsoft Office Excel 2010* programą. Ryšių tarp paviršinio vandens kokybės rodiklių verčių ir vandens telkinių ploto, maksimalus ir vidutinio gylio, mitybos baseino ploto, kranto linijos ilgo, ekologinių ūkių ploto baseine, ekologinių ūkių ploto nuo viso baseino ploto bei ekologinių ūkių skaičiaus vandens telkinio baseine įvertinimui apskaičiuoti koreliacijos koeficientai. Naudota programa STATISTCA 10. Reikšmingumo lygmuo $p<0.05$.

Rezultatai ir aptarimas

Nagrinėti tiriamųjų ežerų rezultatai 2006–2022 m. Paviršinio vandens būklė buvo vertinama susisteminus fizikinius-cheminius kokybės rodiklius: bendras azotas (N), bendras fosforas (P), fosfatų fosforas (PO_4-P), nitritai (NO_2), nitratų azotas (NO_3-N), biocheminio deguonies sunaudojimą per 7 paras (BDS_7) bei ištirpusio deguonies koncentraciją (O_2) . Tiriamųjų paviršinių vandens telkinių būklės vertinimas pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė. Tiriamų paviršinių vandens telkinių būklė
Table 1. *The condition of the investigated surface water bodies*

Tyrimų metai	N mg/lN	P mg/lP	PO_4-P mg/l P	NO_3-N mg/l N	NO_2^- mg/l N	BDS_7 mg/l O_2	Prisotinimas deguonimi %
Alovės ežeras							
2009	2,45	0,088	0,037	0,29	0,025	5,52	0,97
2013	1,44	0,055	0,008	0,55	0,007	5,75	1,24
2016	1,65	0,041	0,006	0,18	0,138	5,65	1,27
2019	1,13	0,057	0,014	0,58	0,007	4,48	1,21
2022	1,01	0,046	0,022	0,23	0,0065	3,95	0,91
Avirio ežeras							
2006	1,38	0,038	0,009	0,27	0,007	3,62	1,102
2011	0,75	0,024	0,012	0,05	0,003	3,18	1,087
2016	0,5	0,027	0,007	0,10	0,001	2,75	1,069
2022	0,7	0,027	0,012	0,09	0,003	2,2	1,091
Galsto ežeras							
2010	0,75	0,044	0,031	0,04	0,004	2,65	1,045
2014	0,65	0,022	0,009	0,04	0,001	2,38	1,007
2022	0,32	0,024	0,009	0,08	0,005	2,23	1,004
Pabeznikų ežeras							
2008	1,48	0,055	0,051	0,35	0,003	4,1	0,891
2016	1,35	0,074	0,009	0,24	0,006	4,8	0,972
2019	1,55	0,073	0,015	0,19	0,006	2,08	1,015
2022	1,6	0,064	0,015	0,14	0,009	3,3	0,697
Giluičio ežeras							
2010	1,73	0,025	0,012	0,54	0,007	2,98	1,116
2014	0,95	0,032	0,013	0,3	0,006	2,38	1,001
2022	1,65	0,024	0,008	1,16	0,030	3,2	1,023
Dusios ežeras							
2007	0,9	0,028	0,010	0,03	0,002	2,53	0,956
2013	0,45	0,0195	0,005	0,02	0,005	1,05	0,978
2017	0,45	0,024	0,003	0,02	0,007	2,23	0,964
2022	0,41	0,029	0,009	0,05	0,003	2,08	0,973
Guostus ežeras							
2008	1,15	0,021	0,007	0,11	0,003	2,73	0,944
2012	0,88	0,017	0,005	0,05	0,003	1,78	0,962
2015	0,5	0,011	0,006	0,03	0,001	1,53	1,041
2022	0,66	0,033	0,013	0,14	0,005	3,05	1,013
	Labai gera ekologinės būklės klasė			**Gera ekologinės būklės klasė**		**Vidutinė ekologinės būklės klasė**	

Atlikus duomenų analizę ir remiantis Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. balandžio 12 d. Nr. D1-210 įsakymu „Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo“ tirtų paviršinio vandens telkinių pagal N ir P koncentracijas atitiko labai geros ir geros ekologinės būklės klasės vertes išskyrus Alovės ežeras pagal N ir P 2009 m. atitiko vidutinės ekologinės būklės klasės vertes, Pabežninkų ežeras pagal P koncentracijas 2016, 2019 ir 2022 metais atitiko vidutinės ekologinės būklės klasės vertes. Pagal BDS_7 vertes, visi tirti vandens telkiniai atitiko labai geros ir geros ekologinės būklės klasės vertes išskyrus Alovės ežeras pagal 2009, 2013, 2016 ir 2019 metais atitiko vidutinės ekologinės būklės klasės vertes, Pabeznikų ežeras 2016 m. atitiko vidutinės ekologinės būklės klasės vertes.

Nurodyta: tiriamų vandens telkinių plotas, km²; maksimalus gylis, m; vidutinis gylis, m; mitybos baseino plotas, km²; kranto linijos ilgis, km; ekologinių ūkių plotas baseine, km²; ekologinių ūkių plotas nuo viso baseino ploto, %; ekologinių ūkių skaičiai vandens telkinio baseine pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Tiriamų paviršinių vandens telkinių hidromorfologiniai ir ūkinės veiklos rodikliai

Table 2. *Hydromorphological and economic indicators of the studied surface water bodies*

Ežero pavadinimas *Name of the lake*	Plotas, km² *Lake area, m*	Maksimalus gylis, m *Max depth, m*	Vidutinis gylis, m *Average depth, m*	Baseino plotas, km² *Pool area, km²*	Ekologinių ūkių plotas, km² *Area of organic farms, km²*	Ekologinų ūkių plotas nuo viso baseino ploto, % *The area of organic farms from the total area of the basin, %*	Kranto linijos ilgis, m *Length of the coastline, m*	Ekologinių ūkių sk. vnt. *Number of organic farms, units*
Alovės	0.797	4.40	2.5	7.75	0.5121	6.61	5.42	1
Avirio	1.500	32.8	9.6	26.2	1.4598	5.57	11.4	4
Galsto	3.918	50.0	14.1	68.0	2.1087	3.10	18.99	1
Pabežninkų	0.661	3.00	1.9	11.8	0.9119	7.73	4.6	1
Giluičio	2.350	22.0	8.9	34.8	2.7300	7.85	9.15	1
Dusios	23.46	32.4	15.4	107.8	0.3807	0.35	23.46	1
Guostus	0.756	33.7	18.5	23.2	0.2019	0.87	4.85	1

Didžiausias pagal plotą yra Dusios ežeras (23.46 km²), mažiausias – Pabežninkų ežeras (0.661 km²). Giliausi ežerai pagal maksimalų ir vidutinį gylį – Galsto (50/14.1 m); Avirio (32.8/9.6 m); Guostu (33.7/18.5 m) ir Dusios ežeras (33.7/18,5 m). Sekliausi ežerai Pabežninkų (3/1.9 m) ir Alovės ežeras (4.4/2.5 m). Didžiausias mitybos baseino plotas – Dusios ežero (107.8 km²); mažiausias – Alovės ežero (7.75 km²). Ilgiausia kranto linijos ilgis – Dusios ežero (23.43m); trumpiausia Pabežninkų ežero (4.6 m). Didžiausias ekologinių ūkių plotas Giluičio ežero baseine (2.72 km²), mažiausias – Guostus ežero baseine (0.2019 km²). Įvertinus ekologinių ūkių plotą procentais nuo viso ežero mitybos baseino, nustatyta kad daugiausia procentas ekologinių ūkių yra Giluičio ežero baseine (7.85 proc.), mažiausias – Dusios ežero baseine (0.35 proc.). Visų tirtų ežerų baseinuose registruoti tik po vieną ekologinį žemės ūkio gamybos ųkį, tik Avirio ežero baseine registruoti du.

Siekiant įvertinti paviršinio vandens kokybės rodiklių verčių ir vandens telkinių ploto, maksimalus ir vidutinio gylio, mitybos baseino ploto, kranto linijos ilgo, ekologinių ūkių ploto baseine, ekologinių ūkių ploto nuo viso baseino ploto bei ekologinių ūkių skaičiaus vandens telkinio baseine ryšius, apskaičiuoti koreliacijos koeficientai. Rezultatai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Paviršinio vandens kokybės rodiklių verčių ir vandens telkinių ploto, maksimalus ir vidutinio gylio, mitybos baseino ploto, kranto linijos ilgo, ekologinių ūkių ploto baseine, ekologinių ūkių ploto nuo viso baseino ploto bei ekologinių ūkių skaičiaus vandens telkinio baseine koreliacinė matrica

Table 3. *Correlation matrix of the values of surface water quality indicators and the area of water bodies, maximum and average depth, the area of the nutrition basin, the long shoreline, the area of organic farms in the basin, the area of organic farms from the total area of the basin, and the number of organic farms in the water body basin*

Vandens kokybės rodiklis *Water quality indicator*	Ezero plotas, m *Lake area, m*	Maksimalus gylis, m *Max. depth, m*	Vidutinis gylis, m *Average depth, m*	Kranto linijos ilgis, m *Length of the coastline, m*	Baseino plotas, km² *Pool area, km²*	Ekologinių ūkių plotas, km² *Area of organic farms, km²*	Ekologinių ūkių plotas nuo viso baseino ploto,% *The area of organic farms from the total area of the basin,%*
N, mg/l N	r=-0.538 p=0.213	r=-0.897 p=0.006	r=-0.854 p=0.014	r=0.750 p=0.042	r=0.73 p=0.049	r=0.122 p=0.795	r=-0.862 p=0.013
P, mg/l P	r=-0.339 p=0.458	r=-0.828 p=0.021	r=-0.899 p=0.006	r=0.488 p=0.266	r=0.53 p=0.217	r=-0.197 p=0.672	r=-0.739 p=0.042
PO_4-P, mg/l P	r=-0.487 p=0.268	r=-0.554 p=0.197	r=-0.779 p=0.039	r=0.395 p=0.381	r=0.48 p=0.272	r=0.115 p=0.806	r=-0.744 p=0.020
NO_3-N, mg/l N	r=-0.374 p=0.409	r=-0.519 p=0.233	r=-0.520 p=0.232	r=0.451 p=0.310	r=0.43 p=0.331	r=0.535 p=0.216	r=-0.755 p=0.049
NO_2-N, mg/l N	r=-0.247 p=0.593	r=-0.632 p=0.128	r=-0.613 p=0.144	r=0.391 p=0.385	r=0.43 p=0.337	r=-0.093 p=0.842	r=-0.469 p=0.289
BDS_7, mg/l O_2	r=-0.494 p=0.259	r=-0.786 p=0.036	r=-0.858 p=0.014	r=0.598 p=0.156	r=0.69 p=0.047	r=-0.131 p=0.779	r=-0.676 p=0.045

Apskaičiavus koreliacijos koeficientus nustatytas statistiškai stiprus neigiamas ryšys tarp maksimalaus ežero gylio ir bendrojo azoto koncentracijos (N) (r=-0.897, p=0.006), bendrojo fosforo koncentracijos (P) (r=-0.828, p=0.021), biocheminio deguonies sunaudojimo vertės (BDS_7) (r=-0.786, p=0.036). Kuo didesnis maksimalus vandens gylis – mažėja biocheminio deguonies sunaudojimo vertės, bendrojo fosforo ir bendrojo azoto koncentracijos.

Nustatytas statistiškai stiprus neigiamas ryšys tarp vidutinio ežero gylio ir bendrojo azoto koncentracijos (N) (r=-0.858, p=0.014), bendrojo fosforo koncentracijos (P) (r=-0.899, p=0.006), fosfatų fosforo koncentracijos (PO_4-P) (r=-0.779, p=0.039), ir biocheminio deguonies sunaudojimo vertės (BDS_7) (r=-0.858, p=0.014). Kuo didesnis vidutinis vandens gylis – tuo biocheminio deguonies sunaudojimo vertės, bendrojo fosforo, fosfatų fosforo ir bendrojo azoto koncentracijos mažesnės.

Nustatytas statistiškai stiprus teigiamas ryšys tarp kranto linijos ilgio ir bendrojo azoto koncentracijos (N) (r=0.750, p=0.042), kuo ilgesnė kranto linija – tuo bendrojo azoto koncentracijos didesnės.

Nustatytas statistiškai stiprus teigiamas ryšys tarp mitybos baseino ploto ir bendrojo azoto koncentracijos (N) (r=0.730, p=0.049), ir biocheminio deguonies sunaudojimo vertės (BDS_7) (r=0.690, p=0.047). Kuo didesnis vandens telkinio mitybos baseino plotas - tuo biocheminio deguonies sunaudojimo vertės ir bendrojo azoto koncentracijos didesnės.

Nustatytas statistiškai stiprus neigiamas ryšys tarp ekologinių ūkių ploto nuo viso baseino ploto ir bendrojo azoto koncentracijos (N) (r=-0.862, p=0.013), bendrojo fosforo koncentracijos (P) (r=-0.739, p=0.042), fosfatų fosforo koncentracijos (PO_4-P) (r=-0.744, p=0.020), nitratų azoto koncentracijos (NO_3-N) (r=-0.755, p=0.049) ir biocheminio deguonies sunaudojimo vertės (BDS_7) (r=-0.676, p=0.045). Kuo didesnis ekologinių ūkių plotas nuo viso baseino ploto - tuo biocheminio deguonies sunaudojimo vertės, bendrojo fosforo, fosfatų fosforo, nitratų azoto ir bendrojo azoto koncentracijos mažesnės.

Išvados

1. Nustatyta, kad tirti paviršiniai vandens telkiniai pagal N, P ir BDS_7 vertes atitiko labai geros ir geros ekologinės būklės klasės vertes, išskyrus Alovės ežeras pagal N ir P 2009 m. atitiko vidutinės ekologinės būklės klasės vertes, Pabežninkų ežeras pagal P koncentracijas 2016, 2019 ir 2022 metais atitiko vidutinės ekologinės būklės klasės vertes. Pagal BDS_7 vertes Alovės ežeras 2009, 2013, 2016 ir 2019 metais, Pabežninkų ežeras 2016 m. atitiko vidutinės ekologinės būklės klasės vertes.
2. Apskaičiavus koreliacijos koeficientus nustatytas statistiškai stiprus neigiamas ryšys tarp maksimalaus ežero gylio ir N (r=-0.897, p=0.006), P (r=-0.828, p=0.021), BDS_7 (r=-0.786, p=0.036). Nustatytas statistiškai stiprus neigiamas ryšys tarp vidutinio ežero gylio ir N (r=-0.858, p=0.014), P) (r=-0.899, p=0.006), PO_4-P (r=-0.779, p=0.039) BDS_7 vertės (r=-0.858, p=0.014). Nustatytas statistiškai stiprus teigiamas ryšys tarp kranto linijos ilgio ir N)(r=0.750, p=0.042).Nustatytas statistiškai stiprus teigiamas ryšys tarp mitybos baseino ploto ir N (r=0.730, p=0.049), BDS_7 vertės(r=0.690, p=0.047).
3. Kuo didesnis ekologinių ūkių plotas nuo viso baseino ploto - tuo biocheminio deguonies sunaudojimo vertės, bendrojo fosforo, fosfatų fosforo, nitratų azoto ir bendrojo azoto koncentracijos mažesnės. Nustatytas statistiškai stiprus neigiamas ryšys tarp ekologinių ūkių ploto nuo viso baseino ploto ir bendrojo azoto koncentracijos (N) (r=-0.862, p=0.013), bendrojo fosforo koncentracijos (P) (r=-0.739, p=0.042), fosfatų fosforo koncentracijos (PO_4-P) (r=-0.744, p=0.020), nitratų azoto koncentracijos (NO_3-N) (r=-0.755, p=0.049) ir biocheminio deguonies sunaudojimo vertės (BDS7) (r=-0.676, p=0.045).

Literatūra

1. Xiao, L., Liu, J., Ge. J. (2021). Dynamic game in agriculture and industry cross-sectoral water pollution governance in developing countries, Agricultural Water Management, 243, 106417.
2. Jiang, Y., Chen, S., Hu, B., Zhou, Y., Liang, Z., Jia, X., Huang, M., Wei, J., Shi, Z. (2020). A comprehensive framework for assessing the impact of potential agricultural pollution on grain security and human health in economically developed areas. Environmental Pollution, 263, 114653.
3. Alcon, F. Dolores de-Miguel, M., Miguel Martínez-Paz, J. (2020). Assessment of real and perceived cost-effectiveness to inform agricultural diffuse pollution mitigation policies. Land Use Policy, 107, 104561.
4. FAO. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [interaktyvus] <http://faostat.fao.org/site/678/DesktopDefault.aspx?PageID=678#ancor >

5. Živatkauskienė, I. (2020). Azoto šalinimo iš drenažo vandens laboratorinis tyrimas taikant denitrifikacijos bioreaktorius. Daktaro disertacija. VDU Kaunas. 102. [Interaktyvus] https://www.vdu.lt/cris/handle/20.500.12259/105093.
6. Živatkauskienė, I., Povilaitis, A. (2016). Nitrate removal from drainage water – laboratory tests using denitrification bioreactors. Journal of Environmental Research, Engineering and Management, 72(3), 38–50.
7. Aplinkos apsaugos agentūra prie Aplinkos ministerijos. 2022. 2022–2027 m. upių baseinų rajonų valdymo planai ir priemonių programos. [interaktyvus] <https://aaa.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/vanduo/upes-ezerai-ir-tvenkiniai/vandens-valdymas-upiu-baseinu-rajonu-principu/2022-2027-m-upiu-baseinu-rajonu-valdymo-planai-ir-priemoniu-programos>
8. Robles-Rodriguez, C.E., Ben-Ayed, A., Bernier, J., Rocher, V., Dochain, D. (2019). Management of an integrated network of wastewater treatment plants for improving water quality in a river basin. IFAC-PapersOnLine, 52(1), 358–363.
9. Rodriguez-Espinosa, P.F., Sabarathinam, C., Ochoa-Guerrero, K.M., Martínez-Tavera, E., Panda, B. (2020). Geochemical evolution and boron sources of the groundwater affected by urban and volcanic activities of Puebla Valley, south Central Mexico. J. Hydrol, 584.
10. Sena, M., Seib, M., Noguera, D.R., Hicks, A. (2021). Environmental impacts of phosphorus recovery through struvite precipitation in wastewater treatment. Journal of Cleaner Production, 280, 124222.
11. Schipanski, M. E., Barbercheck, M., Douglas, M. R., Finney, D., Haider, K., Kaye, J. P., Kemanian, A. R., Mortensen, D. A., Ryan, M. R., Tooker, J. F. (2014). A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. Agricultural Systems. 125, 12–22.
12. Aplinkos apsaugos agentūra prie Aplinkos ministerijos. 2022. Upių baseinų rajonų valdymo planai ir priemonių programos. [interaktyvus] <https://aaa.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/vanduo/upes-ezerai-ir-tvenkiniai/vandens-valdymas-upiu-baseinu-rajonu-principu/2022-2027-m-upiu-baseinu-rajonu-valdymo-planai-ir-priemoniu-programos>

Rasa Žolynaitė, Skirmantas Pocius, Laima Česonienė

The Influence of Organic Agricultural Production on Surface Water Status

Agriculture and its methods of operation constantly influence the water quality of surface water bodies. It was established that in Lithuania, 63% of water bodies in the categories of rivers and 64% of lakes are classified as risk water bodies and do not meet the criteria of good condition. This study wanted to find out how much the ecological method of agricultural production affects the nearby surface water bodies. The obtained results show that the larger the area of organic farms from the entire area of the lake's nutrient basin, the lower the values of biochemical oxygen consumption, total phosphorus, phosphate phosphorus, nitrate nitrogen and total nitrogen concentrations. The ecological method of agricultural production has a positive effect on the condition of surface water bodies.

The state of surface water, the influence of agricultural production.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Rasa ŽOLYNAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir Ekologijos katedra. Adresas: Ulonų g. 41-12, LT-62161 Alytus. Tel. 8 605 56616, el. p.: rasazolynaite86@gmail.com
Rasa ŽOLYNAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy Faculty of Forest Sciences and Ecology, department Enviroment and Ecology, student, researcher. Address: Ulonų str. 12-41, LT-62161 Alytus. +370 605 56616, e-mail: rasazolynaite86@gmail.com
Skirmantas POCIUS. Aplinkos apsaugos departamento prie Aplinkos ministerijos Kauno valdybos viršininkas. Adresas: Rotušės a. 12, LT-44279 Kaunas. Tel. 8 693 07545, el. paštas: skirmantas.pocius@aad.am.lt
Skirmantas POCIUS. Head of the Kaunas Board of the Department of Environmental Protection under the Ministry of Environment. Address: 12 Rotušė Square, LT-44279 Kaunas. +370 693 07545, e-mail: skirmantas.pocius@aad.am.lt
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 r. Tel. (8 37) 752224, el. p.: laima.cesoniene1@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. +370 37 752224, e-mail: laima.cesoniene1@vdu.lt

EKOLOGINIŲ SPRENDINIŲ GALVĖS EŽERO IRKLAVIMO TRASOJE ANALIZĖ, SIEKIANT PAGERINTI JOS ĮVEIKLINIMĄ SPORTO REIKMĖMS

Povilas Stankūnas, Daiva Šileikienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Trakuose esantis Galvės ežeras yra labiausiai paveiktas rekreacijos ežeras Lietuvoje. Kiekvienais metais šį ežerą aplanko daug žmonių, jame vyksta tarptautinės vandens sporto varžybos, tai daro neigiamą poveikį ežero vandens kokybei. Tyrime nagrinėjamas Galvės ežero pietvakarinėje dalyje esančios prieplaukos vandens transportas, atliktas Lietuvos irkluotojų rinktinės socialinis tyrimas, kuriuo siekiama nustatyti sportininkų požiūrį kaip būtų galima pagerinti esamą situaciją ekologiniu požiūriu Galvės ežere. 2021 metais uždraudus LSC prieplaukoje laikyti privačius ir turistinius laivus už pinigus, jų skaičius 2021 m. buvo 31 vandens transporto priemonė. Lietuvos irkluotojų anketinės apklausos tyrimo analizė (22 respondentai) parodė, kad daugumos sportininkų manymu didžiausias Galvės ežero vandens teršėjas-ais yra laikomi iškastiniu kuru varomos vandens transporto priemonės ir priekrantės infrastruktūra, šiuos atsakymo variantus pasirinko 63,6 proc. respondentų. 40,9 proc. respondentų įsitikinę, kad yra būtina senas vandens transporto priemones pakeisti į elektra varomas. Beveik visi apklaustieji (91 proc.) mano, kad išvardintomis priemonėmis galima užtikrinti gerą Galvės ežero vandens būklę ir įvairias jo įveiklinimo galimybes.

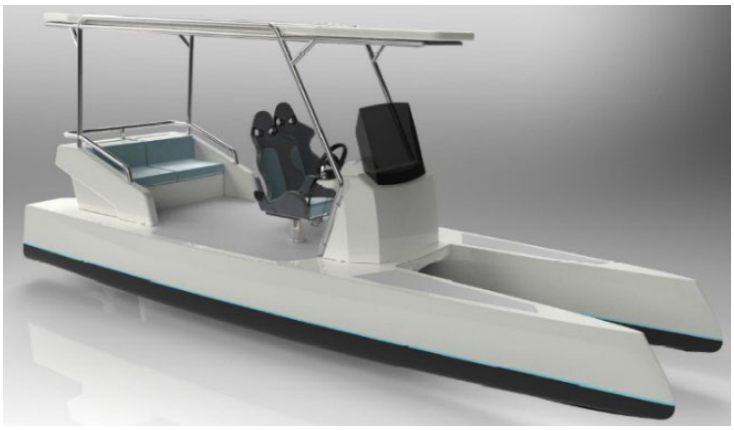
Rekreacija, irklavimas, įveiklinimas, apklausa, Lietuvos sporto centras (LSC).

Įvadas

Lietuvoje pastaruoju metu labai padidėjo vandens telkinių rekreacinė reikšmė, todėl didėja ir vandens telkinių tvarkymo poreikis. Daugumoje pasaulio šalių kasmet vis labiau populiarėja vidaus ir tarptautinis vandens turizmas, vandens sportas, todėl ežerų ir tvenkinių rekreacinė reikšmė labai padidėjo, o tai vienaip ar kitaip skatiną greitesnį vandens telkinių pelkėjimą (Mühl, 2020). Įvertinus žmogaus veiklos poveikį paviršiniams vandens telkiniams Lietuvoje, paaiškėjo, šiuo metu maždaug pusė šalyje esančiu atvirų vandens telkinių neatitinka geros vandens kokybės reikalavimų, ypač pastebimas greitesnis ežerų, upių sekimas, nykimas, užžėlimas, pelkėjimas. Lietuva pagal tarptautinius įsipareigojimus vėliausiai iki 2027 m. privalo užtikrinti visuose šalies atviruose vandens telkiniuose būtų pasiekta gera ekologinė būklė (Aplinkos apsaugos agentūra, 2021).

Lietuvos ežerų užterštumas yra daug mažesnis nei upių, tačiau mažas jų pratakumas nulemia ilgesnę savivalą. Eutrofikacijos suintensyvėjimą gali iššaukti ir nežymus teršimo padidėjimas, taip pagreitinant natūralų ežerų senėjimą (Česonienė ir kt., 2017). Lietuvoje daugeliui mažų iki 5 ha ploto ežerų būdinga uždumblėjusios, pelkėjančios ir užželiančios pakrantės, kurios dažniausiai yra apaugusios sumedėjusia augalija. Tačiau uždumblėjimas ir gausus užžėlimas stebimas ir didesniuose 20–70 ha ploto ežeruose. Manoma, kad Lietuvoje per 12 tūkstančių metų užpelkėjo maždaug 15 tūkstančių ežerų. Pagrindinės to priežastys melioracija, gamtinės ir antropogeninės eutrofikacijos, spartėjanti klimato kaita, gamtiniai procesai ir žmogaus ūkinės veiklos padariniai (Kilkus, Bukantis, 2021; Kilkus, Stonevičius, 2011). Lietuvoje gali nelikti ežerų, jeigu jų nykimo procesai nebus stabdomi. Yra daugybė priemonių ir būdų ežerų ir tvenkinių ekologinei būklei pagerinti, jos suskirstytos į dvi dideles grupes – bendrųjų (bendranacionalinių) teisinių ir specifinių tipinių kiekvienam vandens telkiniui skirtų, priklausomai nuo nustatytos problemos, grupes. Ekologinės ežerų būklės gerinimui dažnu atveju reikalinga pritaikyti konkrečias kiekvienam vandens telkiniui pritaikytas priemones. (Gudas, 2020). Tačiau pagrindiniai ežero išvalymo tikslai yra pačio ežero panaudojimas žmonių poilsiui, padidinami gėlo vandens ištekliai, susiformuoja naujas mikroklimatas, kuris papildo gyvūnų arealą (Strus et al., 2018).

Lietuvoje yra gimusi idėja sukurti ekologišką, šiuolaikišką ir ergonomišką transporto priemonę – pilnai elektrinį katamaraną SOLLARRC, kuris pakeistu senus, aplinką teršiančius iškastiniu kuru varomus katamaranu (žr. 1 pav.).



1 pav. Lietuvių sukurto SOLLARRC e-katamarano išvaizda

Fig. 2. *the appearance of Lithuanian made SOLLARRC e-catamaran*

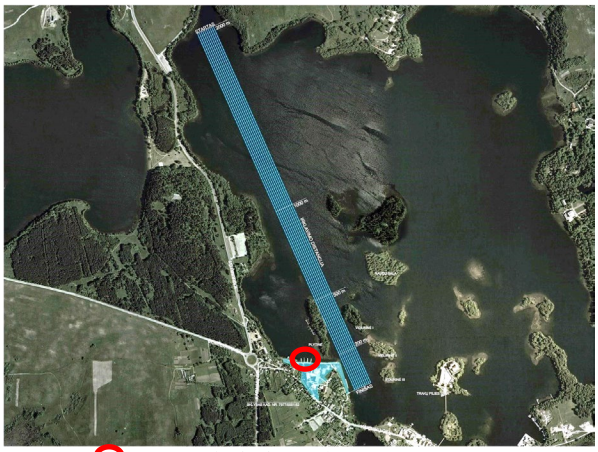
Šaltinis: Wladzinski, 2022.
Source: Wladzinski, 2022.

Šis katamaranas būtų varomas tik elektriniu varikliu, kurio baterijos būtų įkraunamos naudojant saulės energiją, bei reikalui esant prijungiamos prie įkrovimo stotelės prieplaukoje. Su šiuo produktu pirmiausia bus taikomasi į visos Europos atviro vandens sportą: irklavimą, baidares, kanojas ir kt. vandens sportą. Šiose sporto šakose yra plačiai naudojami seni katamaranai su vidaus degimo varikliais, kurie yra taršūs ir neekonomiški. Varžybų metu su tokiais katamaranais teisėjauja teisėjai, o treniruočių metu treneriai lydi savo sportininkus (Wladzinski, 2022).

Irklavimas yra sudėtinga ir daug pastangų reikalaujanti sporto šaka, kuri kelia didelius reikalavimus sportininko fiziniam pajėgumui ir techniniams įgūdžiams (Ettema et al., 2022). Šiuo metu pati geriausia ir aukščiausius standartus atitinkanti irklavimo trasa Lietuvoje yra Galvės ežero pietvakarinėje dalyje, pagrindinis jos naudotojas ir administruotojas Lietuvos sporto centras. Irklavimo trasos teritorijai taikomi šie Lietuvos Respublikos įstatymai: Aplinkos apsaugos įstatymas, Saugomų teritorijų įstatymas, Žemės įstatymas, Vandens įstatymas, Nekilnojamųjų kultūros vertybių įstatymas, Teritorijų planavimo įstatymas, Statybos įstatymas, Vietos savivaldos įstatymas (Galvės..., 2016).

Tyrimų metodika

Galvės ežeras (identifikavimo kodas 12030201) – natūralus ežeras, priklauso Nemuno upių baseinų rajonui. Centro koordinatė X (LKS-94) 6058563, Y (LKS-94) 560059. Ežeras yra Trakų rajono savivaldybėje, Trakų mieste. Ežero vandens paviršiaus be salų plotas yra 369,6 ha, maksimalus vandens gylis 46,8 m, vidutinis vandens gylis 13,6 m, ilgis 3,2 km, vidutinis plotis 1,1 km, kranto linijos ilgis 19,9 km, vandens lygio altitudė 148,8 m. 1972 m. Trakuose pastatytas „Dinamo“ irklavimo sporto kompleksas ir sportininkų reabilitacijos centras. Galvės ežere įrengta vandens trasa (žr. 2 pav.).



- LSC prieplauka *(Lithuania sport centre pier)*

2 pav. Galvės ežero irklavimo trasos schema
Fig. 2*. Rowing track scheme in Galvė lake*

Šioje trasoje vykdomos irklavimo treniruotės, respublikinės bei tarptautinės irklavimo varžybos. Irklavimo trasos teritorija (toliau – trasa) yra vakarinėje Galvės ežero dalyje, maždaug 600 m atstumu nuo Trakų pilies. Trasa yra daugiau nei 2 km ilgio. Irklavimo kryptis yra iš šiaurės (startas) į pietus (finišas). Pietinė trasos teritorija yra tarp dviejų salų, iš vakarinės pusės Plytinės sala, o iš rytinės – Vidurinė I sala. Pietvakarinėje irklavimo trasos pusėje yra prieplauka (2 pav. pažymėta raudonai) priklausanti LSC, šiuo metu joje laikomos tik sporto reikmėms naudojamos vandens transporto priemonės.

Vienas svarbesnių kriterijų, norint surengti Pasaulinio lygio varžybas Trakuose yra gera irklavimo trasos vandens kokybė. Tarptautinė irklavimo federacija (FISA) reikalauja bent vieną kartą metuose atlikti vandens bendrosios cheminės sudėties rodiklių tyrimus. Ne išimtis yra ir Lietuvos irklavimo federacija (LIF), kuri kiekvienais metais privalo pateikti šiuos duomenis. Kadangi LSC prieplaukoje esančių vandens transporto priemonių parkas yra pasenęs, o bet kokia iškastinių kurų varoma transporto priemonė yra tarši aplikai, LSC siekdamas maksimaliai sumažinti galimą vandens taršą irklavimo trasos teritorijoje įsipareigojo iki 2025 m. atnaujinti Galvės ežero irklavimo trasos prieplaukoje esančių benzininių katamaranų parką į elektriniais varikliais varomus vandens katamaranus. 2022 m. rudenį LSC prieplaukoje įrengtos pirmosios dvi elektrinių vandens transporto priemonių krovimo stotelės. Taip pat atliktas Lietuvos rinktinės irkluotojų socialinis tyrimas.

Tyrimo būdas. Šiuo tyrimu siekiama nustatyti Lietuvos olimpinės irklavimo rinktinės sportininkų požiūrį dabartinę Galvės ežero ekologinę būklę ir kaip būtų galima pagerinti esamą situaciją.

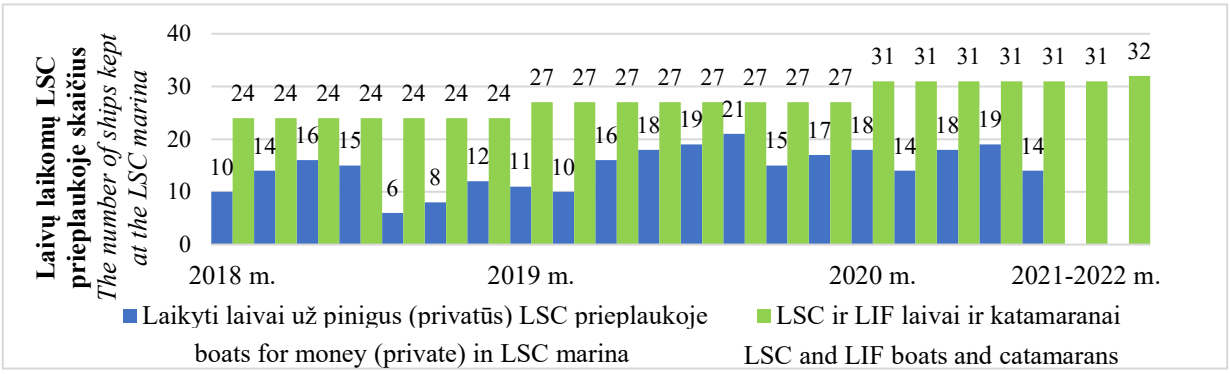
Tyrimo metodai. Remiantis mokslinės literatūros ir teisinių dokumentų analize tyrimui pasirinkta kiekybinis tyrimo metodas, anketinė apklausa.

Tyrimo instrumentai. Atliekant kiekybinį tyrimą buvo naudojamasi klausimynu, kuriame klausimai buvo pateikti tinklalapyje (google formos). Ši apklausa anoniminė, klausimai suformuluoti taip, jog respondentas galėtų laisvai į jį atsakyti, pasirenkant jam tinkantį atsakymo variantą. Sportininkams nuoroda buvo siunčiama asmeniškai į elektroninį paštą, kuri buvo patalpinta Google paskyroje. Viskas atsakinėjama elektroniniu būdu, klausimynas sudarytas remiantis mokslinės literatūros analize, atsakymai vertinami objektyviai. Apklausoje buvo sudaryti 4 klausimai, kurie buvo su vienu arba keliais pasirinkimo variantais. Apklausa, statistinių duomenų analizė ir tyrimo medžiaga pateikiama duomenų vaizdavimo grafikuose. Apklausa paskelbta 2022 metų spalio 23 d. uždaryta tų pačių metų lapkričio 1 d. Apklausa vykdyta septynias dienas.

Kiekybinio ir kokybinio tyrimo apribojimai ir tolimesni tyrimai. Anketinės apklausos tyrimo metodas yra plačiai naudojamas, pasirinktas dėl jo patogumo ir galimybės apklausti daug respondentų. Šio tyrimo metu apklausta 22 Lietuvos olimpinės irklavimo rinktinės sportininkai, kurie treniruojasi Trakų Galvės ežere. Visi respondentai geranoriškai atsakė į pateiktus klausimus, taip parodydami, kad Lietuvos irklavimo bendruomenė stengiasi prisidėti prie Galvės ežero vandens kokybės gerinimo.

Rezultatai ir aptarimas

Lietuvos sporto centro teritorijoje yra prieplauka, kurioje yra laikomi laivai. Visi jie varomi benzininiais varikliais. Iki 2021 m. sausio 1 dienos, buvo galima laikyti LSC prieplaukoje ir privačius laivus, tačiau nuo 2021 m. LSC prieplaukoje laikyti privačius ir turistinius laivus už pinigus uždrausta. Lietuvos sporto centro prieplaukoje esantis vandens transportas 2018–2022 m. (žr. 3 pav).

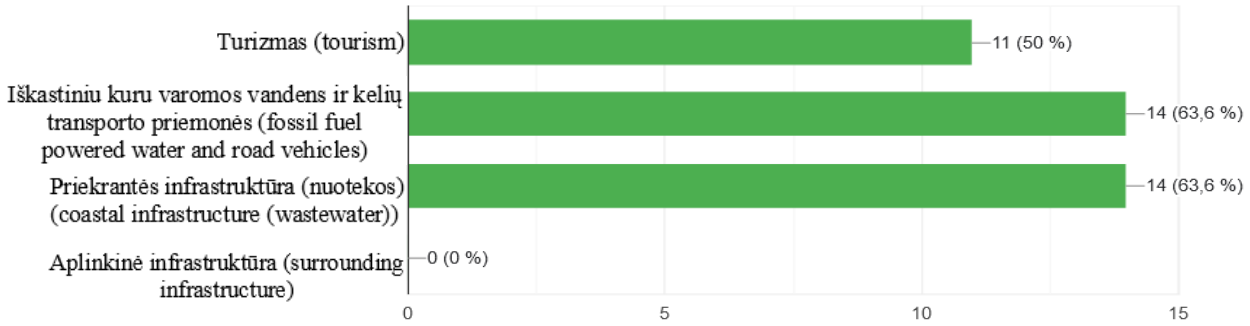


3 pav. Lietuvos sporto centro prieplaukoje esantis vandens transportas 2018–2022 m.
Fig. 3. *Water transport located at the pier of the Lithuanian Sports Center 2018–2022*

Šaltinis: Lietuvos sporto centro duomenys, 2022 m.
Source: Lithuanian Sports Center data, 2022.

2018 m. privačių laivų laikomų LSC prieplaukoje skaičius svyravo nuo 6 iki 16 laivų, 2019 m. kiekis svyravo nuo 11 iki 21 laivų, o 2020 m. nuo 14 iki 19 laivų. Sprendimas uždrausti laikyti privačius laivus buvo priimtas dėl vis augančio jų kiekio, o tai sudarydavo vis daugiau problemų sportininkams, kadangi laivų maršrutas kirtosi su irklavimo trasa, taip pat dėl galimos vandens taršos ir foninio triukšmo. Šiuo metu LSC prieplaukoje yra laikomi ir naudojami 17 katamaranų, 14 guminių laivų su varikliu (tipo Brig) ir yra 1 trasos aptarnavimo platforma. Šios vandens transporto priemonės yra skirtos tik sportinėms reikmėms, taip pat jų skaičius kinta, dėl nuolatos atnaujinamo vandens katamaranų parko.

Lietuvos irkluotojų anketinės apklausos tyrimo analizei reikalinga respondentų nuomonė. Irkluotojų buvo paprašyta nurodyti kas jų manymu yra didžiausias Galvės ežero vandens teršėjas(-ai)? (4 pav.).

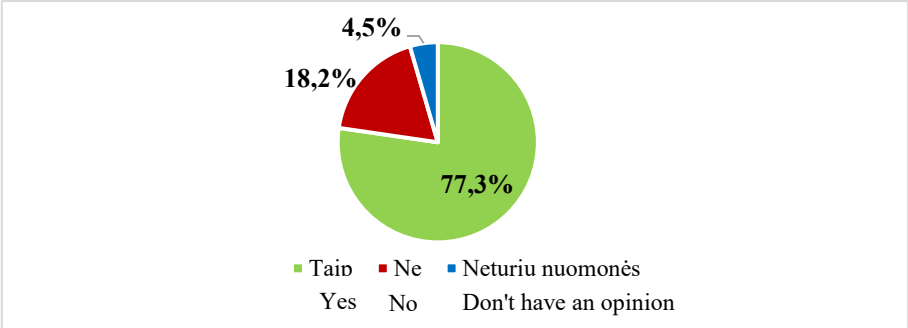


4 pav. Respondentų nuomonė apie didžiausius Galvės ežero teršėjus
Fig. 4. *Wat Respondents opinion about the biggest polluters of Lake Galvė*

Šaltinis: sudarytas autoriaus remiantis apklausa, 2022 m.
Source: Compiled by the author based on a poll, 2022.

Šiuo klausimu buvo siekiama išsiaiškinti, kas irkluotoju manymu yra didžiausias Galvės ežero vandens teršėjas/ai? Atsakydami respondentai galėjo rinktis iš pateiktų galimų keturių Galvės ežero vandens teršėjų. 3 paveiksle pavaizduoti duomenys rodo, kad didžiausiais teršėjais yra laikomi iškastiniu kuru varomos vandens transporto priemonės ir priekrantės infrastruktūra (nuotekos), abu šiuos atsakymo variantus pasirinko 14 respondentų (63,6 proc.). 11 iš apklaustųjų mano, kad galimas teršėjas galėtu būti turizmas (50 proc.). Nei vienas irkluotojas, kaip galimo taršos šaltinio nepasirinko aplinkinės infrastruktūros.

Atliekant tyrimą buvo aktualu išsiaiškinti ar Lietuvos sporto centras, atsakingas už irklavimo trasos kokybę, užtikrina, kad jiems priklausanti pakrantės infrastruktūra ir jų naudojamos vandens transporto priemonės neterš Galvės ežero vandens? (5 pav.).



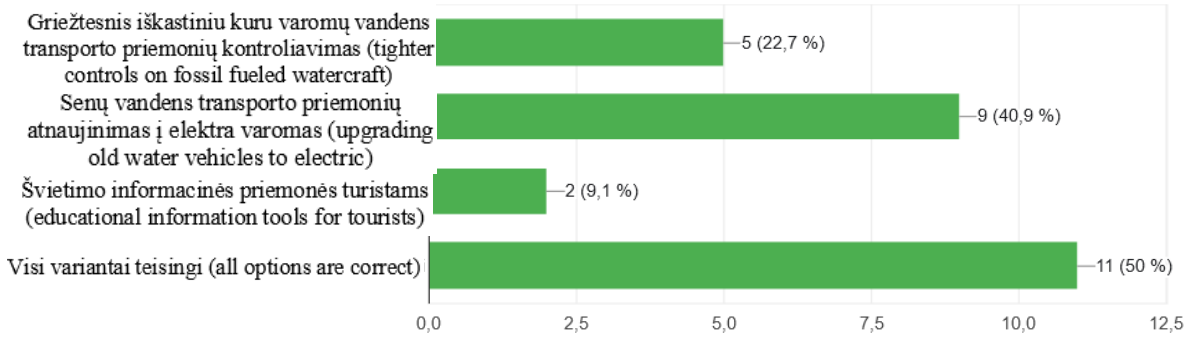
5 pav. Respondentų nuomonė apie Lietuvos sporto centro požiūrį į Galvės ežero ekologija

Fig. 5. *Respondents opinion about the approach of the Lithuanian Sports Center to the ecology of Lake Galvė*

Šaltinis: sudarytas autoriaus remiantis apklausa, 2022 m.
Source: Compiled by the author based on a poll, 2022.

Irkluotojų, kurie treniruojasi Trakų Galvės ežere buvo paklausta ar Lietuvos sporto centras užtikrina, kad jiems priklausanti pakrantės infrastruktūra ir jų naudojamos vandens transporto priemonės neterš Galvės ežero vandens (4 pav.). 17 apklaustųjų (77,3 proc.) mano, kad taip, 4 (18,2 proc.) mano, kad ne, o vienas iš jų neturi nuomonės šiuo klausimu (4,5 proc.).

Taip pat respondentų buvo paklausta kokios jų manymu galėtų būti Galvės ežero vandens taršos mažinimo priemonės? (žr. 6 pav.).



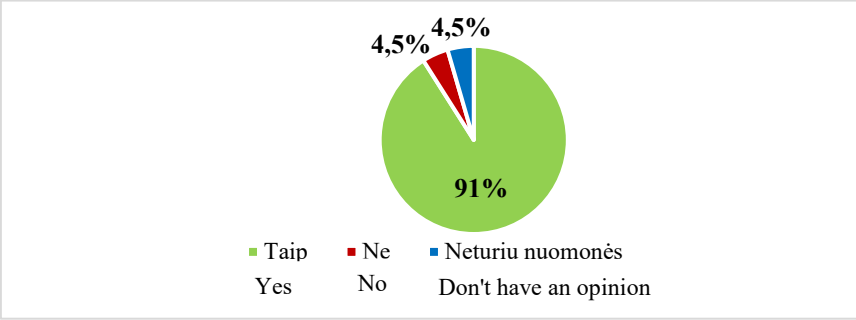
6 pav. Respondentų nuomonė apie galimas Galvės ežero vandens taršos mažinimo priemones

Fig. 6. *Respondents opinion on possible measures to reduce water pollution of Lake Galvė*

Šaltinis: sudarytas autoriaus remiantis apklausa, 2022 m.
Source: Compiled by the author based on a poll, 2022.

Šiuo klausimu buvo aktualu išsiaiškinti ką Lietuvos irklavimo rinktinės nariai mano apie galimas Galvės ežero vandens mažinimo priemones. Atsakydami respondentai galėjo rinktis iš pateiktų galimų trijų vandens mažinimo priemonių. 9 respondentai (40,9 proc.) mano, kad yra būtina senas vandens transporto priemones pakeisti į elektra varomas. 5 iš jų (22,7 proc.) mano, kad reikalingas griežtesnis iškastiniu kuru varomų vandens transporto priemonių kontroliavimas, ir 2 apklaustieji (9,7 proc.) daugiau informacinių priemonių turistams. 11 iš 22 irkluotojų (50 proc.) mano, kad visi variantai yra teisingi.

Paskutinis klausimas respondentams buvo susijęs su jų nuomone apie išvardintas priemones ir ar jos gali užtikrinti gerą Galvės ežero vandens būklę ir įvairias jo įveiklinimo galimybes? (žr. 7 pav.).



7 pav. Respondentų nuomonės pasiskirstymas į klausimą? Jūsų nuomone, ar išvardintomis priemonėmis galima užtikrinti gerą Galvės ežero vandens būklę ir įvairias jo įveiklinimo galimybes?

Fig. 7. *Distribution of respondents opinions on the question? In your opinion, can you ensure the good condition of the water of Lake Galvė and various possibilities of its implementation by the mentioned means?*

Šaltinis: sudarytas autoriaus remiantis apklausa, 2022 m.
Source: Compiled by the author based on a poll, 2022.

7 paveiksle pavaizduoti duomenys rodo, kad net 20 apklaustųjų (91 proc.) mano, kad išvardintomis priemonėmis galima užtikrinti gerą Galvės ežero vandens būklę ir įvairias jo įveiklinimo galimybes. Proporcingai po 1 nuomonę (4,5 proc.) išreiškė likusieji rinktinės nariai, vienas iš jų neturi nuomonės, o kitas mano, kad išvardintos priemonės yra netinkamos geram Galvės ežero vandens būklės užtikrinimui.

Išvados

1. 2018–2021 m. laikotarpiu LSC prieplaukoje privačių laivų laikomų skaičius svyravo nuo 6 iki 21, 2022 m. tokia paslauga panaikinta ir prieplaukoje liko laikomos ir naudojamos skirtingos LSC transporto priemonės (katamaranai, guminiai laivai su varikliu (tipo Brig), trasos aptarnavimo platforma), kurių skaičius 2018–2022 m. laikotarpiu didėjo nuo 24 iki 32.
2. Apklausa parodė, kad didžiausiais Galvės ežero vandens teršėjais laikomi iškastiniu kuru varomos vandens transporto priemonės ir priekrantės infrastruktūra (63,6 proc. respondentų), taip pat turizmas (50 proc.). Irkluotojų nuomonė apie galimas Galvės ežero vandens mažinimo priemones: (40,9 proc.) mano, kad yra būtina senas vandens transporto priemones pakeisti į elektra varomas, (22,7 proc.) mano, kad reikalingas griežtesnis iškastiniu kuru varomų vandens transporto priemonių kontroliavimas, ir (9,7 proc.) daugiau

informacinių priemonių turistams. (91 proc.) respondentų mano, kad išvardintomis priemonėmis galima užtikrinti gerą Galvės ežero vandens būklę ir įvairias jo įveiklinimo galimybes.

Literatūra

1. APLINKOS APSAUGOS AGENTŪRA. 2021. Parengti upių baseinų rajonų valdymo planai. Prieiga per internetą:<https://aaa.lrv.lt/lt/naujienos/parengti-upiu-baseinu-rajonu-valdymo-planai>
2. Česonienė, L.; Pliuraitė, V.; DumbrauskaS, A.; Bastienė, N.; Katkevičius, L.; Šileikienė, D.; Dapkienė. 2017. Rizikos vandens telkinių būklės tyrimų, taršos šaltinių ir kitų priežasčių, lemiančių rizikos vandens telkinio būklę, identifikavimas, būklės gerinimo priemonių parinkimas. II dalis ežerai ir tvenkiniai. Ataskaita. Akademija. Prieiga per internetą:. <https://old.gamta.lt/files/Rizikos%20vandens%20telkini%C5%B3%20studija.%20E%C5%BEer%C5%B3%20dalis.pdf>
3. Ettema, G., Haug, A., Ludvigsen, T. P., Danielsen, J. (2022). The role of stroke rate and intensity on rowing technique. Sports Biomechanics, 1-22. Prieiga per internetą: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14763141.2022.2135457>
4. Galvės ežero irklavimo trasos tvarkymo darbų projektas. (2016). VŠĮ Grunto valymo technologijos. 26 p.
5. Gudas, M. (2020). Siūlomos priemones ežerų ir tvenkinių ekologinei būklei pagerinti. Prieiga per internetą:<https://vanduo.old.gamta.lt/files/Ezeru_priemones1612943799285.html#%C4%AEvadas>
6. Kilkus, K., Stonevičius, E. (2011). Lietuvos vandenų geografija [Geography of Lithuanian waters]. Vilnius University: Vilnius, Lithuania, 186 p.
7. Kilkus, K.; Bukatis, A. (2021). Lietuvos ežerai. Visuotinė lietuvių enciklopedija. Prieiga per internetą:<https://www.vle.lt/straipsnis/lietuvos-ezerai/>
8. Mühl, S. (2020). Landscape and infrastructure preferences of recreational rowers in Germany. Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 29, 100271.
9. Strus, O., Polovko, N., Plaskonis, Y. (2018). The investigation of the development of a cream composition with the sapropel extract. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 11(7), 147.
10. Wladzinski, G. (2022). UAB „Apricum LT“. Sollar RC 2022-07-21.

Povilas Stankūnas, Daiva Šileikienė

Analysis of Ecological Solutions on Lake Galvė Rowing Track to Improve its Utilisation for Sports Purposes

Lake Galvė in Trakai is the most recreation-affected lake in Lithuania. Many people visit this lake every year, and international water sports competitions are held there, which has a negative impact on the lake's water quality. The research examines the water transport of the pier located in the south western part of Lake Galvė, a social survey of the Lithuanian rowing team was conducted, which aims to determine the attitude of the athletes as to how the current situation could be improved. In 2021, after the prohibition of keeping private and tourist boats for money at the LSC pier, their number was 31 water vehicles. The analysis of the questionnaire survey of Lithuanian rowers (22 respondents) showed that, in the opinion of the majority of athletes, fossil fuel-powered water vehicles and coastal infrastructure are considered the biggest water polluters of Lake Galvė, 63.6% chose these answer options. 40.9 percent respondents are convinced that it is necessary to replace old water vehicles with electric ones. Almost all of the respondents (91%) believe that the listed measures can ensure the good condition of the water of Lake Galvė and various possibilities for it’s management.

Recreation, rowing, implementation, poll, Lithuanian Sports Center (LSC).

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. kovo mėn.

Povilas STANKŪNAS. 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. +37060585280, el. paštas: povilasstankunas@gmail.com

Povilas STANKŪNAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, postgraduate. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 60585280, e-mail: povilasstankunas@gmail.com

Dr. Daiva ŠILEIKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11-511, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 65255443, el. paštas: daiva.sileikiene@vdu.lt

Dr. Daiva ŠILEIKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, assoc. prof. Address: Student st. 11-511, LT-53361 Academy, Kaunas dist. +370 65255443, e-mail: daiva.sileikiene@vdu.lt

PAVIRŠINIŲ VANDENS TELKINIŲ BŪKLĖ ALYTAUS MIESTE IR RAJONE

Laima Janavičienė, Laima Česonienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Paviršinių vandens telkinių tarša šiuo metu kelia labai didelį susirūpinimą. Iki 2027 metų visoje Europoje, įskaitant ir Lietuvoje, vienas iš vandens politikos iškeltų tikslų pasiekti gerą visų paviršinių vandens telkinių būklę. Šį tikslą pasiekti yra labai nelengva kadangi, šiuo metu dauguma paviršinio vandens telkinių vis dar yra blogos arba labai blogos būklės. Šiame straipsnyje yra aptariama paviršinio vandens telkinių būklė Alytaus mieste ir rajone. Tyrimo metu vandens ėminiai buvo pasirinkti aštuoniolikoje vietų. Pasirinkta 9 tekančio vandens ir 9 stovinčio vandens telkiniai. Vanduo imtas keturių metus laikotarpyje 2019–2022 metais. Buvo vertinama, fosfatų fosforo koncentracija (PO_4-P), nitratų azoto koncentracija (NO_3-N), amonio azoto koncentracija (NH_4-N), bendrojo azoto koncentracija (N_b), biocheminio deguonies suvartojimo vertė (BDS_7). Gauti duomenys buvo lyginami su vertėmis nurodytomis paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikoje. Tyrimų rezultatai parodė, kad tirtų upių būklė nevienoda visais tyrimų metais. 2019 ir 2021 m. visos tirtos upės pagal nitratų azoto ir amonio azoto koncentraciją, 2020 m. – 22 proc. tirtų upių pagal nitratų azoto koncentraciją, 2022 m. – 33 proc. pagal fosfatų fosforo koncentraciją atitiko geros ekologinės būklės klasės vertes.

Paviršinio vandens telkiniai, ekologinės būklės klasė.

Įvadas

Lietuvoje didžiausią dalį paviršinio vandens užima upės ir ežerai. Šalyje ilgesnių negu 250 m vandentėkmių yra apie 30 000. Upių, ilgesnių negu 100 km, yra 18, iš jų – 7 teka per kaimyninių valstybių teritorijas (Kilkus, 2016). Natūralūs ežerai sudaro 1,4 % visos Lietuvos teritorijos. Lietuvoje vyrauja maži ežerėliai: didesnių kaip 0,5 ha yra 2 850. Didesnių kaip 100 ha ežerų Lietuvoje yra apie 150, kurie sudaro 65 % bendro ežerų ploto (Kilkus, 2016).

Europoje ir Lietuvoje vandens politikos tikslas – iki 2027 m. pasiekti gerą visų upių, ežerų, pakrančių ir tarpinių vandenų ekologinę būklę. Šiuo metu daugiau nei pusė vandens telkinių yra pablogėjusios būklės, o maistinių medžiagų kiekis yra vienas iš pagrindinių kaltininkų (Poikane, 2019).

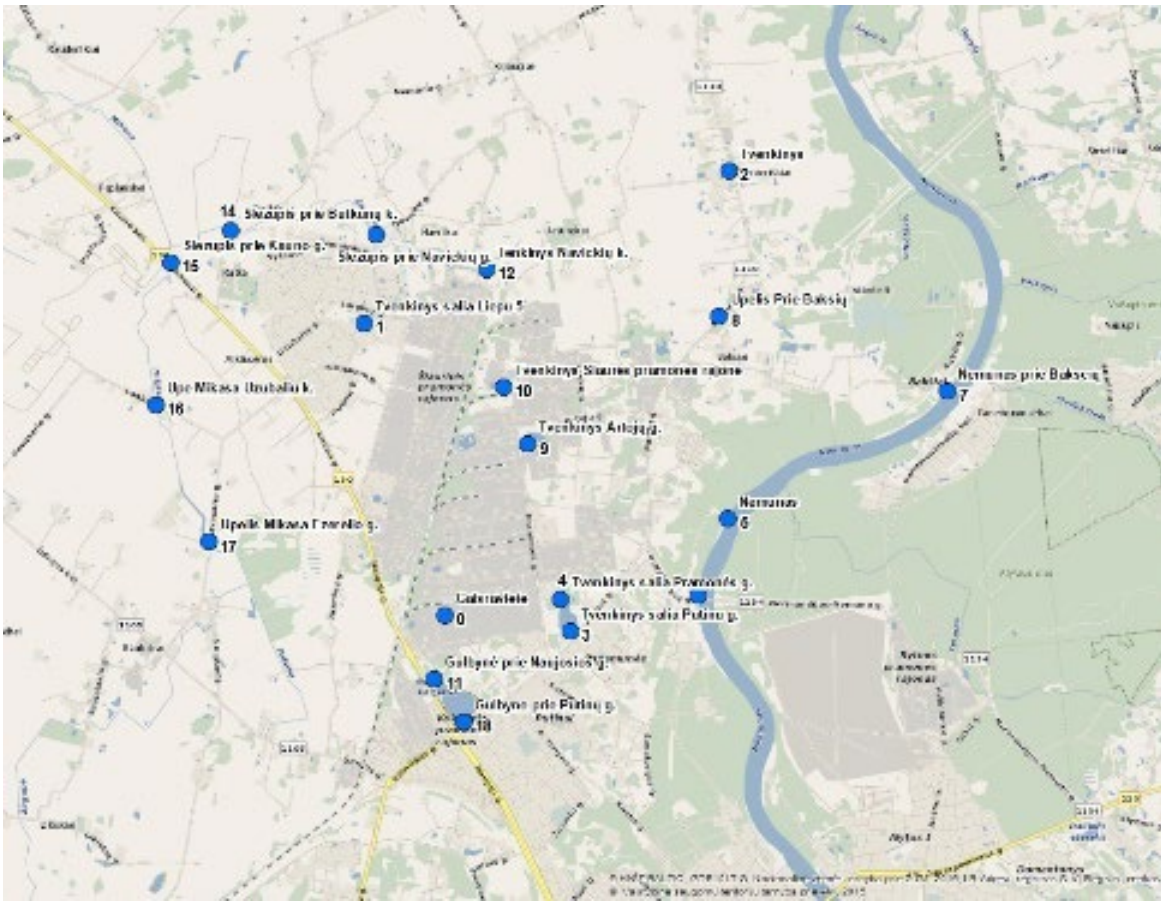
Lietuvos 49 % upių atitinka gerą arba labai gerą ekologinę būklę. Vakariniuose, pietrytiniuose ir rytiniuose regionuose 53–65 % visų vandens telkinių atitinka labai gerą ir gerą ekologinę būklę. Pagrindinės problemos paviršiniuose vandens telkiniuose buvo nustatytos ten, kur yra vykdoma intensyvi žemės ūkio veikla. Šiaurinėje, centrinėje ir pietvakarinėje Lietuvoje, 50 % telkinių neatitinka geros ekologinės būklės (Misevičienė, 2018). Paviršinio vandens ekologinę būklę gali lemti į vandens telkinius patenkančių teršalų kiekis ir jų savybės. Teršalai į vandens telkinius gali patekti įvairias keliais t. y. per buitines, pramonės, lietaus nuotekas, netinkamai naudojamas trąšas, kurias lietus išplauna iš dirvožemio (Tamulis, 2017)

Paviršinio vandens kokybei tai pat gali turėti įtakos ir klimato kaita. Lietuvos mokslininkai atliko tyrimus ir nustatė statistiškai stiprus teigiamas ryšys tarp vidutinės metų temperatūros ir BDS7 vertės, bendrojo fosforo, bendrojo azoto koncentracijos, statistiškai stiprus neigiamas ryšys tarp vidutinės metų temperatūros ir nitratų azoto koncentracijos. Tai pat tyrimo metu nustatytas statistiškai stiprus teigiamas ryšys tarp metinio kritulių kiekio ir BDS7 vertės, nitratų, nitritų, amonio jonų koncentracijų, statistiškai stiprus neigiamas ryšys tarp metinio kritulių kiekio ir ištirpusio bendrojo fosforo, deguonies koncentracijos. Tai reiškia kad kuo didesnis iškritusių kritulių kiekis, tuo labiau didėja organinių medžiagų, nitritų, nitratų ir amonio jonų koncentracijos, sumažėja ištirpusio fosforo ir deguonies koncentracijos (Ališauskienė, Česonienė, Šileikienė, 2021).

Darbo tikslas – nustatyti paviršinio vandens būklę Alytaus mieste ir rajone.

Tyrimų metodika

Norint įvertinti vandens telkinių būklę Alytaus mieste ir rajone, atsitiktine tvarka buvo surinkti paviršinio vandens mėginiai. Aštuoniolikoje vietų pasirinkta 9 tekančio vandens (upės) ir 9 stovinčio vandens telkiniai (tvenkiniai). Vandens ėminių ėmimo vietų žemėlapis pateiktas pirmame paveiksle.



1 pav. Vandens ėminių ėmimo vietų žemėlapis

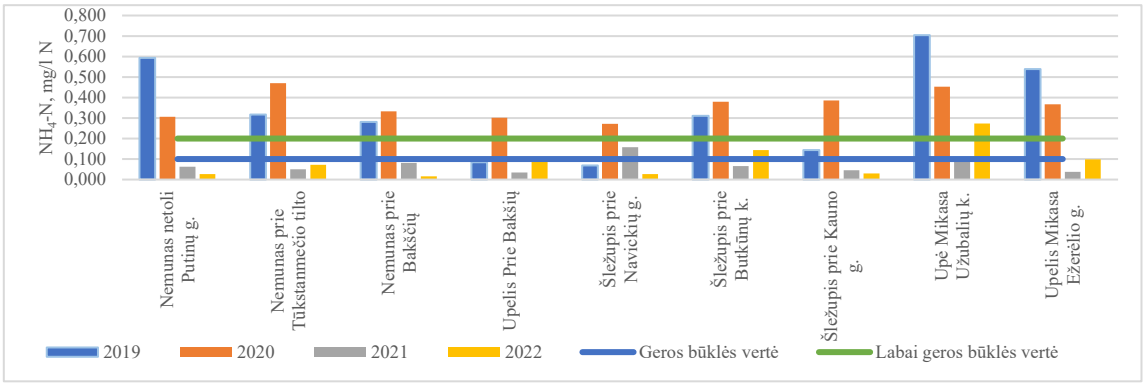
Fig. 1. *Map of water sampling locations*

Vanduo imtas keturių metus laikotarpyje 2019–2022 m.: 2019 m. rudenį ir žiemą, 2020 m. žiemą, pavasarį, vasarą, rudenį, 2021 m. žiemą, pavasarį, vasarą, rudenį, 2022 žiemą, pavasarį, vasarą ir 2022 m. lapkritį iš Alytaus mieste ir rajone esančių telkinių. Buvo vertinama: fosfatų fosforo koncentracija (PO_4-P), nitratų azoto koncentracija (NO_3-N), amonio azoto koncentracija (NH_4-N), bendrojo azoto koncentracija (N_b), biocheminio deguonies suvartojimo vertė (BDS_7). Gauti duomenys buvo lyginami su vertėmis, kurios nurodytos paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikoje.

Rezultatai ir aptarimas

Surinkus paviršinio vandens meginius iš aštuoniolikos vietų ir juos ištyrus laboratorijoje, gauti duomenys buvo lyginami su ribinėmis vertėmis.

Amonio azoto koncentracijos upių vandenyje pateiktos 2 paveiksle.

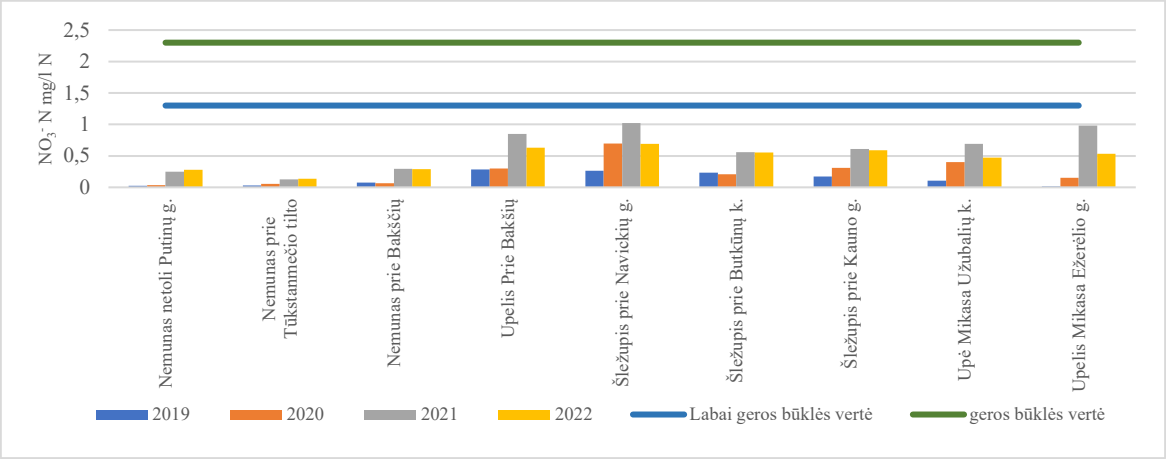


2 pav. Amonio azoto koncentracijos upių vandenyje

Fig 3. *Ammonium nitrogen concentrations in river water*

Iš pateiktų paveiksle duomenų matyti, kad 2019 m. amonio azoto (NH_4-N) koncentracijos 78 proc. upių vandens atitiko blogos arba labai blogos ekologinės būklės klasės vertes, likę 22 proc. buvo geros arba labai geros ekologinės būklės. Visos 2020 m. tirtos upės atitiko blogos arba labai blogos ekologinės būklės klasės vertes. Tuo tarpu 2021 m. ir 2022 m. visos upės pagal amonio azoto vertės atitiko geros arba labai geros ekologinės būklės klasės vertes.

Nitratų azoto (NO_3-N) koncentracija upių vandenyje pateikta 3 paveiksle.

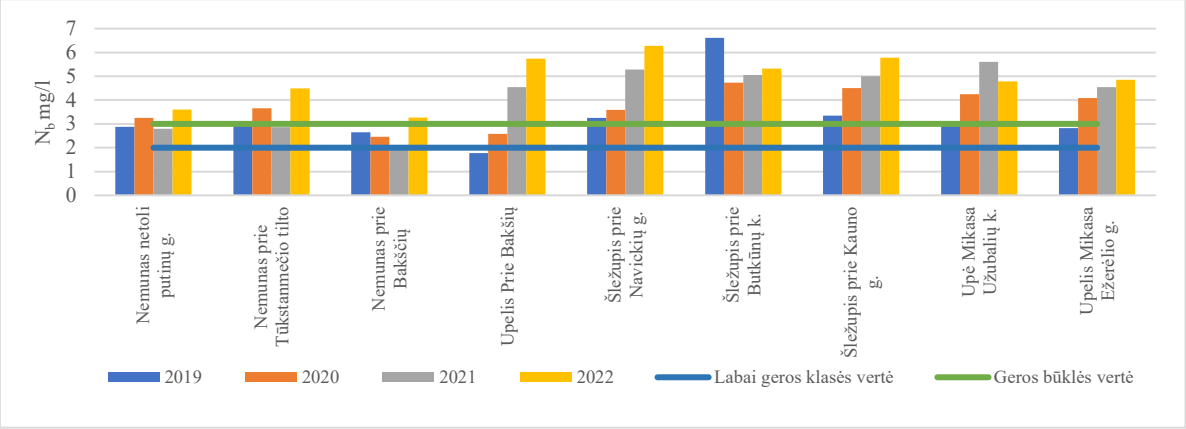


3 pav. Nitratų azoto (NO_3-N) koncentracija upių vandenyje

***Fig 3**. Nitrate nitrogen concentrations in river water*

Iš pateikto paveikslo matyti, kad visų keturių tyrimo metų laikotarpyje tirtos upės pagal nitratų azoto (NO_3-N) koncentracijas atitiko labai geros ekologinės būklės klasės vertes.

Bendra azoto (N_b) koncentracija upių vandenyje pateiktas 4 paveiksle.

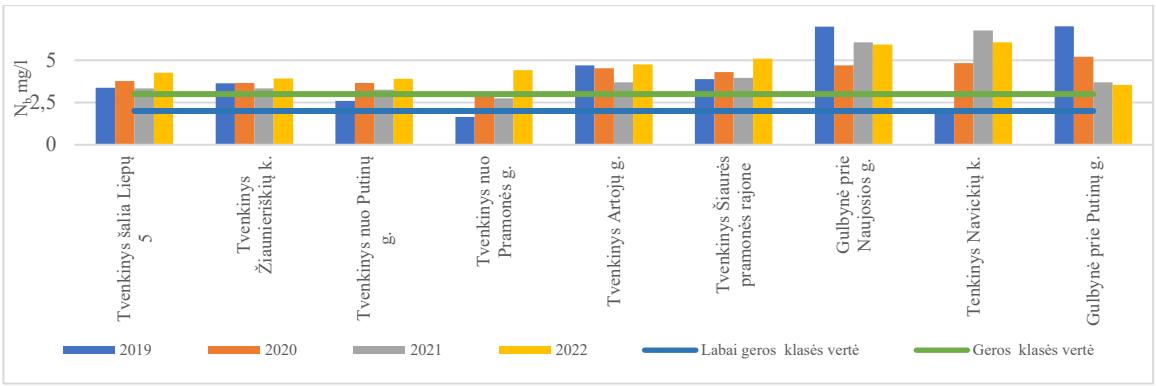


4 pav. Bendro azoto (N_b) koncentracija upių vandenyje

***Fig 4**. Total nitrogen concentrations in river water*

Iš duomenų, pateiktų paveiksle matyti, kad 2019 m. pagal bendro azoto (Nb) koncentraciją 44 proc. upių atitiko geros arba labai geros ekologinės būklės klasės vertes, 56 proc. – blogos arba labai blogos būklės. Sekančiais tyrimų metais (2020 m.) 22 proc. tirtų upių atitiko geros būklės klasės vertes, 78 proc. – blogos arba labai blogos ekologinės būklės. Trečiais tyrimo metais (2021 m.) 33 proc. – geros ekologinės būklės, 67 proc. – blogos arba labai blogos būklės. Ketvirtais tyrimo metais visų upių pagal bendra azotą buvo blogos arba labai blogos ekologinės būklės.

Bendro azoto (N_b) koncentracija tvenkinių vandenyje pateikta 5 paveiksle.

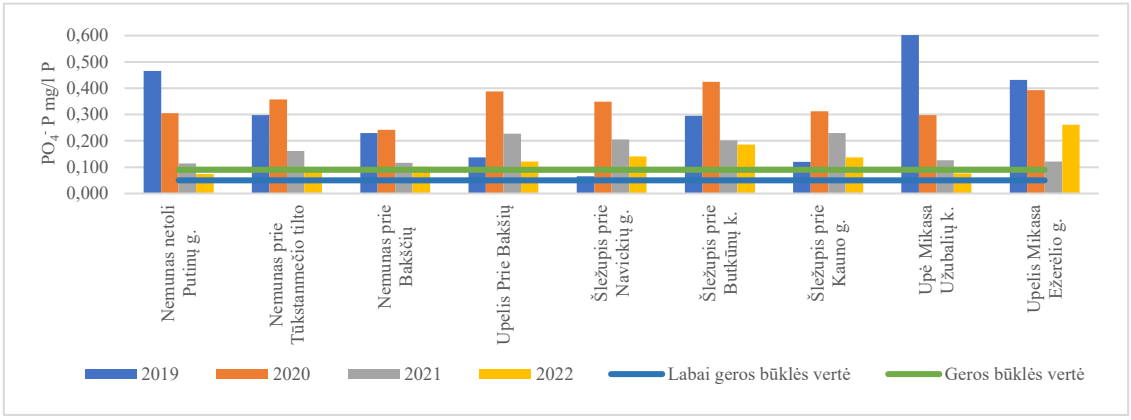


5 pav. Bendro azoto (N_b) koncentracija tvenkinių vandenyje

Fig 5*. Total nitrogen concentrations in pond water*

Iš paveikslo matyti, kad pirmais tyrimo metais (2019 m.) pagal bendro azoto (N_b) koncentracija 33 proc. tvenkinių atitiko geros ekologinio potencialo klasės vertes, 67 proc. – blogos arba labai blogos ekologinio potencialo klasės vertes. Antrais tyrimo metais (2020 m.) visi tvenkiniai atitiko blogos arba labai blogos ekologinio potencialo klasės vertes. Trečiais tyrimo metais (2021 m.) 11 proc. tirtų tvenkinių atitiko – geros, 89 proc. blogos arba labai blogos ekologinio potencialo klasės vertes/ Ketvirtais tyrimų metais visi tirti tvenkiniai atitiko blogos arba labai blogos ekologinio potencialo klasės vertes.

Fosfatų fosforo (PO_4- P) koncentracija upių vandenyje pateikta 6 paveiksle.

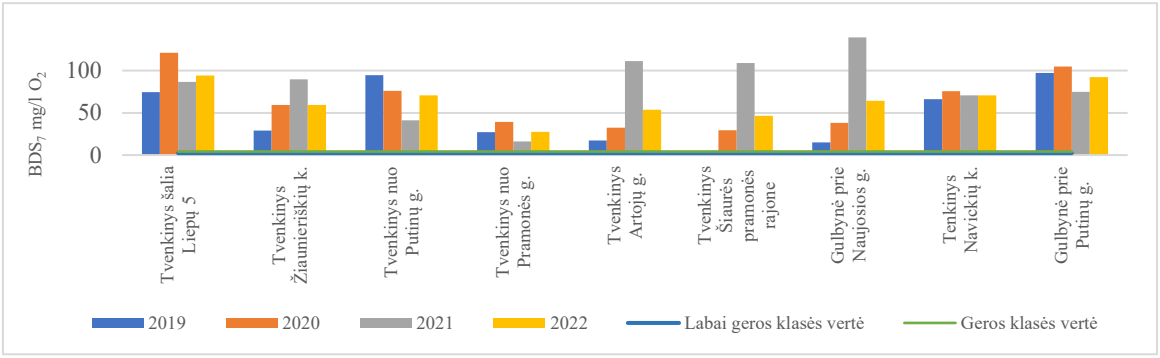


6 pav. Fosfatų fosforo (PO_4- P) koncentracija upių vandenyje

Fig 6. *Concentration of phosphate phosphorus (PO_4- P) in river water*

Iš grafiko matyti, kad pirmais tyrimo metais (2019 m.) pagal fosfatų fosforo (PO_4-P) koncentraciją 11 proc. upių atitiko geros ekologinės būklės klasės vertes, 89 proc. – blogos arba labai blogos ekologinės būklės vertes. Antrais ir trečiais tyrimo metais (2020 m. ir 2021 m.) visos tirtos upės atitiko blogos arba labai blogos ekologinės būklės klasės vertes. Ketvirtais tyrimo metais 33 proc. upių ekologinė būklė buvo gera.

Biocheminis deguonies suvartojimo (BDS_7)vertės tvenkinių vandenyje pateiktos 7 paveiksle.

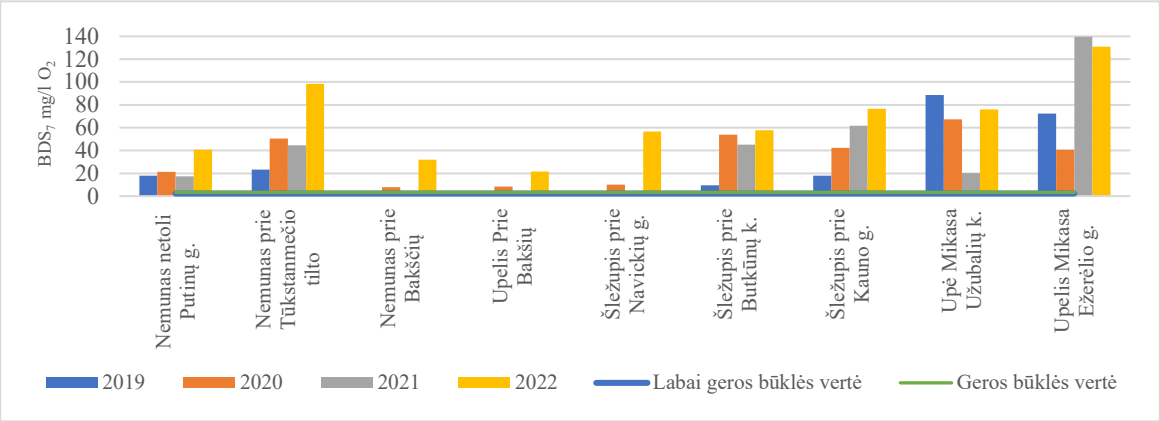


7 pav. Biocheminis deguonies suvartojimas po septynių parų (BDS_7) tvenkinių vandenyje

Fig. 7. *Biochemical oxygen consumption after seven days (BOD_7) in pond water*

Iš grafiko matyti, kad pirmais tyrimo metais (2019 m.) pagal biocheminio deguonies suvartojimo vertes (BDS_7) 11 proc. tvenkinių atitiko geros, 89 proc. labai blogos ekologinio potencialo klasės vertes. Antrais, trečiais ir ketvirtais tyrimo metais (2020 m., 2021 m. ir 2022 m). visi tirti tvenkiniai atitiko labai blogos ekologinio potencialo klasės vertes.

Biocheminio deguonies suvartojimo (BDS_7) vertės upių vandenyje pateiktos 8 paveiksle



8 pav. Biocheminis deguonies suvartojimas po septynių parų (BDS_7) upių vandenyje

Fig. 8. *Biochemical oxygen consumption after seven days (BOD_7) in river water*

Iš grafiko matyt, kad pirmais tyrimo metais (2019 m.) pagal biocheminio deguonies suvartojimo (BDS_7) vertes 33 proc. upių atitiko geros arba labai geros būklės klasės vertes, 67 proc. – blogos arba labai blogos ekologinės būklės vertes. Antrais tyrimo metais (2020 m). visos upės atitiko blogos arba labai blogos ekologinės būklės klasės vertes. Trečiais tyrimų metais (2021 m.) 33 proc. upių atitiko geros arba labai geros, 67 proc. – blogos arba labai blogos ekologinės būklės klasės vertes.

Išvados

1. Išanalizavus duomenis matyti, kad tirtos upės Alytaus mieste ir rajone 2019 m. atitiko geros arba labai geros ekologinės būklės klasės vertes pagal NH_4-N – 22 proc., pagal NO3-N – 100 proc., pagal N_b – 44 proc., pagal BDS_7 – 33 proc. pagal PO4-P koncentracija 11 proc. Net 33 procentai tirtų tvenkinių pagal bendrąjį azotą (N_b) ir 11 proc. pagal BDS_7 atitiko geros arba labai geros ekologinio potencialo klasės vertes.
2. 2020 m. visos tirtos upės neatitiko geros arba labai geros ekologinės būklės klasės vertes pagal NH_4-N, N_b, PO_4-P ir BDS_7 koncentracijas. Pagal NO3-N koncentraciją 22 proc. tirtos upės atitiko geros būklės klasės vertes. Tirti tvenkiniai 2020 m. pagal Nb ir BDS7 neatitiko labai geros ir geros ekologinio potencialo klasės vertes.
3. 2021 metais tirtos upės pagal NH4-N, NO3-N vertes atitiko geros arba labai geros ekologinės būklės klasės vertes. 33 procentai tirtų upių pagal Nb ir PO4- P vertes neatitiko geros būklės klasės vertes. 11 procentų tirtų tvenkinių atitiko geros ekologinio potencialo klasės vertes, pagal BDS7 – labai blogos ekologinio potencialo klasės vertes.
4. Visos tirtos upės 2022 metais neatitiko geros arba labai geros ekologinės būklės klasės vertes pagal NH4-N, NO3-N, Nb, pagal PO4- P koncentraciją 33 proc. upių. Tvenkiniai pagal Nb ir BDS7 koncentracijas atitiko blogos arba labai blogos ekologinio potencialo klasės vertes.
5. Keturių tyrimo metų laikotarpyje tiek upių vandenyje, tiek tvenkinių vandenyje labai geros ar geros ekologinio potencialo ar būklės klasės kito nevienodai. Nėra ryškių ekologinio potencialo ar ekologinės būklės gerėjimo ar blogėjimo tendencijų.

Literatūra

1. Poikane S., Kelly M. G., Herrero F. S., Pitt J. A., Jarvie H. P., Claussen U., ir Phillips G. (2019). Nutrient criteria for surface waters under the European Water Framework Directive: Current state-of-the-art, challenges and future outlook. Science of the Total Environment, 695, 133888.
2. Kilkus K. 2016 Lietuvos ežerai. Visuotinė Lietuvos enciklopedija, prieiga per internetą Lietuvos ežerai – Visuotinė lietuvių enciklopedija (vle.lt).

3. Kilkus K. 2016 Lietuvos upės. Visuotinė Lietuvos enciklopedija, prieiga per internetą Lietuvos upės – Visuotinė lietuvių enciklopedija (vle.lt)
4. Misevičienė S. 2018. Azoto koncentracijų kaita Dotnuvėlės ir Smilgos upių žiotyse. Akademija, 2018.
5. Tamulis, G., ir Česonienė, L. 2017. Šešupės upės ruožo Lenkija-Kaliningradas vandens kokybės įvertinimas 2010–2015 metais. Akademija, 2017.
6. Ališauskienė Ž., Česonienė L., ir Šileikienė, D. 2021 m. Klimato kaitos įtaka Kauno rajono paviršinio vandens būklei.

Laima Janavičienė, Laima Česonienė

The Condition of Surface Water Bodies in the City and District of Alytus

Pollution of surface water bodies is currently a major concern. By 2027 throughout Europe, including in Lithuania, one of the goals set by the water policy is to achieve a good condition of all surface water bodies. Achieving this goal is very difficult because currently most surface water bodies are still in bad or very bad condition. This article discusses the state of surface water bodies in the city of Alytus and the district. During the study, water samples were taken from eighteen locations. 9 bodies of flowing water and 9 bodies of stagnant water were selected. Water was taken over a period of four years in 2019 – in 2022 i.e. In autumn 2019, winter 2019, winter 2020, spring 2020, summer 2020, autumn 2020, winter 2022, spring 2021, summer 2021, autumn 2021, winter 2022, spring 2022, summer 2022, November 2022 from deposits located in the city of Alytus and the district. Phosphate phosphorus concentration (PO_4-P), nitrate nitrogen concentration (NO_3-N), ammonium nitrogen concentration (NH_4-N), total nitrogen concentration (N_b), biochemical oxygen consumption value (BOD_7) were evaluated. The obtained data were compared with the values specified in the methodology for determining the condition of surface water bodies. The obtained results showed that the condition of the studied rivers was not the same in all the research years. In 2019 and 2021, all studied rivers according to the concentration of nitrate nitrogen and ammonium nitrogen, in 2020 – 22 percent of the studied rivers according to the concentration of nitrate nitrogen, in 2022 – 33 percent according to the concentration of phosphates and phosphorus corresponded to the values of the class of good ecological status.

Surface water bodies, class of ecological status.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Laima JANAVIČIENĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Aplinkos ir Ekologijos instituto studentė. Adresas: Putinų g. 64F, Alytus. Tel. +370 692 24063, el. paštas: lvaciunaite@gmail.com
Laima JANAVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy Faculty of Forest Sciences and Ecology Enviroment and Ecology Institute student, researcher. Address: Putinų str. 64F, Alytus, Lithuania. +370 692 24063, e-mail: lvaciunaite@gmail.com
Laima ČESONIENĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros profesorė. Adresas: Studentų g. 11-518, 53361 Akademija, Kauno r. Tel. 8 37 752224, el. paštas: laima.cesoniene1@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. +370 37 752224, e-mail: laima.cesoniene1@vdu.lt

GRINKIŠKIO MIESTELIO NUOTEKŲ IŠVALYMO EFEKTYVUMAS

Robertas Poškus, Laima Česonienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Tarša yra vienas iš pagrindinių veiksnių, neleidžiančių paviršiniams vandens telkiniams pasiekti geros ekologinės būklės. Straipsnyje aptariamas Radviliškio rajono, Grinkiškio miestelio nuotekų valyklos išvalymo efektyvumas. Grinkiškio nuotekų priimtuvas – Šušvės upė. Šušvės upės ekologinė būklė pagal aplinkos apsaugos agentūros duomenis – vidutinė. Analizuojamas nuotekų išvalymo efektyvumas pagal šiuos rodiklius: biocheminio deguonies suvartojimas (BDS7 mg/l O2), bendro azoto (N mg N/l), bendro fosforo (P mg P/l), cheminio deguonies sunaudojimo (ChDS mg/l O2), skendinčias medžiagas (SM mg/l), nustatyta, kad Grinkiškio miestelio nuotekų valymo įrenginiai nuotekas išvalo pagal biocheminio deguonies sunaudojimo vertes nuo 86 iki 99,74 %, pagal cheminio deguonies sunaudojimo vertes nuo 86 iki 97 %, pagal SM koncentracijas nuo 91.58 iki 99,77 %, pagal N koncentracijas nepakankamai nuo -4.6 iki 67,6 %, pagal P koncentracijas nepakankamai nuo 13,95 iki 77,55 %.

Nuotekos, tarša, BDS7, nuotekų valykla.

Įvadas

Paviršiniuose vandens telkiniuose tarša atsiranda iš pasklidosios ir sutelktosios taršos šaltinių. Pasklidosios taršos šaltiniams priskiriama žemės ūkis ir prie nuotekų valymo įrenginių sistemos neprisijungę namų ūkiai. Sutelktosios taršos šaltiniams priskiriami miestų nuotekų valymo įrenginiai, lietaus vandens surinkimo sistemos ir t.t. (Aplinkos.., 2022).

Nuotekų tvarkymo reglamentas yra pagrindinis dokumentas, kuris nustato pamatines aplinkosaugos reikmes nuotekų tvarkymo sekai įgyvendinti bei išsaugoti gamtą nuo taršos (Lietuvos.., 2006). Grinkiškio miestelyje 2021 m. buvo pabaigtas nuotekų tvarkymo sistemos renovavimo ir plėtros projektas. Papildomai prie nuotekų tvarkymo sistemos prisijungė 491 gyventojų namų ūkis (Grinkiškio.., 2023). Naujai pastatytų nuotekų valymo įrenginių našumas yra 70 m^3/parą, paklota apie 9,1 km nuotekų surinkimo tinklo (Radviliškio.., 2022).

Grinkiškio nuotekų valymo įrenginiu priimtuvas yra Vedreikės upelis, Šušvės dešinysis intakas, kuris įteka ties Grinkiškiu. Upelis susijungia su upe ties 68 km nuo jos žiočių (Vedreikė.., 2021).

Šušvė – upė Kelmės rajono, Radviliškio rajono ir Kėdainių rajono savivaldybėse, Nevėžio dešinysis intakas. Jos ilgis yra 134 km, baseino plotas – 1179,8 km^2. Upė prasideda Tytuvėnų tyrelio durpyne, 5 km į pietryčius nuo Tytuvėnų. Tvenkiniai: Vaitiekūnų (plotas 142 ha) ir Angirių (248 ha) (Visuotinė.., 2021).

Šušvės upės ekologinė būklė yra vidutinė. Norint pasiekti gerą ekologinę būklę svarbu, kad išleidžiamos į ją ir jos intakus nuotekos atitiktų reikalavimus ir nuotekų išvalymo efektyvumas būtų kuo didesnis.

Tyrimo tikslas – įvertinti Grinkiškio miestelio nuotekų išvalymo efektyvumą.

Tyrimų metodika

Valymo įrenginių efektyvumo normos buvo lyginamos su LR AM „Nuotekų valymo reglamentu“ (Dėl nuotekų tvarkymo.., 2006).

Vertintas Radviliškio rajono, Grinkiškio miestelio nuotekų išvalymo efektyvumas. Nuotekų užterštumo dinamika prieš valymą ir po valymo vertinta dviejų metų laikotarpyje (2021–2022 m.), imant mėginius vieną kartą per sezoną. Užterštumas vertintas pagal biocheminio deguonies suvartojimo (BDS_7), cheminio deguonies suvartojimo (ChDS) vertes, skendinčių medžiagų (SM), bendrojo azoto (N) ir bendrojo fosforo (P) koncentracijas.

Nuotekų valymo efektyvumui apskaičiuoti buvo naudojama LR AM „Nuotekų valymo reglamento“ formulė (Dėl nuotekų tvarkymo.., 2006).

$$NVE = \frac{ATK - ITK}{ATK} * 100\,, \quad (1)$$

čia NVE – nuotekų valymo efektyvumas (procentais);
ATK – atitekančių teršalų kiekis (mg/l);
ITK – ištekančių teršalų kiekis (mg/l).

Tyrimo duomenys buvo surinkti ir analizuojami MS excel programos pagalba.

Nuotekų taršos rodiklių ir išvalymo efektyvumo kitimo tendencijai vertinti buvo naudotas trendas ir apskaičiuotas determinacijos koeficientas. Determinacijos koeficientas parodo, kuri vieno požymio bendro kitimo dalis (rodiklių verčių) gali būti paaiškinta kito požymio reikšmių kitimu (metais ar laikais).

Determinacijos koeficientas (R^2) tiesinės priklausomybės atveju yra lygus koreliacijos tarp kintamųjų (požymių) X ir Y koeficiento kvadratui. Šis koeficientas interpretuojamas taip (2 formulė):

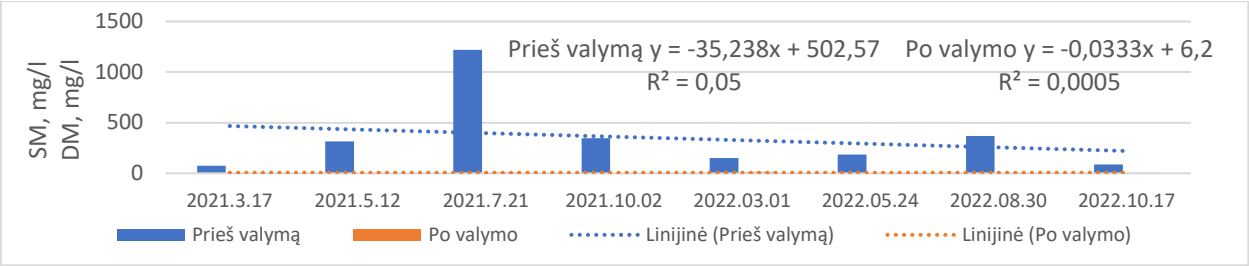
$$R^2=1-\frac{S_\varepsilon^2}{S_y^2}, \quad (2)$$

čia: S_ε^2 – liekanų (ε) dispersija;

S_y^2 – –stebimų kintamojo (Y) reikšmių dispersija.

Rezultatai ir aptarimas

Skendinčių medžiagų (SM) koncentracijos Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą ir po valymo pateiktos 1 pav.

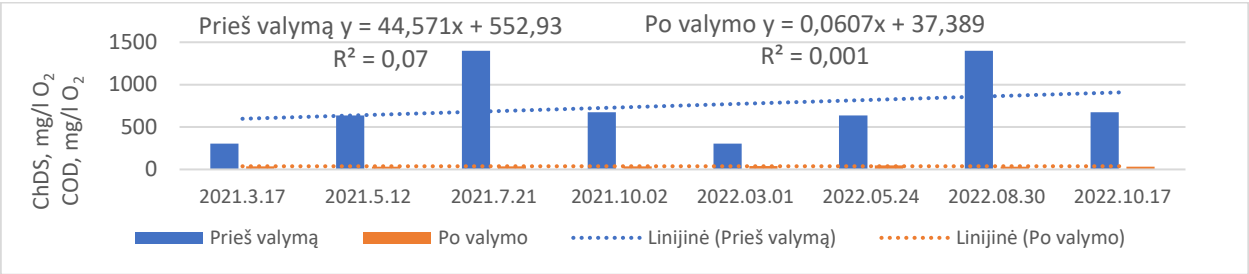


1 pav. Skendinčių medžiagų (SM) koncentracijos nuotekose

Fig 1. *Drowning materials (DM) concentration in wastewater*

Norint įvertinti nuotekų taršos skendinčiomis medžiagomis (SM) dinamiką nuo 2021 iki 2022 metų, taikytas tiesinis trendas ir apskaičiuotas determinacijos koeficientas. Tiek valytose, tiek nevalytose nuotekose nustatyta SM koncentracijos menka mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientas R^2= 0,05 ir R^2=0,0005). Galima teigti, kad dviejų tiriamųjų metų laikotarpyje SM koncentracijos Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą ir po valymo nesikeitė.

Cheminio deguonies sunaudojimo (ChDS) vertės Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą ir po valymo pateiktos 2 pav.



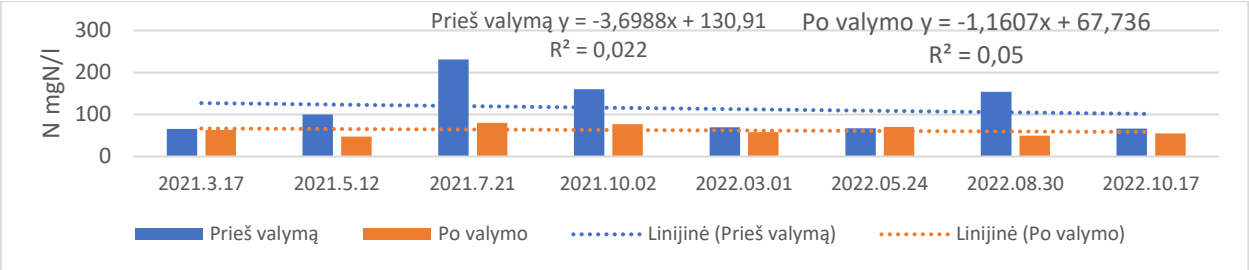
2 pav. Cheminio deguonies sunaudojimo (ChDS) vertės nuotekose

Fig 2. *Chemical oxygen demand (COD) values in wastewater*

Tiek valytose, tiek nevalytose nuotekose nustatyta ChDS vertės menka didėjimo tendencija (funkcija teigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,07 ir R^2=0,001). Galima teigti, kad dviejų tiriamųjų metų laikotarpyje ChDS vertės Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą ir po valymo nesikeitė.

Bendrojo azoto (N) koncentracijos Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą ir po valymo pateiktos 3 pav.

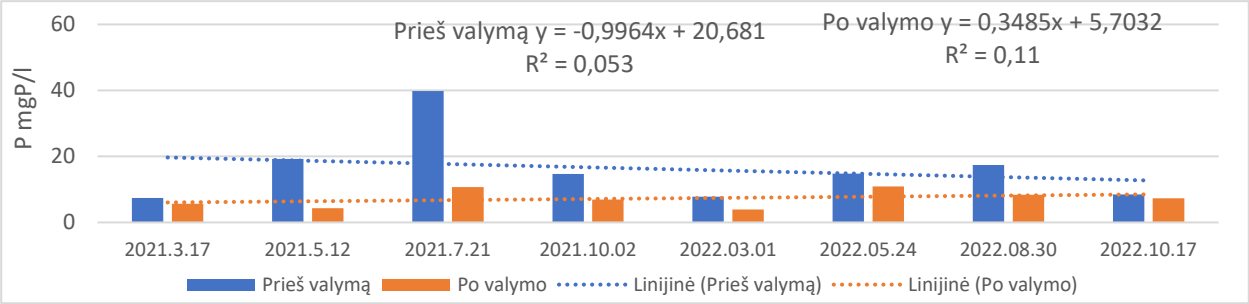
Tiek valytose, tiek nevalytose nuotekose nustatyta N koncentracijų menka mažėjimo tendencija (funkcijos neigiamos, determinacijos koeficientai R^2=0,022 ir R^2=0,05). Galima teigti, kad dviejų tiriamųjų metų laikotarpyje N koncentracijos Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą ir po valymo nesikeitė.



3 pav. Bendrojo azoto (N) koncentracijos nuotekose

Fig 3. *Total nitrogen (N) concentration in wastewater*

Bendrojo fosforo (P) koncentracijos Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą ir po valymo pateiktos 4 pav.

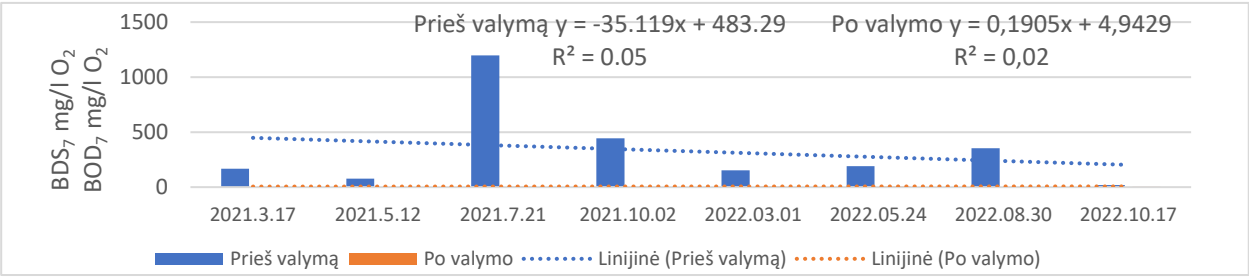


4 pav. Bendrojo fosforo (P) koncentracijos nuotekose

Fig 4. *Total phosphorus (P) concentration in wastewater*

Nevalytose nuotekose nustatyta P koncentracijos menka mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,053), po valymo – didėjimo tendencija (funkcija teigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,11). Galima teigti, kad dviejų tiriamųjų metų laikotarpyje P koncentracijos Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą buvo pastovios, po valymo didėjo (R^2=0.11).

Biocheminio deguonies sunaudojimo (BDS_7) vertės Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą ir po valymo pateiktos 5 pav.



5 pav. Biocheminio deguonies sunaudojimo (BDS_7) vertės nuotekose

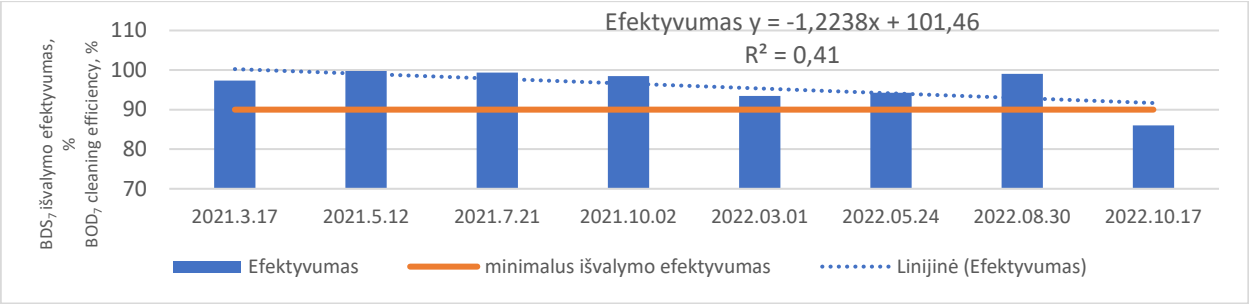
Fig 5. *Biochemical oxygen demand (BOD_7) values in wastewater*

Nevalytose nuotekose nustatyta BDS_7 vertės menka mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientas R^2= 0,05), po valymo – menka didėjimo tendencija (funkcija teigiama, determinacijos koeficientas R^2= 0,02). Galima teigti, kad dviejų tiriamųjų metų laikotarpyje BDS_7 vertės Grinkiškio miestelio nuotekose prieš valymą ir po valymo nesikeitė.

Nuotekų išvalymo efektyvumas buvo apskaičiuotas pagal BDS_7, ChDS vertes, SM, bendrojo azoto, bendrojo fosforo koncentracijas, pagal metodikoje pateiktą formulę (1).

Nuotekų išvalymo efektyvumas pagal BDS_7 vertes pateiktas 6 paveiksle.

Apskaičiuoti nuotekų valymo efektyvumo koeficientai pagal BDS_7 vertes parodė, kad nuotekos išvalomos pakankamai, išskyrus 2022 metų spalio mėnesį. Pagal Nuotekų tvarkymo reglamentą, į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų užterštumo normas, minimalaus išvalymo efektyvumą procentais, kai aglomeracijos dydis iki 2000 GE – yra 90 %. Grinkiškio miestelio nuotekų valymo įrenginiai nuotekas išvalo pagal biocheminio deguonies sunaudojimo vertes nuo 86 iki 99,74 %.

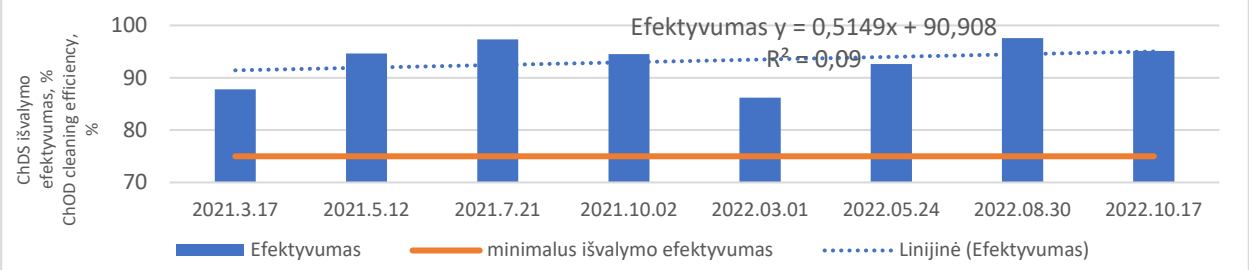


6 pav. Nuotekų išvalymo efektyvumas pagal BDS_7 vertes

Fig 6. *Wastewater treatment efficiency according to BOD_7 concentrations*

Norint apskaičiuoti nuotekų valymo efektyvumo koeficientų pagal BDS_7 vertes dinamiką, taikytas tiesinis trendas ir apskaičiuotas determinacijos koeficientas. Nustatyta BDS_7 vertės koeficientų mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,41), galima teigti, kad dviejų tiriamųjų metų laikotarpyje pagal BDS_7 vertes nuotekų išvalymo efektyvumas mažėjo.

Nuotekų išvalymo efektyvumas pagal ChDS vertes pateiktas 7 pav.



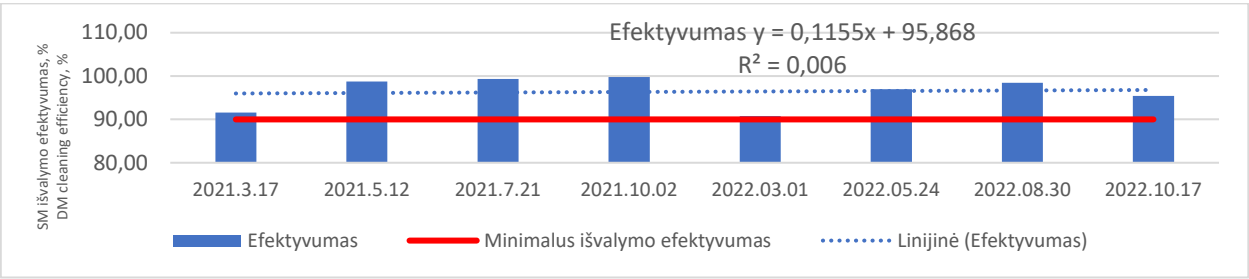
7 pav. Nęuotekų išvalymo efektyvumas pagal ChDS vertes

Fig 7. *Wastewater treatment efficiency according to COD concentrations*

Apskaičiuoti nuotekų valymo efektyvumo koeficientai pagal ChDS vertes parodė, kad nuotekos išvalomos pakankamai. Pagal Nuotekų tvarkymo reglamentą, į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų užterštumo normas, minimalaus išvalymo efektyvumą procentais, kai aglomeracijos dydis iki 2000 GE – yra 75 %. Grinkiškio miestelio nuotekų valymo įrenginiai nuotekas išvalo pagal cheminio deguonies sunaudojimo vertes nuo 86 iki 97 %.

Nustatyta ChDS vertės koeficientų menka didėjimo tendencija (funkcija teigiama, determinacijos koeficientas R^2= 0,09), galima teigti, kad dviejų metų tiriamajame laikotarpyje pagal ChDS vertes, nuotekų išvalymo efektyvumas buvo nuolat aukštas.

Nuotekų išvalymo efektyvumas pagal SM koncentracijas pateiktas 8 pav.



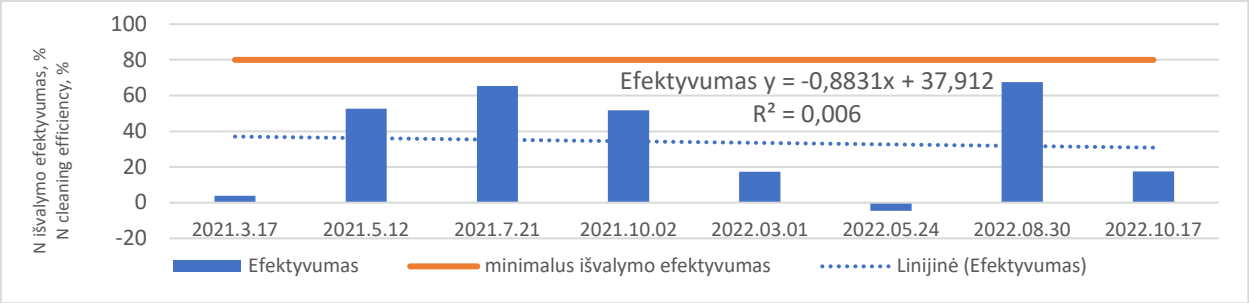
8 pav. Nuotekų išvalymo efektyvumas pagal SM koncentracijas

Fig 8. *Wastewater treatment efficiency according to DM concentrations*

Apskaičiuoti nuotekų valymo efektyvumo koeficientai pagal SM koncentracijas parodė, kad nuotekos išvalomos pakankamai. Pagal Nuotekų tvarkymo reglamentą, į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų užterštumo normas, minimalaus išvalymo efektyvumą procentais, kai aglomeracijos dydis iki 2000 GE – yra 90 %. Grinkiškio miestelio nuotekų valymo įrenginiai nuotekas išvalo pagal SM vertes nuo 91,58 iki 99.77 %.

Nustatyta SM koeficientų menka didėjimo tendencija (funkcija teigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,006), todėl galima teigti, kad dviejų tiriamųjų metų laikotarpyje pagal SM koncentracijas, nuotekų valymo efektyvumas buvo nuolat aukštas.

Nuotekų išvalymo efektyvumo koeficientų verčių dinamika vertinant N koncentracijas pateikta 9 pav.



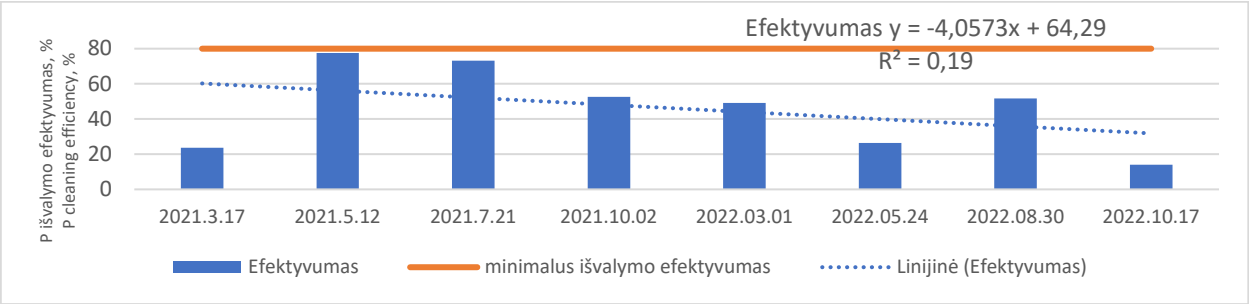
9 pav. Nuotekų išvalymo efektyvumas pagal N koncentracijas

Fig 9. *Wastewater treatment efficiency according to N concentrations*

Apskaičiuoti nuotekų valymo efektyvumo koeficientai pagal N koncentracijas parodė, kad nuotekos išvalomos nepakankamai. Pagal Nuotekų tvarkymo reglamentą, į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų užterštumo normas, minimalaus išvalymo efektyvumą procentais, kai aglomeracijos dydis iki 2000 GE – yra 80 %. Grinkiškio miestelio nuotekų valymo įrenginiai nuotekas išvalo pagal N koncentracijas nepakankamai – nuo -4,6 (išleistuose nuotekose N koncentracija padidėjo) iki 67,6 %.

Nustatyta nuotekų valymo efektyvumo koeficientų pagal N koncentracijas menka mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientas R^2= 0,006), todėl galima teigti, kad dviejų tiriamųjų metų laikotarpyje pagal N koncentracijas, nuotekų valymo efektyvumas buvo pastoviai žemas ir nepakankamas.

Nuotekų išvalymo efektyvumo koeficientų verčių dinamika vertinant P koncentracijas pateikta 10 pav.



10 pav. Nuotekų išvalymo efektyvumas pagal P koncentracijas

Fig 10. *Wastewater treatment efficiency according to P concentrations*

Apskaičiuoti nuotekų valymo efektyvumo koeficientai pagal P koncentracijas parodė, kad nuotekos išvalomos nepakankamai. Pagal Nuotekų tvarkymo reglamentą į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų užterštumo normas, minimalaus išvalymo efektyvumą procentais, kai aglomeracijos dydis iki 2000 GE – yra 80 %. Grinkiškio miestelio nuotekų valymo įrenginiai nuotekas išvalo pagal P koncentracijas nepakankamai – nuo 13,95 iki 77,55 %.

Nustatyta nuotekų valymo efektyvumo koeficientų pagal P koncentracijas mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,19), galima teigti, kad dviejų tiriamųjų metų laikotarpyje pagal P koncentracijas, nuotekų valymo efektyvumas buvo žemas ir nepakankamas.

Išvados

1. Tiek valytose tiek nevalytose nuotekose nustatyta: SM koncentracijos menka mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientai R^2=0,05 ir R^2=0,0005), ChDS vertės menka didėjimo tendencija (funkcija teigiama, determinacijos koeficientai R^2=0,07 ir R^2=0,001), N koncentracijos menka mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,022 ir R^2=0,05). Nevalytose nuotekose nustatyta menka P koncentracijos mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,053), po valymo – didėjimo tendencija (funkcija teigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,11). Nevalytuose nuotekose nustatyta BDS_7 vertės menka mažėjimo tendencija (funkcija neigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,05), po valymo – menka didėjimo tendencija (funkcija teigiama, determinacijos koeficientas R^2=0,02).
2. Nustatyta, kad Grinkiškio miestelio nuotekų valymo įrenginiai nuotekas pagal biocheminio deguonies sunaudojimo vertes išvalo nuo 86 iki 99,74 %, pagal cheminio deguonies sunaudojimo vertes – nuo 86 iki

97 %, pagal SM koncentracijas – nuo 91,58 iki 99,77 %, pagal N koncentracijas nepakankamai – nuo – 4,6 iki 67,6 %, pagal P koncentracijas nepakankamai – nuo 13,95 iki 77,55 %.

Literatūra

1. Aplinkos apsaugos agentūra. (2021). Upių monitoringo rezultatai [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=6adeeb1d-c902-49ab-81bb-d64b8bccefdd
2. Aplinkos apsaugos agentūra. (2021). Upių, ežerų ir tvenkinių ekologinės būklės žemėlapis [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://www.arcgis.com/apps/PublicInformation/index.html?appid=7c30964d89f442a684ea5f99f8b8c8b
3. Aplinkos apsaugos agentūra. (2021). Upių vandens kokybė pagal atskirus rodiklius [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=5e398b2d-17fa-4950-b4c3-2b9fe7fa1ea2
4. Aplinkos apsaugos agentūra (2023). Apibendrinta Lietuvos aplinkos būklės ir jos pokyčių ataskaita [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://aaa.lrv.lt/uploads/aaa/documents/files/leidinys%20ataskaita_SPAUDA11(1).pdf
5. Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo [interaktyvus] / Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2006 gegužės 17 d. Nr. D1-236. Prieiga per internetą: https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.276576
6. Europos investicijos (2023). Grinkiškio miestelio vandentiekio ir nuotekų tinklų, nuotekų valymo ir vandens gerinimo įrenginių statyba [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://2014.esinvesticijos.lt/lt/finansavimas/paraiskos_ir_projektai/grinkiskio-miestelio-vandentiekio-ir-nuoteku-tinklu-nuoteku-valymo-ir-vandens-gerinimo-irenginiu-statyba
7. Lietuvai ir pasauliui. Vedreikė [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://lietuvai.lt/wiki/Vedreik%C4%97
8. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos įstatymas (1992). [interaktyvus]. Prieiga per internetą:https://www.e-r.lt/portal/lt/legalAct/TAR.E2780B68DE62/nDNcZhLHJQ
9. Geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įsakymas (2006). [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.280587?jfwid=66gfwwy36.
10. Visuotinė Lietuvių enciklopedija. (2021). Šušvė [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://www.vle.lt/straipsnis/susve/

Robertas Poškus, Laima Česonienė

Efficiency of Wastewater Treatment in Grinkiškis Town

Pollution is one of the main factors preventing surface water bodies from achieving good ecological status. The article discusses the effectiveness of the wastewater treatment plant in the town of Grinkiškis, Radviliškis district. The wastewater reception facility in Grinkiškis is the Šušvė river. According to the Environmental Protection Agency, the ecological status of the Šušvė river is average. The following indicators are presented for the analysis of the efficiency of wastewater treatment: biochemical oxygen demand (BOD_7 mg/l O_2), total nitrogen (N mg N/l), total phosphorus (P mgP/l), chemical oxygen demand (COD mg/l O_2), drowning materials (S.M mg/l). It was found that the wastewater treatment plant in Grinkiškis town treats wastewater according to the biochemical oxygen consumption values from 86 to 99,74 %, according to the chemical oxygen consumption values from 86 to 97 %, according to the concentration of SM from 91.58 to 99.77 %, according to the concentration of N insufficiently from -4,6 to 67,6 %, according to the concentration of P insufficiently from 13,95 to 77,55 %.

Wastewater, pollution, BOD_7, wastewater treatment plant.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Robertas POŠKUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir Ekologijos instituto studentas. Adresas: Baisogalos g. 13, Grinkiškis, Radviliškio r. Tel. 8 675 87655, el. paštas: robertas.poskus@vdu.lt

Robertas POŠKUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy Faculty of Forest Sciences and Ecology Enviroment and Ecology Institute student, researcher. Address: Baisogalos str. 13, Grinkiškis, Radviliškis dist., Lithuanian. +370 675 87655, e-mail: robertas.poskus@vdu.lt

Laima ČESONIENĖ Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto profesorė. Adresas: Studentų g. 11-518, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 37) 752 224, el. paštas: laima.cesoniene1@vdu.lt

Laima ČESONIENĖ Vytautas Magnus University, Faculty of Forestry and Ecology, Institute of Ecology and Environment, prof., Address: Studentu street 11-518, LT-53361 Akademija, Kauno dist. +370 37 752 224, e-mail: laima.cesoniene1@vdu.lt

CHLOROFILO SINTEZĖS POKYČIŲ ĮTAKA ĮVAIRIŲ GENOTIPŲ GRIKIŲ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH) PRODUKTYVUMUI

Danuta Romanovskaja, Almantas Ražukas, Rita Asakavičiūtė

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras

Grikių produktyvumą dėl specifinių biologinių savybių lemia daug įvairių tiesioginių ir netiesioginių veiksnių, labiausiai meteorologinės sąlygos ir biogeninių elementų kiekis dirvožemyje. Optimizavus augalų aprūpinimą mitybos elementais įtakojami grikių fiziologiniai procesai (chlorofilo sintezė) ir derliaus (biomasės ir grūdų) formavimasis. Tyrimų tikslas – nustatyti chlorofilo sintezės pokyčių įtaką įvairių genotipų grikių produktyvumui skirtingose žemdirbystės sistemose. Grikių veislių 'VB Vokiai', 'VB Nojai', 'Kora' ir 'Panda' tyrimai ekologinėje ir tradicinėje žemdirbystės sistemose buvo vykdyti LAMMC ŽI Vokės filiale. Tyrimais nustatyta, kad chlorofilo kiekis lapuose lėmė fotosintezės proceso efektyvumą, geresnį augalų aprūpinimą asimiliatais ir biomasės formavimąsi abiejose žemdirbystės sistemose (R^2 = 0,50–0,99). Grikių veislė 'Kora' išsiskyrė iš kitų veislių gebėjimu 10 % daugiau sintezuoti pigmento chlorofilo nepriklausomai nuo taikytos žemdirbystės sistemos.

Grikiai, chlorofilo kiekis, biomasė, grikių veislės.

Įvadas

Grikių produktyvumas palyginti su kitais javais nėra didelis, Europoje grūdų derlius gaunamas vidutiniškai 0,9 t ha^{-1} (Popović et al., 2014). Pastebima ryški žemdirbystės sistemų įtaka grikių grūdų derliaus dydžiui. Lenkijoje atliktų tyrimų duomenimis, visais tyrimų metais tradicinėje žemdirbystės sistemoje buvo gautas 27,3 % didesnis grikių derlius (vidutiniškai 1,4 t ha^{-1}) nei ekologinėje žemdirbystės sistemoje (vidutiniškai 1,1 t ha^{-1}) (Slawinski et al., 2009). Grikiai jautrūs aplinkos sąlygoms, todėl tai lemia didelę grūdų derliaus variaciją. Remiantis Lietuvoje atliktų 10-ies metų tyrimų duomenimis nustatyta, kad net tradicinėje žemdirbystės sistemoje ne kiekvienais metais pavyksta gauti panašų grūdų derlių – grūdų derliaus variacija buvo 24,3–45,5 % (Romanovskaja et al., 2016). Tačiau kituose tyrimuose toje pačioje žemdirbystės sistemoje buvo pastebėtas teigiamas efektas grikių biomasės derliui, kuris dėl tręšimo mineralinėmis trąšomis padidėjo vidutiniškai 45,6 % (Žvikas et al., 2017). LAMMC ŽI Vokės filiale atliktų tyrimų duomenimis, grikių biomasės sausųjų medžiagų derlius tradicinėje žemdirbystės sistemoje taip pat buvo didesnis (20,0–33,6 %) nei ekologinėje žemdirbystės sistemoje (Romanovskaja et al., 2022). Šių mokslinių tyrimų rezultatai byloja apie tai, kad lemiami skirtumai grikių augimo procese vyksta augimo pradžioje, t. y. pirmoje vegetacijos pusėje. Žemės ūkio augalai turi potencialą didinti produktyvumą esant jiems augti palankioms aplinkos sąlygoms (Zhu et al., 2008). Augalų produktyvumą galima didinti reguliuojant bei gerinant augimo sąlygas ir optimizuojant fotosintezę (Sharma-Natu et al., 2005). Kiti mokslininkai teigia, kad tręšimas turėjo reikšmingos įtakos grikių lapų fotosintezės pajėgumui ir grūdų derliui (Wang et al., 2017).

Visų augalų augimo pagrindas yra fotosintezė. Nuo fotosintezinės sistemos veiklos, jos produktų priklauso augalo augimas ir vystymasis bei metaboliniai procesai. Šie procesai turi įtakos augalų dygimo, augimo ir brendimo spartai, jų produktyvumui (Duffy et al., 2013; Ainsworth et al., 2011). Šviesa yra svarbiausias veiksnys, lemiantis augalų gyvybinius procesus. Augalai turi pigmentines sistemas, kurios reaguoja į fotoperiodo trukmę, sugeria tam tikrų bangų ilgių šviesą, kuri dalyvauja svarbiausiame gyvos materijos procese – fotosintezėje, o taip pat morfogenezės, judėjimų (fototaksis) bei kitų fiziologinių procesų valdyme. Fotosintezės metu sintetinamos organinės medžiagos ir surišama bioenergija yra pagrindas gyvybei žemėje egzistuoti. Tai pagrindinis procesas užtikrinantis augalų derlių augalininkystėje bei augalines žaliavas maisto pramonei. Chlorofilas yra pats svarbiausias lapų pigmentas, o jo kiekis lapuose gali būti laikomas azoto kiekio indikatoriumi, nes jis yra esminis elementas, dalyvaujantis baltymų fotosintezėje.

Tyrimų tikslas – nustatyti chlorofilo sintezės pokyčių įtaką įvairių genotipų grikių produktyvumui skirtingose žemdirbystės sistemose.

Tyrimų metodika

Dviejų veiksnių tyrimai buvo vykdyti 2016–2018 m. LAMMC ŽI Vokės filiale. Veiksnys A – žemdirbystės sistemos (ekologinė ir tradicinė), veiksnys B – grikių genotipai ('VB Vokiai', 'VB Nojai', 'Kora' ir 'Panda'). Dirvožemis – priesmėlio paprastasis išplautžemis (pagal FAO – UNESCO klasifikaciją *Haplic*

Luvisols LVh). Dirvožemio agrocheminė charakteristika: pH_{KCl} 5,2–6,2, humuso – 2,11–2,18 %, judriojo fosforo (P_2O_5) 108–152 mg kg^{-1} dirvožemio, judriojo kalio (K_2O) 150 – 165 mg kg^{-1} dirvožemio**.**

Pavasarį eksperimentui skirtas laukas iki grikių sėjos 2 kartus kultivuotas – akėtas. Atlikus paskutinį priešsėjinį dirvos purenimą, tradicinėje žemdirbystės sistemoje išbertos mineralinės trąšos pagal normą $N_{40}P_{60}K_{60}$. Naudotos trąšos: amonio salietra (N 34,5 %), granuliuotas superfosfatas (P_2O_5 19 %) ir kalio chloridas (K_2O 60 %). Visais tyrimų metais grikiai sėti gegužės III dešimtadienį. Laukelių forma pailga, jų dydis 1 m^2. Sėklų išsėjimo norma 3 mln. ha^{-1}.

Chlorofilo kiekis (μg cm^{-2}) lapuose nustatytas grikių žydėjimo tarpsnio (BBCH60) pradžioje (liepos mėn. I dešimtadienį) spektrofotometrijos metodu – aparatu atLEAF+, kuris chlorofilo absorbciją matuoja esant 400–500 nm mėlynųjų bangų ir 600–700 nm raudonųjų bangų diapazono. Šis matavimo prietaisas apskaičiuoja ir parodo skaitmeninę reikšmę, atitinkančią chlorofilo kiekį (*a* + *b*) lapuose. Reikšmės skaičiuojamos remiantis šviesos kiekiu, lapo perduodamos į dvi bangos ilgio sritis, kuriose chlorofilo sugertis yra skirtinga (Novichonok et al., 2016; Zhu et al., 2012). Chlorofilo rodmenys nuimami arčiau lapo vidurio. Matuota kiekviename eksperimento laukelyje 10-yje augalų po vieną gerai išsivysčiusį lapą (iš viso 320 matavimų kiekvienais metais).

Grikių vegetatyvinės masės derliaus apskaita atlikta, nupjovus grikių augalus jų masinio žydėjimo tarpsniu, t. y. liepos mėnesio viduryje. Sausųjų medžiagų derliaus nustatymui ėminiai buvo išdžiovinti termostate esant 105 °C temperatūrai. Grūdų derliaus nuėmimas buvo atliktas atskirtiniu būdu: 1) grikių augalų pjovimas; 2) pėdų džiovinimas lauke; 3) grikių grūdų kūlimas kombainu; 4) grūdų valymas; 5) grūdų svėrimas.

Tyrimų rezultatai įvertinti dispersinės analizės metodais kompiuterine programa ANOVA (Tarakanovas ir kt., 2003).

Visais trejais tyrimų metais vegetacijos sezonų vidutinė temperatūra buvo aukštesnė už daugiametę nuo 0,5 iki 2,5 ºC (1 lentelė). Kritulių kiekis per vegetacijos sezonus skyrėsi: dvejus tyrimų metus (2016 ir 2017 m.) buvo kritulių trūkumas (26,9–27,6 % mažiau normos) ir vienerius metus (2018 m.) – perteklius (32,5 % daugiau normos). Apibūdinant pagal hidroterminį koeficientą dvejų tyrimų metų vegetacijos sezonai buvo artimi optimaliam hidroterminiam režimui (HTK 0,97 ir 1,03), o vienerius metus hidroterminis režimas buvo šlapias (HTK 2,08).

1 lentelė. Meteorologinės sąlygos tyrimų vykdymo metais

Table 1. *Meteorological conditions during the research year*

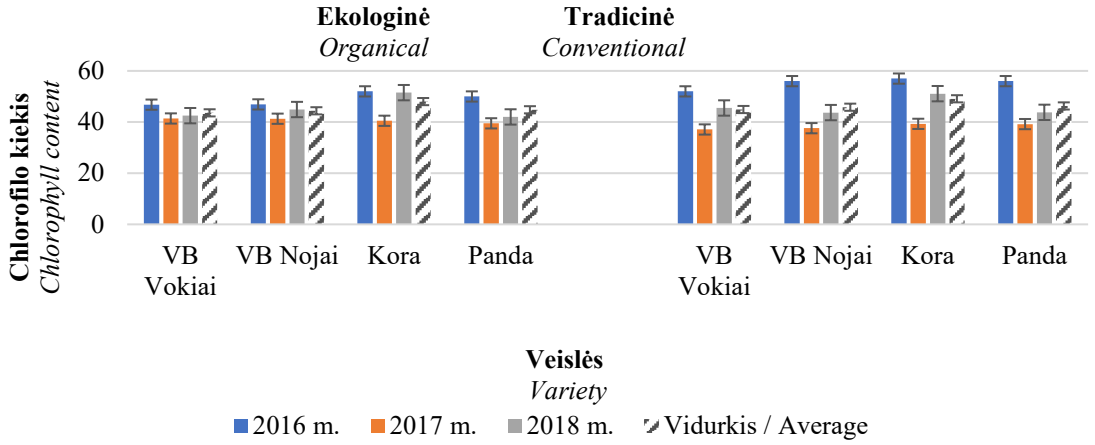
Mėnuo *Month*	Metai *Year*	Temperatūra, °C *Temperature, °C*	Krituliai, mm *Precipitation, mm*	HTK *HTC*
Birželis *June*	2016	17,9	30	0,56
	2017	15,4	127	2,75
	2018	17,3	39	0,75
Liepa *July*	2016	18,2	91	1,61
	2017	16,7	120	2,32
	2018	19,5	119	1,98
Rugpjūtis *August*	2016	17,2	63	1,18
	2017	17,4	130	2,41
	2018	19,2	54	0,93
Vegetacijos sezono *Growing season*	2016	16,3	252	1,03
	2017	15,1	461	2,08
	2018	17,6	263	0,97

Pastaba: HTK - hidroterminis koeficientas.
Note: HTC – hydrothermal coefficient.

Rezultatai ir aptarimas

Chlorofilo kiekis, nuo kurio priklauso lapų žalumas, yra optinis parametras, atspindintis bendrą augalo būklę, jo potencialą vykdyti fotosintezę. Mūsų tyrimuose chlorofilo kiekiui nustatyti skirtingų grikių genotipų augaluose buvo taikytas nedestrukcinis metodas, paremtas optinėmis augalų savybėmis. Grikių žydėjimo pradžioje (BBCH 60) spektrofotometro pagalba grikių lapuose buvo matuotas chlorofilo indeksas, kurio vertės tiesiogiai proporcingos bendram chlorofilo kiekiui lapuose. Gauti chlorofilo kiekio augalų lapuose duomenys padėjo įvertinti žemdirbystės sistemų įtaką grikių biomasės derliaus formavimesi pirmoje vegetacijos pusėje.

Tyrimų rezultatai parodė, kad chlorofilo kiekis grikių lapuose buvo iš esmės didesnis (vidutiniškai 4 %) tradicinėje žemdirbystės sistemoje nei ekologinėje (1 pav.). Didesnis chlorofilo kiekis grikių lapuose tradicinėje žemdirbystės sistemoje, kur naudotos mineralinės trąšos, buvo dėl geresnio augalų aprūpinimo mitybos elementais. Skirtingų veislių grikių lapuose chlorofilo kiekis taip pat skyrėsi iš esmės. Abiejose žemdirbystės sistemose chlorofilo kiekis buvo mažesnis grikių veislės 'VB Vokiai' lapuose, o didesnis – veislės 'Kora'. Be to, beveik visais tyrimų metais (išskyrus 2017 m.), esant skirtingam hidroterminiam režimui vegetacijos pradžioje iki grikių žydėjimo, visos veislės daugiau sintezavo fotosintezei svarbaus pigmento chlorofilo nei veislė 'VB Vokiai'. Esant labai drėgnoms sąlygoms, pranašesnės buvo lietuviškos selekcijos veislės. Kai grikių vegetacijos pirmoje pusėje iki jų žydėjimo buvo labai drėgnos hidroterminės sąlygos (2017 m.), veislės 'VB Vokiai' ir 'VB Nojai' ekologinėje žemdirbystės sistemoje chlorofilo sintezavo daugiau. Tyrimų rezultatai rodo, kad būtent 2017 m. visų tirtų grikių veislių augalų lapuose chlorofilo kiekio pokytis dėl tręšimo mineralinėmis trąšomis buvo gautas neigiamas. Tai galėjo sąlygoti spartesnis augalų augimas (augalų aukščio ir biomasės didėjimas) dėl geresnio aprūpinimo maisto medžiagomis ir tuo pačiu galėjo kisti augaluose sausųjų medžiagų koncentracija. Manome, kad geriau aprūpinti mitybos elementais augalai buvo suformavę daug jaunų morfologinių dalių (ypač lapų), buvo sultingesni, sukaupę daugiau drėgmės. Dėl šių veiksnių plastinių medžiagų pasiskirstymas jaunų lapų ląstelėse galimai buvo mažiau koncentruotas ir tai nulėmė pigmento chlorofilo koncentracijos parodymus. Be to, augalams intensyviau augant, susiformuoja daug naujų lapų, kurie vystymosi tarpsniu esti jaunesni, šviesesnės spalvos nei anksčiau išsivystę. Tokiu būdu labai drėgnomis sąlygomis tradicinėje žemdirbystės sistemoje augintų grikių lapuose nustatyti mažesni chlorofilo kiekiai palyginti su augintų ekologinėje žemdirbystės sistemoje galimai buvo susiję su lapų spalvų spektro pokyčiais. Esant optimalioms ar mažesnio drėgnumo sąlygoms tokių tendencijų nepastebėta.



1 pav. Chlorofilo kiekis (µg cm^{-2}) grikių lapuose

Fig. 1. *Chlorophyll content (µg cm^{-2}) in buckwheat leaves*

LAMMC mokslininkų duomenimis, chlorofilo kiekiui augalų lapuose didelę įtaką turėjo orų sąlygos, t. y. esant drėgmės deficitui chlorofilo didėjo vėlesniais augalo vystymosi tarpsniais, o palankiais metais – ankstesniais vystymosi tarpsniais (Janušauskaitė ir kt., 2010). Mūsų tyrimuose kitokios meteorologinės sąlygos, kai birželio mėnesį buvo drėgmės trūkumas ir aukštesnė nei būdinga oro temperatūra, buvo nepalankios ir pastebimai lėtino tiek grikių augimą, tiek fiziologinius procesus juose. Pažymėtina, kad sausringos sąlygos turėjo skirtingos įtakos ir fotosintetiniam aktyvumui grikiuose priklausomai nuo žemdirbystės sistemų. Esant drėgmės trūkumui, teigiamą įtaką chlorofilo kiekiui grikių lapuose turėjo geresnis augalų aprūpinimas mitybos elementais, t. y. tręšimas mineralinėmis trąšomis tradicinėje žemdirbystės sistemoje.

Pastebėta, kad didesniu fotosintezės intensyvumu išsiskyrė veislė 'Kora'. Vertinant chlorofilo kiekio lapuose skirtumus tarp veislių nustatyta, kad šios grikių veislės lapuose chlorofilo kiekis buvo vidutiniškai 48,0 µg cm^{-2} ekologinėje ir 49,1 µg cm^{-2}, o tai beveik 10 % daugiau nei kitų veislių.

Iš visų augale esančių ir dalyvaujančių biocheminiuose procesuose pigmentų chlorofilas yra svarbiausias fotosintezės procesui. Šio pigmento reikšmė fotosintezės intensyvumui yra labai didelė. Nuo fotosintezės intensyvumo priklauso augalų augimas ir produktyvumas (Sharma-Natu et al., 2005). Lietuvoje, atlikus tyrimus su varpiniais javais, nustatyta, kad tarp chlorofilo kiekio ir derliaus buvo gautas vidutinio stiprumo koreliacinis

ryšys (Janušauskaitė ir kt., 2010). Grikiai skiriasi nuo varpinių javų tuo, kad auga ir formuoja biomasę kartu su grūdais iki pat derliaus nuėmimo. Laikotarpis nuo žydėjimo pradžios tarpsnio iki pilno grūdų subrendimo tarpsnio trunka du mėnesius. Tačiau intensyviausiai grikiai formuoja biomasę iki vegetacijos vidurio (iki liepos vidurio). Mūsų tyrimuose chlorofilo kiekio matavimų duomenys buvo gretinami su biomasės ir su grūdų derliais, t. y. apskaičiuoti koreliaciniai ryšiai tarp chlorofilo kiekio ir produktyvumo rodiklių. Trejų metų tyrimų duomenimis paremti skaičiavimai rodo, kad tarp chlorofilo kiekio lapuose ir biomasės sausųjų medžiagų derliaus abiejose žemdirbystės sistemose pastebimos tos pačios tendencijos: kiekvienais metais nustatyti stiprūs koreliaciniai ryšiai tiek ekologinėje (R^2 = 0,50–0,91), tiek tradicinėje (R^2 = 0,77–0,99) žemdirbystės sistemose (2 lentelė).

2 lentelė. Koreliacija tarp chlorofilo kiekio lapuose (μg cm^{-2}) ir biomasės sausųjų medžiagų ir grūdų derlių (g m^{-2}) ekologinėje ir tradicinėje žemdirbystės sistemose

Table 2. *Correlation between leaf chlorophyll content (μg cm^{-2}) and biomass dry matter and grain yield (g m^{-2}) in organic and conventional farming systems*

Metai *Year*	Determinacijos koeficientai (R^2) tarp chlorofilo kiekio ir: *Coefficient of determination (R^2) between chlorophyll content and:*			
	Biomasės sausųjų medžiagų derliaus *Biomass dry matter yield*		Grūdų derliaus *Grain yield*	
	Ekologinėje *Organical*	Tradicinėje *Conventional*	Ekologinėje *Organical*	Tradicinėje *Conventional*
2016	0,50	0,77	0,16	0,98
2017	0,54	0,99	0,38	0,78
2018	0,91	0,88	0,14	0,72

Vis tik tyrimų metais, kai vegetacijos sezonai išsiskyrė kritulių trūkumu (2016 ir 2017 m.), ekologinėje žemdirbystės sistemoje chlorofilo kiekis, esantis lapuose žydėjimo tarpsniu, mažiau lėmė (tik 50–54 %) biomasės sausųjų medžiagų derliaus formavimąsi, nei tradicinėje žemdirbystės sistemoje (net 77–99) (2 lentelė). Pažymėtina, kad esant šlapiam vegetacijos sezonui, kuris pasitaikė 2018 m., skirtumai buvo priešingi, bet ne tokie dideli. Koreliacijos koeficientai tarp chlorofilo kiekio ir grūdų derliaus buvo skirtingi ir gerokai mažesni ekologinėje žemdirbystės sistemoje. Tačiau koreliaciniai ryšiai tradicinėje žemdirbystės sistemoje buvo stiprūs (R^2 = 0,72–0,98) (2 lentelė). Šie tyrimų rezultatai rodo, kad esant geresniam augalų aprūpinimui mitybos elementais (tradicinėje žemdirbystės sistemoje), grikių žydėjimo tarpsniu nustatytas chlorofilo kiekis lapuose koreliavo su produktyvumo rodikliais. Ekologinėje žemdirbystės sistemoje, kur išnaudojamas natūralus dirvožemio derlingumas ir augalų augimui ir vystymuisi ne visada esti optimalus kiekis mitybos elementų, chlorofilo kiekis patikimai koreliavo tik su biomasės sausųjų medžiagų derliumi. Grūdų derliaus formavimosi procese šioje žemdirbystės sistemoje nuo chlorofilo kiekio lapuose grūdų derliaus dydis priklausė 14–38 % (2 lentelė). Nustatyti dėsningumai įgalina teigti, kad ankstyvame grikių augimo tarpsnyje, pagal chlorofilo kiekį lapuose, ne visada galima prognozuoti grūdų derlių, tačiau galima prognozuoti biomasės derlių.

Dėl specifinių grikių augalų savybių grikių grūdų derliaus formavimosi procese augalo suformuota vegetatyvinė biomasė atlieka svarbų vaidmenį. Italijos mokslininkai nustatė, kad grikių grūdų derlius tiesiogiai priklausė (r = 0,66**) nuo biomasės derliaus (Brunori et al., 2005). Lietuvoje atliktų tyrimų duomenimis, grikių biomasė tik ekologinėje žemdirbystės sistemoje turėjo didesnę įtaką (40,1–57,8 %) grūdų derliaus formavimosi procese (Romanovskaja et al., 2022). Grikių derliaus formavimosi dėsningumai gali skirtis priklausomai nuo veislės (Fesenko et al., 2017). Teigiama, kad grikių derlingumas susijęs su geresniu asimiliatų pasiskirstymu, todėl determinantinio tipo grikių veislėse, kurios ribotai šakojasi ir turi mažiau lapų, šis procesas efektyvesnis. Mūsų ankstesnių tyrimų duomenimis, grikių augaluose esančių lapų vaidmuo grūdų derliaus formavimosi procese buvo mažiau svarbus (Romanovskaja et al., 2022). Dar vienas svarbus veiksnys grikių derlingumui yra tai, kad biomasės formavimasis vyksta pastoviai, o grūdų užmezgimas ir jų brendimas – antroje vegetacijos pusėje ir procesas tęsiasi ilgiau nei mėnesį. Todėl didesniam grūdų derliui turi įtakos meteorologinės sąlygos, nuo kurių priklauso bičių lankymasis ir žiedų apdulkinimas ir pakankamas kiekis mitybos elementų dirvožemyje. Nors tradicinėje žemdirbystės sistemoje grikių biomasės susiformuoja iš esmės daugiau nei ekologinėje (skiriasi daugiau nei trečdaliu), tačiau grūdų derliaus skirtumai gali būti nedideli ir neesminiai.

Išvados

1. Tradicinėje žemdirbystės sistemoje geresnis grikių aprūpinimas mitybos elementais esmingai didino chlorofilo kiekį lapuose esant optimalioms hidroterminėms sąlygoms. Drėgmės perteklius, priešingai, turėjo nedidelę teigiamą įtaką chlorofilo kiekiui lapuose ekologinėje žemdirbystės sistemoje.
2. Grikių veislė 'Kora' išsiskyrė iš kitų veislių gebėjimu 10 % daugiau sintezuoti pigmento chlorofilo nepriklausomai nuo taikytos žemdirbystės sistemos. Lietuviškos grikių veislės 'VB Vokiai' ir 'VB Nojai' pranašesnės buvo ekologinėje žemdirbystės sistemoje.
3. Grikių žydėjimo tarpsniu nustatytas chlorofilo kiekis lapuose stipriai koreliavo su abiem produktyvumo rodikliais (biomasės ir grūdų derliumi) tradicinėje žemdirbystės sistemoje, tačiau ekologinėje žemdirbystės sistemoje – tik su biomasės sausųjų medžiagų derliumi.

Literatūra

1. Ainsworth E. A., Bush D. R. (2011). Carbohydrate export from the leaf: a highly regulated process and target to enhance photosynthesis and productivity. Plant Physiology, 155(1), 64–69.
2. Brunori A., Baviello G., Marconi E., Colonna M., Ricci M. (2005). The yield of five buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) varieties grown in Central and Southern Italy. Fagopyrum, 22, 98–102.
3. Duffy C. D., Chmeliov J., Macernis M., Sulskus J., Valkunas L., Ruban A. V. (2013). Modeling of fluorescence quenching by lutein in the plant light-harvesting complex LHCII. Journal of Physical Chemistry B, 117, 10974–10986.
4. Fesenko, A. N.; Mazalov, V. I. (2017). Influence of Fertilizers on Crop Yield of Modern Buckwheat Varieties of Various Morphotypes. Russian Agricultural Sciences, *43*, 108–112.
5. Janušauskaitė D., Auškalnienė O., Pšibišauskienė G. (2009). Skirtingo tankumo vasarinių miežių pasėlio lapijos chlorofilo indeksas ir jo ryšys su derliumi. Žemdirbystė-Agriculture, 96(4), 124–138.
6. Novichonok, E. V., Novichonok, A. O., Kurbatova, J. A., Markovskaya, E. F. (2016). Use of the atLEAF+ chlorophyll meter for a nondestructive estimate of chlorophyll content. Photosyntetica, 54(1), 130–137.
7. Popović, V.; Sikora, V.; Berenji, J.; Filipović, V., Dalijanović Ž., Ikanović J., Dončić D. (2014). Analysis of buckwheat production in the world and Serbia. Economics of Agriculture, 61(1), 53–62.
8. Romanovskaja D., Razukas A., Asakaviciute R. (2016). Impact of hydrothermal conditions on common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) productivity. Applied Ecology and Environmental Research, 14(2), 137–150.
9. Romanovskaja D., Ražukas A., Asakavičiūtė R. (2022). Influence of morphostructural elements for buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) productivity in different agricultural systems. Plants, 11(18), 2382.
10. Sharma-Natu P., Ghildiyal M. (2005). Potential targets for improving photosynthesis and crop yield. Current Science, 88(12), 1918–1928.
11. Slawinski K., Grieger A., Sadowski W. (2009). Energetyczna ocena konwencionalnej i ekologicznej technologii uprawy gryki. Inzynieria Rolnicza, 1(110), 297–302.
12. Tarakanovas P., Raudonius S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė, taikant kompiuterines programas Anova, Stat, Split-Plot iš paketo Selekcija ir Irristat, Lietuvos žemdirbystės institutas.
13. Wang C., She H. Z., Liu X. B., Hu D., Ruan R. W., Shao M. B., Zhang L. Y., Zhou L. B., Zhang G. B., Wu D. Q., and Yi Z. L. (2017). Effects of fertilization on leaf photosynthetic characteristics and grain yield in tartary buckwheat Yunqiao1. Photosynthetica, 55(1), 77–84.
14. Zhu, J., Tremblay, T., Liang, Y. (2012). Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species. Canadian Journal Soil Science. 92, 645–648.
15. Zhu X. G., Long S., Ort D. (2008). What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? Current Opinion in Biotechnology, 19, 1–7.
16. Žvikas V., Pukelevičienė V., Ivanauskas L., Romanovskaja D., Jakštas V. (2017). Evaluation of phenolic antioxidant content in organically and conventionally grown buckwheat herb crop and its regrowth. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(10), 3278–3283.

Danuta Romanovskaja, Almantas Ražukas, Rita Asakavičiūtė

The Influence of Changes in Chlorophyll Synthesis for the Productivity of different genotypes of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench)

The productivity of buckwheat due to its specific biological properties is determined by many different direct and indirect factors, mainly meteorological conditions and the amount of biogenic elements in the soil. Optimizing plant supply with nutritional elements influences buckwheat physiological processes (chlorophyll synthesis) and yield (biomass and grain) formation. The purpose of the research is to determine the influence of changes in chlorophyll synthesis on the productivity of buckwheat of various genotypes in different agricultural systems. Research on buckwheat varieties 'VB Vokiai', 'VB Nojai', 'Kora' and 'Panda' in organic and traditional farming systems was carried out in Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry in 2016-2018. Research has shown that the amount of chlorophyll in leaves determined the efficiency of the photosynthesis process, better supply of plants with assimilates and biomass formation in both agricultural systems (R^2 = 0.50–0.99). Buckwheat variety 'Kora' stood out from other varieties in its ability to synthesize 10% more pigment chlorophyll regardless of the agricultural system used.

Buckwheat, chlorophyll content, biomass, varieties of buckwheat.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Danuta ROMANOVSKAJA. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo biomedicinos mokslų daktarė, vyresnioji mokslo darbuotoja. Adresas: Žalioji a. 2, LT–02232 Vilnius. Tel. (8 5) 264 54 39, el. paštas: danuta.romanovskaja@lammc.lt.
Almantas RAŽUKAS. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo vadovas, žemės ūkio mokslų daktaras (HP), vyriausiasis mokslo darbuotojas. Adresas: Žalioji a. 2, LT–02232 Vilnius. Tel. (8 5) 264 54 39, el. paštas: almantas.razukas@lammc.lt.
Rita ASAKAVIČIŪTĖ. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo biomedicinos mokslų daktarė, vyresnioji mokslo darbuotoja. Adresas: Žalioji a. 2, LT–02232 Vilnius. Tel. (8 5) 264 54 39, el. paštas: rita.asakaviciute@lammc.lt.
Danuta ROMANOVSKAJA. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor of biomedicine sciences, senior researcher. Address: Žalioji a. 2, LT–02232 Vilnius. Phone: (8 5) 264 54 39, e-mail: danuta.romanovskaja@lammc.lt.
Almantas RAŽUKAS. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor of agrarian sciences (HP), head, chief researcher. Address: Žalioji a. 2, LT–02232 Vilnius. Phone: (8 5) 264 54 39, e-mail: almantas.razukas@lammc.lt
Rita ASAKAVIČIŪTĖ. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor of biomedicine sciences, senior researcher. Address: Žalioji a. 2, LT–02232 Vilnius. Phone: (8 5) 264 54 39, e-mail: rita.asakaviciute@lammc.lt.

FARMING IMPACT ON THE RATE OF TOTAL RESPIRATIONAL EMISSIONS OF AGROECOSYSTEMS

Ligita Baležentienė

Vytautas Magnus University

The target to reduce CO_2 emissions mitigating the climate change into atmosphere force the choice of grown crops and improve their agro technologies. The aim was to investigate and compare farming impact on total carbon respiration rate of ley and wheat agroecosystems. The carbon rates of respirational fluxes also related on meteorological conditions. Soil respiration composed only 21% of agroecosystem‘ total carbon exchange. Plant mean respiration ranged between 0.034 and 3.613 μmol m^{-2} s^{-1} during vegetation period. Total respiration similarly to crops respiration, increased until JUN-AUG due to rising temperature which impacted plant growth and activity of soil microbiota, and thus affected respirational emissions of soil and crops.

CO_2, farming, crops.

Introduction

Crop lands cover about 12% of the Earth’s surface and one third of the land surface in Europe (FAO, 2022); therefore, it plays a significant role in generation of anthropogenic emissions. Globally, agriculture accounts for 10–12% of total anthropogenic emissions of greenhouse gas (GHG), in the EU – 9.78%, out of which 4.94% are emissions from the soil. Agriculture produces near 21.4% of total emissions in Lithuania (LR AM, 2012). Soil is an important and the largest carbon reservoir, which accumulates about 53% of terrestrial carbon (IPCC, 2006). The main source of carbon is plant biomass (and residues) in the soil. Soil carbon may be lost not only by leaching, but uptake by plants and removed with the harvest as well.

The main processes of C exchange implemented by 1) photosynthesis assimilating atmospheric CO_2 and 2) organisms’ respiration (R) emitting CO_2 in the system biosphere-atmosphere. Assimilated CO_2 by ecosystem autotrophs is considered as the C rate accumulated in biomass. All rates of C exchange are dependent on the anthropogenic and environmental factors (Toma et al., 2016). It is estimated that 89% of GHG emissions in the agricultural sector could be reduced by reducing CO_2 emissions. Therefore, agroecosystems essentially contribute to the sink of large amounts of carbon from the atmosphere. The ecosystem C exchange related with seasonal environmental conditions and plant growth stages (Lehuger et al., 2011). Ambient moisture and temperature directly affect the activity of plant enzymes, and thus conditioned photosynthesis intensity and rates of assimilated or emitted CO_2. It is accepted that soil and plant respiration that emitted CO_2 is physiological process that responds to the changes of temperature and precipitation (Ciais et al., 2011). In addition, respiration is performed by crop leaves which development depended on growth stages and environment conditions. The decline of the environmental systems and the unsustainable exploitation of natural resources, both globally and locally, have assumed such significance that, recently, high-level political meetings aimed at building a low-carbon and resource efficient economy. The rational agricultural solutions require data on the environmental impacts of agriculture. Crop rotation, growth period and meteorological conditions are the factors that determine not only C sequestration, but also CO_2 fluxes and exchange in the system atmosphere-plant-soil (Aertsens et al., 2013). It was found strong correlation between CO_2 emission temperature and precipitation ($r=0.7$) during the summer season in organic and conventional agroecosystems. As conventional farming system remains directed toward productivity for greater profits rather than to soil fertility and maintenance of sustainable environment. Therefore, conventional farming has a significant negative impact on the long-term soil bioproductivity and sustainability entire agroecosystem. The control of grown yield and decline of carbon fluxes become possible if appropriate farming system, growing technology and crops have chosen. The relationship between the rates of carbon fluxes and bio-parameters of plants stands important for the evaluation of the possibility for the climate change mitigation and the development of sustainable agriculture. Evidence of the CO_2 emissions would improve the understanding of the factors and mechanisms that influence carbon emissions and sequestration, and thus optimally regulate these processes reducing CO_2 emissions and predicting their changes.

The main objective of this study was to assess the conventional and organic farming impact on total respirational carbon emissions to atmosphere during growth period in ley and winter wheat agroecosystems. In

order to explain respirational carbon emissions, the impact of meteorological conditions (temperature and precipitation) was considered during the growth period.

Materials and Methods

Agroecosystems' seasonal C emissions were investigated by measuring the rate of total respiration emissions (R_{s+a}, µmol m^{-2} s^{-1}) of soil and autotrophs *in situ*. The assay of farming impact on carbon respirational emissions in leys (G) and winter wheat (W) agroecosystems of different farming systems, i. e. organic (OF) and conventional farming (CF), was performed during the plant vegetation season in the Training Farm of the Vytautas Magnus University (former Aleksandras Stulginskis University) (54°52'N, 23°49'E). CO_2 emissions measured applying closed chamber method (Heinemeyer and N. McNamara, 2011) using LCpro +System analyser (ADC Bioscientific LTD, UK) with a standard 2.5 x 2.5 cm=6.25 cm^2 chamber area for broadleaved species every 7–10 days between 11:00 and 14:00 with regard to meteorological conditions and plant growth stages.

For the analysis of farming impact on the C respirational emissions of ley and wheat agroecosystems was used ANOVA and multiple regression models to evaluate the interaction between meteorological parameters and CO_2 emissions.

Results and Discussion

Both soil and plant respiration contributed CO_2 to the biosphere and varied across farming types. Meteorological conditions impacted plant growth and activity of soil microbiota, and thus affected respirational emissions of soil and crops. Soil respiration similarly to crops respiration, increased until JUN-AUG due to rising temperature (Fig. 1). Temperature exhibited strong positive impact on soil and crop respiration that was approved by correlation coefficient r=0.5 and r=0.9 along with described correlation by way of these equations: y = -0,5026+0,1596*x and y = -0,6945+0,2369*x for organic ley and wheat respectively. Temperature evenly impacted the total respiration of conventional ley and wheat (r=0.7). This correlation has described by y = -0,4258+0,1058*x for ley and y = -0,4712+0,0765*x for wheat. However, precipitation negatively impacted total respiration in both OF and CF crops (r=-0.7 and -06 for OF and CF ley and r=-0.8 and -0.5 for OF and CF wheat, respectively) due to soil moisture surplus, especially during autumn and spring, which is leading to anaerobic conditions, unfavourable for the soil biota and plant roots.

The mean soil respiration was smaller by 0.86 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (p = 1.62) of OF wheat and by 1.24 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (p = 1.47) of OF ley than that of CF crops respectively (Fig. 1). Consistent with former researchers (Lehuger et al., 2011), higher soil respiration of CF agroecosystems indicated extra favourable environmental conditions for soil biota life and physiological processes in plant root. Consequently, conventional agroecosystems produced greater CO_2 emissions input to atmosphere than organic ones.

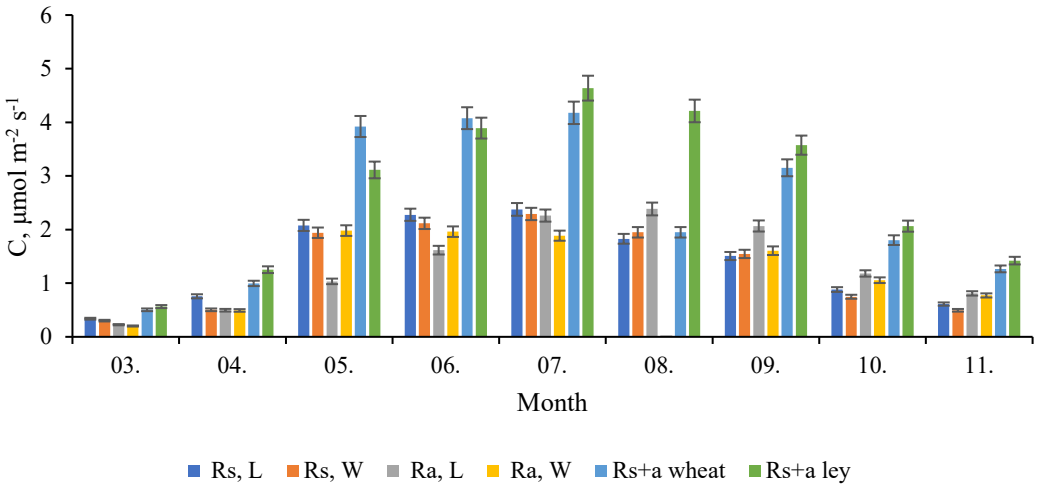


Fig 1. Soil respirational emissions (Rs, C, µmol $m^{-2}s^{-1}$) in ley (L) and wheat (W) agroecosystems of conventional farming (CF; mean±SE; p<0.05)

1 pav. *Dirvos respiracinės emisijos (Rs, C, µmol $m^{-2}s^{-1}$) žolių (L) ir kviečių (W) intensyvaus ūkininkavimo agroekosistemose (CF; vid.±SE; p<0.05)*

Therefore, soil respirational emissions differed between the assessed agroecosystems, but it also depended on farming type. Crop respiration ranged between 0.38 and 3.09µmol $m^{-2}s^{-1}$ during growth period (Fig. 2). Respiration of ley and wheat recorded by 1.52 and 3.52 µmol $m^{-2}s^{-1}$ bigger in conventional farming than that in organic one.

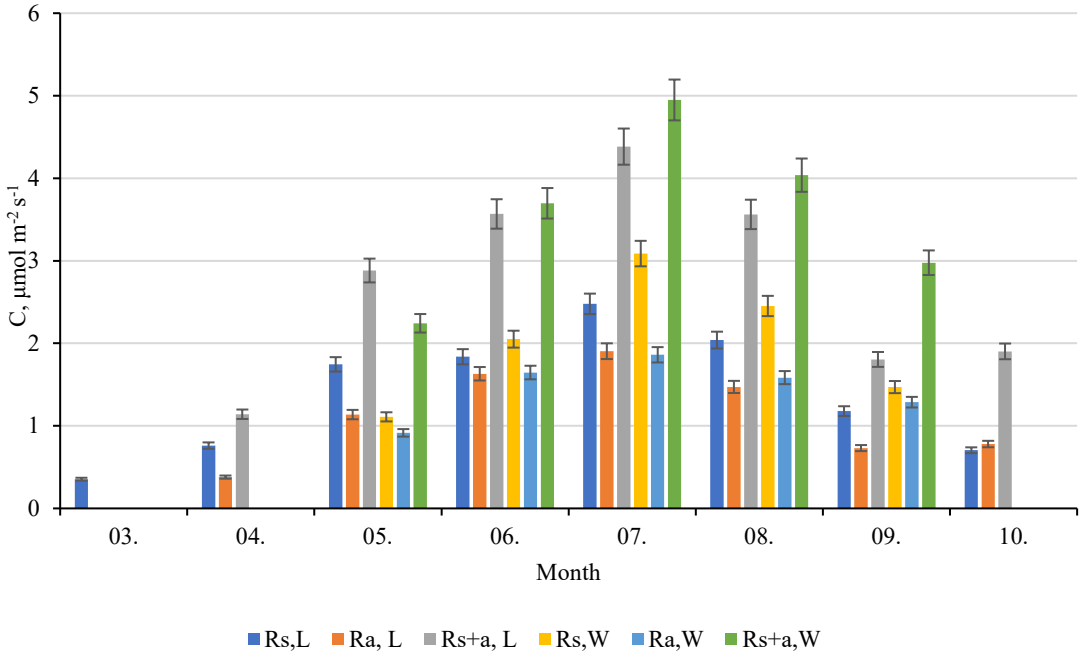


Fig. 2. Total respirational emissions (Rs+a, C, µmol $m^{-2}s^{-1}$) in ley (L) and wheat (W) agroecosystems of organic farming (OF; mean±SE; $p<0.05$)

2 pav. *Bendrosios respiracinės emisijos (Rs+a, C, µmol $m^{-2}s^{-1}$) žolių (L) ir kviečių (W) ekologinio ūkininkavimo agroekosistemose*

The mean total respirational emission was lower by 9% and 18% of OF W and by 10% and 14% of OF L than of CF crops, respectively. In accordance with former researchers (Lehuger et al., 2011), higher R was estimated in OF crops, and thus indicated more favourable environmental conditions for soil biota life and physiological processes in plant root than within CF, which are formed and maintained due to the intensive management techniques.

Conclusion

Different R_{a+s} of assessed agroecosystems were subjected on seasonal meteorological conditions (specifically, precipitation and temperature in summer season). The analysis of carbon respirational emissions exhibited that ley and winter wheat agroecosystems of organic farming emitted near 12% and 14% less than those of convenient farming. Summarising, the crop and farming type can modify the CO_2 emissions to atmosphere. Nonetheless, the difference between carbon emissions for OF and CF agroecosystems was insignificant, and thus crop might be a more important component than farming type in planned rotation. Specifically, grassland is a preferred over wheat (irrespectively of farming type) in curbing the atmosphere C in biomass.

References

1. FAO. 2022. World Food and Agriculture. Statistical Yearbook 2022. Rome, Italy. https://www.fao.org/3/CC2211EN/online/CC2211EN.html
2. LR Ministry of Environment, *National policy of climate change management.* (LR Ministry of Environment, Vilnius, 2012), pp. 80. http://www.am.lt
3. IPCC (2006) IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Vol. 4. [AFOLU] http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html

4. P. Toma, S. Massari, S., and P.P. Miglietta. Natural resource use efficiency and economic productivity. In Life Cycle Approaches to Sustainable Regional Development, Ed, by S. Massari et al. (Routledge, Taylor and Francis Group, 2016), p. 143–148.
5. S. Lehuger, B. Gabrielle, P. Cellier, B. Loubet, R. Roche, P. Béziat, E. Ceschia, and M. Wattenbach. Predicting the net carbon exchanges of crop rotations in Europe with an agroecosystem model. Agric. Ecosyst. Environ. 139(3): 363–383 (2011). https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.06.011
6. P. Ciais, S. Gervois, N. Vuichard, S.L. Piao, and N. Viovy. Effects of land use change and management on the European cropland carbon balance. Global Change Biol. 17: 320–338 (2011). https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02341.x
7. J. Aertsens, L. de Nocker, and A. Gobin. Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. Land Use Policy. 31: 584–594 (2013). doi:10.1016/j.landusepol. 2012.09.003
8. A. Heinemeyer and N. McNamara. Comparing the closed static versus the closed dynamic chamber flux methodology: Implications for soil respiration studies. Plant and Soil. 346 (1–2): 145–151 (2011). https://doi.org/10.1029/97JD01440
9. S. Lehuger, B. Gabrielle, P. Cellier, B. Loubet, R. Roche, P. Béziat, E. Ceschia, and M. Wattenbach. Predicting the net carbon exchanges of crop rotations in Europe with an agroecosystem model. Agric. Ecosyst. Environ. 139(3): 363–383 (2011). https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.06.011Vytauto Didžiojo universiteto biblioteka. (2023). Kaip cituoti. Prieiga per internetą: http://biblioteka.vdu.lt/bibliografines-nuorodos

Ligita Baležentienė

Ūkininkavimo poveikis bendrųjų respiracinių emisijų kiekiui agroekosistemose

Siekimas sumažinti CO_2 emisijas į atmosferą švelninant klimato kaitą skatina auginamų augalų pasirinkimą ir jų agrotechnologijų tobulinimą. Tikslas buvo ištirti ir palyginti ūkininkavimo poveikį bendram kvėpavimo emisijų kiekiui žolių ir kviečių agroekosistemose. Kvėpavimo emisijų anglies kiekiai taip pat priklausė nuo meteorologinių sąlygų. Dirvos respiracinės emisijos sudarė tik 21 % visos agroekosistemos anglies apykaitos.augalų respiracija kito tarp 0.034 ir 3.613 μmol m^{-2} s^{-1} vegetacijos periodo metu. Bendroji respiracija atitinkamai augalų kvėpavimui didėjo iki birželio-rugpjūčio dėl kylančios temperatūros, kuri veikė augalų augimą ir dirvos mikrobiotą, tuo pačiu skatino dirvos ir augalų respiracines emisijas.

CO_2, ūkininkavimas, augalai.

Gauta 2023 m. vasario mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

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 dist. Lithuania. +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

FUNGICIDŲ POVEIKIS ŽIEMINIŲ KVIEČIŲ KOKYBINIAMS IR HOLISTINIAMS RODIKLIAMS

Rūta Žitkutė, Daiva Šileikienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Siekiant užtikrinti šviežio ir saugaus maisto sistemą Europoje, 2020 m. Europos Komisija pristatė naują strategiją „Nuo ūkio iki stalo“. Svarbus šios strategijos tikslas užtikrinti pakankamą įperkamų ir maistingų maisto produktų kiekį bei perpus sumažinti pesticidų naudojimą. Dėl savo aukšto biologinio aktyvumo ir toksiškumo, pesticidai užima reikšmingą vietą keliant aplinkos taršos ir žmogaus sveikatos problemas. Ieškant optimalių jų naudojimo kiekių atliktas tyrimas žieminius kviečius apdorojant skirtingais fungicidais, kurie galimai turi įtakos grūdų kokybiniams ir holistiniams rodikliams, bei energijos išsiskyrimui. Tyrimo rezultatai parodė, kad fungicidai vienodai teigiamai veikė kiekybinius rodiklius ir neturėjo įtakos grūdų kokybei, o holistiniai rodikliai skyrėsi naudojant triazolų, pirazolkarboksamidų ir strobilurinų grupės fungicidus. Rezultatams vizualizuoti pasiremta biokristalizacijos kameros dėka gautais „paveikslų“ metodais.

Žieminiai kviečiai, fungicidai, holistiniai rodikliai, biokristalizacija.

Įvadas

Dar 2016 m. buvo skaičiuojama, kad žmonių populiacija per vieną valandą pasipildo 9 tūkstančiais, kasdien 200 tūkstančių, o kasmet apie 80 milijonų žmonių. Šiai dienai žemėje gyvena 7,8 bilijonų žmonių, tačiau skaičius kasmet vis didėja – prognozuojama, kad 2031 metais žmonių populiacija žemėje sieks 8,7 bilijonus, o 2100 m. šiek tiek daugiau nei 11 bilijonų. Maisto produkcijos šaltinių gerinimas, kartu su tobulėjančia medicina, sanitarija ir energijos šaltiniais, turi įtakos tokiam sparčiam žmonių populiacijos didėjimui (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, UN DESA, 2016). Žemės ūkio technologijų plėtra neatsiejama nuo gausesnio pesticidų naudojimo (Juardo ir kt., 2011) siekiant išvengti 34–35 proc. derliaus nuostolių, kuriuos neretai sukelia nepageidaujami kenkėjai (Oerke ir Dehne, 2004). Nepaisant akivaizdžių pesticidų vartojimo priežasčių, kiekvienas pesticido panaudojimas yra lydimas žalingų pasekmių gamtai ir žmogaus sveikatai. Nors dauguma pesticidų apibūdinami, kaip veikiantys tik tikslinius organizmus (selektyvūs pesticidai), jų neigiamas poveikis gali žaloti visus gyvus organizmus. Dėl savo aukšto biologinio aktyvumo ir toksiškumo, pesticidai užima reikšmingą vietą keliant aplinkos taršos ir žmogaus sveikatos problemas (Zacharia, 2011). Dažniausiai į žmogaus organizmą įvairūs pesticidai patenka dviem būdais: per kvėpavimo takus, perkutaniniu būdu dirbant su cheminėmis medžiagomis (sveriant, maišant, apdorojant augalus) arba per maisto grandinę (Šurkus ir kt., 2010).

Vienas iš „Nuo lauko iki stalo“ ir Biologinės įvairovės strategijų ES lygio tikslų iki 2030 m., aktualus žemės ūkio sektoriui, cheminių pesticidų riziką ir naudojimą sumažinti 50 proc., pavojingesnių pesticidų naudojimą taip pat sumažinti 50 proc. (Europos Komisija, 2020). Pesticidų likučiai maiste yra viena pagrindinių sąvokų kalbant apie saugų maistą (Gianessi ir Reigner, 2005), tačiau šiai sąvokai galima priskirti ir daugiau svarbių rodiklių, leidžiančių palaikyti aktyvų ir sveiką gyvenimo būdą produkto vartotojams.

Šiai dienai skaičiuojama, kad 925 milijonai žmonių pasaulyje badauja, kas 7 pasaulio gyventojas susiduria su maisto stoka. Dalies užauginamos produkcijos maistingumas mažėja dėl atmosferoje kylančio anglies dioksido (CO_2) kiekio, moksliniai tyrimai rodo mažesnes skaitines vertes baltymų ir svarbiausių mineralų kiekių daugelyje augalų. Taip pat, besikeičiančios oro sąlygos ir vis dažniau pasireiškiantys ekstremalūs aplinkos reiškiniai, tokie kaip sausros, liūtys, didelis karštis ir šiltos žiemos, apsunkina žemdirbių darbą tiekti ne tik didelį kiekį produkcijos, bet ir išlaikyti produkcijos kokybę ir prieinamą kainą (Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (OECD), 2022). Du kartus sumažinus naudojamų pesticidų kiekį, dabartinis gaunamas derlius padvigubėtų (Gianessi ir Reigner, 2005). Svarbu paminėti, kad maiste randami minimalūs pesticidų likučiai nereiškia maistą esantį nesaugiu vartoti. Maži likučių kiekiai randami žemės ūkio augaluose nyksta, kai yra nuimamas derlius, produkcija transportuojama, plaunama, ruošiama ir apdorojama temperatūromis (Agricultural Marketing Service, U.S. Department of Agriculture, 2015). Kviečiai – jau nuo neatmenamų laikų žmogaus vartojamas produktas, prisitaikęs prie įvairaus klimato, ypatingas ir savo viskoelastiniu baltymų kompleksu vadinamu gliutenu, yra itin svarbūs žmogaus mitybos racione (Pena, 2002). Todėl svarbu moksliškai ištirti pesticidų galimą poveikį kviečių maistingumui.

Hipotezė – tikėtina, kad fungicidai turės įtakos žieminių kviečių energijos vertei, nusakančiai produkto kokybę ir tinkamumą žmogaus organizmui.

Tyrimo objektas: žieminiai kviečiai, apdoroti skirtingas veikliąsias medžiagas turinčiais fungicidais.

Tyrimo tikslas – kokybinių ir holistinių metodais išanalizuoti skirtingų veikliųjų medžiagų turinčių fungicidų įtaką žieminių kviečių ligotumui ir biokristalizacijos procesams.

Uždaviniai:

1. Įvertinti fungicidų efektyvumą kovoje su dažniausiai žieminių kviečių pasėlyje sutinkama liga – kviečių septorioze.
2. Įvertinti biokristalizacijos kameroje gautus rezultatus „paveikslų“ metodu.

Tyrimų metodika

Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti 2021 m. balandžio mėn., Naisiuose, Šiaulių rajone, žieminių kviečių veislės „Artist“ pasėlyje. Tyrimui pasirinkti 6 variantai: pirmas variantas kontrolė, likusieji du kartus apdoroti skirtingoms FRAC grupėms priklausančiais fungicidais, kurie yra registruoti Lietuvoje ir tyrimo metu buvo vieni populiariausių tarp vietos ūkininkų kovoje su dažna žieminių kviečių liga – septorioze. Pirmoje lentelėje nurodyti bandyme naudoti fungicidai, jų veikliosios medžiagos ir veikliųjų medžiagų grupė.

1 lentelė. Bandymo variantai, fungicidų veikliosios medžiagos, jų grupės, bei purškimo laikas pagal augalų augimo stadiją (BBCH)

Table 1. *Experiment treatments, active ingridients of fungicides, FRAC groups and application timing according to crop growth stage (BBCH)*

Nr.	Fungicidas	Veik. medžiaga	Grupė	Purškimas, BBCH	Fungicidas	Veiklioji medžiaga	Grupė	Purškimas, BBCH
1	**Kontrolė**							
2	**Balaya**	mefentriflukonazolas 100g/l	Triazolas	33	**Balaya**	mefentriflukonazolas 100g/l	Triazolas	49
		piraklostrobinas 100g/l	Strobilurinas			piraklostrobinas 100g/l	Strobilurinas	
	Flexity	metrafenonas 300g/l	Benzofenonas					
3	**Pecari 300**	protiokonazolas 300 g/l	Triazolas	33	**Balaya**	mefentriflukonazolas 100g/l	Triazolas	49
	Amistar	azoksistrobinas 250 g/l	Strobilurinas			piraklostrobinas 100g/l	Strobilurinas	
4	**Balaya**	mefentriflukonazolas 100g/l	Triazolas	33	**Balaya**	mefentriflukonazolas 100g/l	Triazolas	49
		piraklostrobinas 100g/l	Strobilurinas			piraklostrobinas 100g/l	Strobilurinas	
5	**Balaya**	mefentriflukonazolas 100g/l	Triazolas	33	**Elatus Era**	benzovindiflupiras 75 g/l	Pirazolkarboksamidas	49
		piraklostrobinas 100g/l	Strobilurinas			protiokonazolas 150 g/l	Triazolas	
6	**Balaya**	mefentriflukonazolas 100g/l	Triazolas	33	**Balaya**	mefentriflukonazolas 100g/l	Triazolas	49
						piraklostrobinas 100g/l	Strobilurinas	

Skirtingi fungicidai purškimuose buvo derinami kartu, siekiant atkurti populiarų ūkininkavimo būdą, kai norint geriausių rezultatų maišomi skirtingas veikliąsias medžiagas turintys fungicidai. Tokiu būdu taip pat siekiama išvengti ligų atsparumo fungicidams išsivystymo. Tyrimo laukeliai purkšti du kartus: pirmasis purškimas atliktas gegužės 18 dieną, kai žieminiai kviečiai buvo trečio bamblio tarpsnyje (BBCH 33), o antrasis purškimas atliktas birželio 9 dieną, kai kviečiai buvo visiškai išskleidę vėliavinį lapą (BBCH 49).

Tyrimo variantų pakartojimų atsitiktinis išdėliojimas pavaizduotas bandymo plane 1 paveiksle.

1 pav. Bandymo planas, atsitiktinė laukelių išdėstymo tvarka

***Fig 1**. Randomization of treatments*

Fungicidų efektyvumas prieš septoriozę buvo vertintas praėjus 21 dienai po pirmo purškimo, praėjus 22 dienom po antrojo purškimo, o fungicidų sukeltas fitotoksiškumas pasėliui buvo vertintas 21 dieną po pirmojo purškimo, 22 ir 38 dieną po antrojo purškimo. Bandymo derlius nuimtas kombainu „Haldrup“ liepos 28 dieną – praėjus 49 dienoms po antrojo purškimo ir augalams pasiekus vaškinės brandos tarpsnį. Iš kiekvieno laukelio paimtas 2 kg mėginys, kuris naudotas tolimesniuose bandymuose laboratorijose analizuojant derliaus rodiklius.

Produktai, kurių P ir rH vertės yra žemos, o rh_0 vertė yra aukšta – žmogaus organizmui yra vertingesni. Likęs mėginys buvo panaudotas biokristalizacijos tyrimui „paveikslų“ metodu (kristalogramų metodas), kuris atliktas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros holistinių tyrimų laboratorijoje įrengtoje kristalizacijos kameroje (2 pav.).

2 pav. Tyrimas biokristalizacijos kameroje, VDU ŽUA laboratorijoje

***Fig 2.** Biocristalization phase of the trial in VMU AA laboratory*

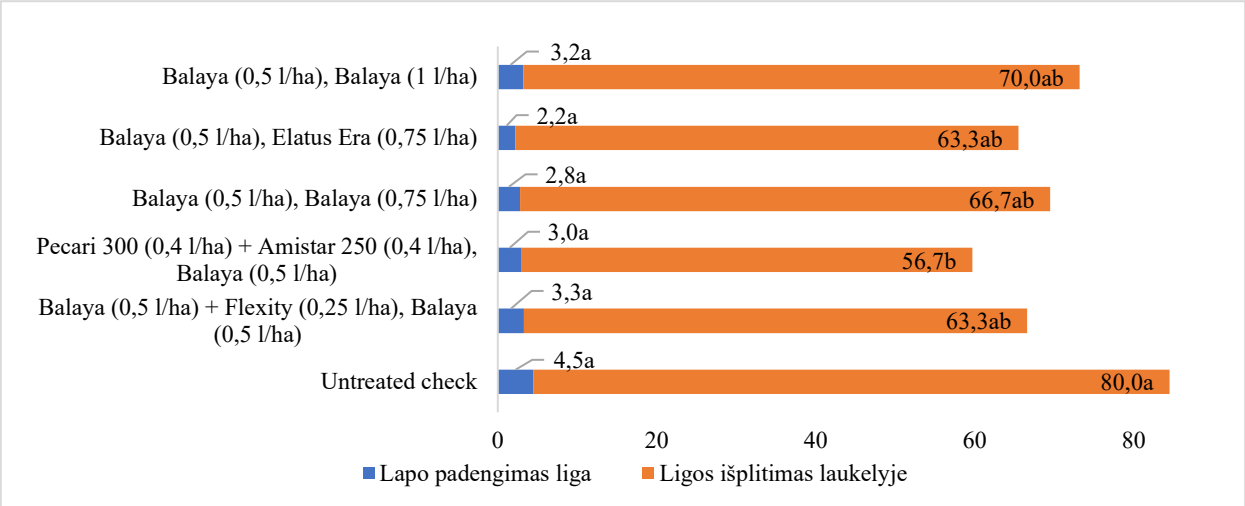
Kristalogramos gaunamos augalinius ekstraktus sumaišius su vario chloridu ($CuCl_2$), dėl kurio ekstraktai parodo savo struktūrą. Kristalogramos vertinamos pagal dešimt kriterijų: šakų visumos gausą, centrinį išsidėstymą, kilimo formą, spindulinį tankį, tolygiškumą, susidarančių šakų gausumą, šakojimosi intensyvumą, taisyklingumą ir ryškumą. Vario chlorido kristalizacija parodo energijos sklidimą gyvoje sistemoje – žmogaus organizme.

Tyrimo rezultatų statistinės analizės metodai. Tyrimų duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu *ANOVA,* naudojant programą „Agriculture Research Management“ (ARM). Atlikta vieno veiksnio duomenų dispersinė analizė, o eksperimento duomenų statistiniai patikimumai įvertinti mažiausia esminio skirtumo riba (R_{05}). Skirtingomis raidėmis (a, b, ir c) pažymėti variantų vidurkiai vienas su kitu turi esminius skirtumus ($P<0,05$).

Rezultatai ir aptarimas

Fungicidų efektyvumo eksperimentas buvo vykdytas 2021 metų pavasarį, kai pirmasis purškimas atliktas žieminiams kviečiams pasiekus BBCH 33 augimo stadiją. Pirmojo purškimo metu pirmasis variantas buvo nepurkštas (kontrolė), antrasis variantas purkštas fungicidais Balaya (0,5 l/ha) ir Flexity (0,25 l/ha), trečiasis variantas apdorotas su Pecari 300 (0,4 l/ha) ir Amistar 250 (0,4 l/ha), ketvirtojo, penktojo ir šeštojo variantų laukeliai apdoroti naudojant fungicidą Balaya (0,5 l/ha). Purškimo metu vidutinė oro temperatūra buvo 14,3 °C.

Praėjus 21 dienai po pirmojo purškimo buvo vertintas ketvirtas žieminių kviečių lapas (L4). Vertinta kaip liga padengia lapą (%). Išanalizavus duomenis paaiškėjo, kad pirmojo purškimo metu naudoti fungicidai šiek tiek sustabdė lapo padengiamumą septorioze, tačiau statistiškai patikimi skirtumai pastebėti tik įvertinus ligos paplitimą laukeliuose. Iš esmės labiausiai ligos plitimą (30 %) sustabdė trečiasis variantas, kituose purkštuose laukeliuose pastebėtas nežymus (12–21 %) skirtumas lyginant su kontrole.

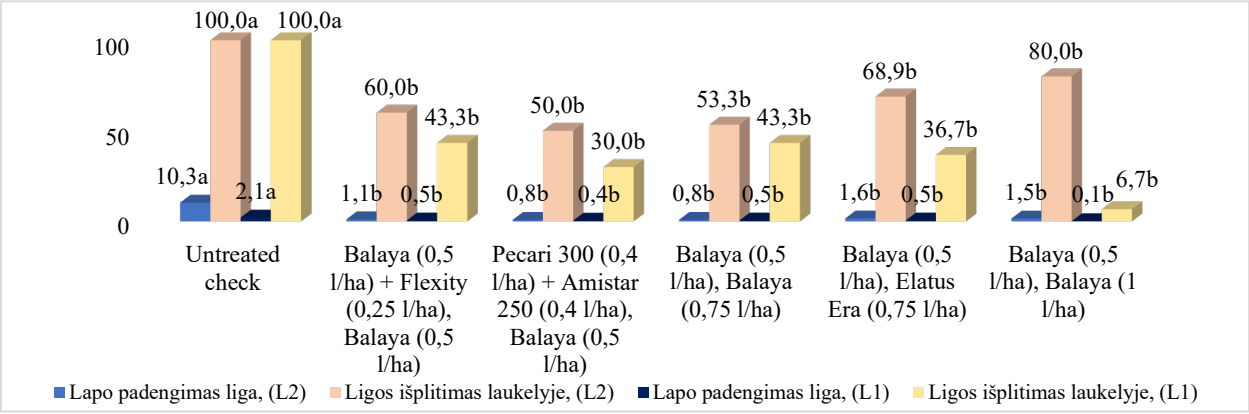


Pastaba: tarp variantų vidurkių pažymėtų skirtingomis raidėmis (a, b, c) yra esminiai skirtumai (P≤0,05).
Note: between variant means marked with different letters (a, b, c) there are significant differences (P≤0.05).

3 pav. Septoriozės išplitimas ant ketvirto lapo praėjus 21 dienai po pirmo purškimo

Fig 3. *Infestation with septoria on leaf 4 at 21 days after first application*

Praėjus 22 dienoms po antrojo purškimo, kai kontrolė liko nepurkšta, antrasis, trečiasis ir ketvirtasis variantai purkšti fungicidu Balaya (0,5 l/ha ir 0,75 l/ha), penktasis variantas purkštas fungicidu Elatus Era (0,75 l/ha), o šeštasis variantas purkštas Balaya (1 l/ha), bandymo laukeliuose vertintas antras (L2) ir pirmas (L1) kviečių lapai. Gauti rezultatai rodo, kad visi fungicidų deriniai iš esmės sumažino septoriozės plitimą ant lapų ir visuose ploteliuose. Mažiausias ligos išplitimas pastebėtas trečiojo ir ketvirtojo variantų laukeliuose.



4 pav. Septoriozės išplitimas ant antro ir pirmo lapų praėjus 22 dienoms po antro purškimo

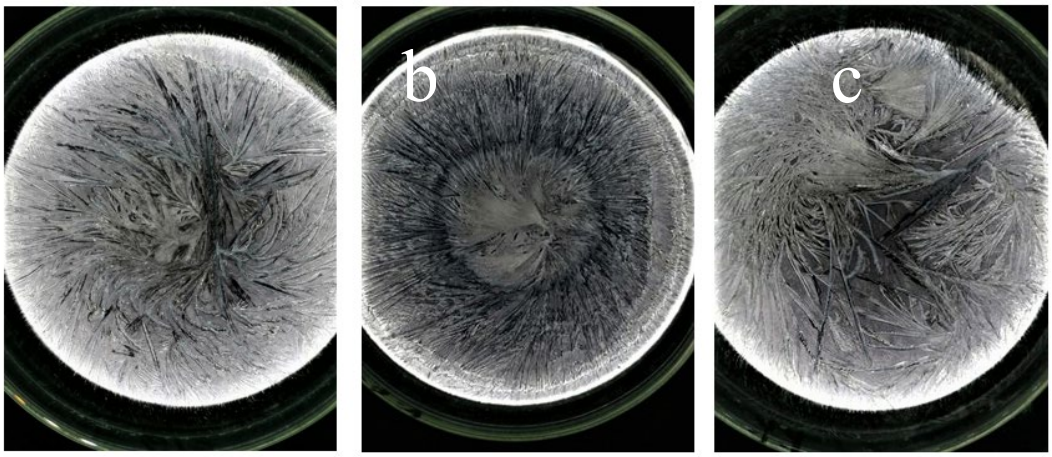
Fig 4. *Infestation of septoria on leaf 1 and leaf 2 at 22 days after second application*

Pastaba: tarp variantų vidurkių pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c) yra esminiai skirtumai (P≤0,05).
Note: between variant means marked with different letters (a, b, c) there are significant differences (P≤0.05).

Atsižvelgiant į gautus rezultatus, galima pastebėti bendrą visų naudotų fungicidų tendenciją – iš esmės mažinti septoriozės plitimą kviečių pasėlyje. Pagrindinė fungicidų naudojimo priežastis – veiksmingumas kovoje prieš ligas. Nors bandymo metais orai buvo nepalankūs ligos plitimui, šio tyrimo rezultatai parodė, kad visi bandyme naudoti fungicidai iš esmės sumažino septoriozės išplitimą ant lapų ir ligos paveiktų augalų skaičių pasėlyje, fungicidų efektyvumas siekė 70–95 %.

Grūdų elektrocheminiai rodikliai – pH ir savitasis elektros laidis, išlaikė panašią tendenciją – penktasis variantas pademonstravo esmingai mažesnį pH ir savitąjį elektros laidį lyginant su kontrole ir kitais variantas. Redokso potencialo tyrimas neatskleidė esminių skirtumų tarp variantų, tačiau šiek tiek mažesnis redokso potencialas buvo gautas 5 variante bei kontrolėje, kur rezultatai buvo 5 % mažesni. Gavus visus elektrocheminius grūdų rodiklius ir apskaičiavus grūdų miltų energijos P reikšmę, nusakančią produkto energetinę vertę, esminiai skirtumai tarp bandymo variantų neužfiksuoti, P reikšmė svyravo nuo 3,92 iki 8,73. Mažiausia P vertė nustatyta penktajame variante. Ši reikšmė teikia informaciją apie produkto energetinę vertę ir tinkamumą žmogaus organizmui, sveikumo būklę, amžių, subrendimo laipsnį, priklausomai nuo klimato sąlygų bei fiziologinių ypatybių. Vertingesni tie produktai, kurių P vertė yra žema.

„Paveikslų“ metodas biokristalizacijos kameroje. Šis metodas paremtas kristogramų vertinimu, pagal nustatytus kriterijus. Biokristalizacijos kameroje esanti aplinka atitinka žmogaus virškinimo sistemoje esančius faktorius: temperatūra siekia 36,6 °C. Paveiksluose matomi kristalai šakojasi ir plečiasi sudarydami gražius ornamentus.



5 pav. Biokristalizacijos „paveikslų metodas“:a) kontrolinis variantas, b) antrasis variantas ir c) penktasis variantas

Fig 5. *„Picture method“ from biocristalization camera: a) control, b) second treatment, c) fifth treatment*

Ilgesnės ir tolygesnės kristalų šakos parodo vienodą ir tolygų energijos sklidimą, produktas yra labiau vertingas žmogaus organizmui energijos atžvilgiu. Galima teigti, kad geriausiai vario chloridų kristalai skleidėsi, tai yra energija sklido, antrajame ir šeštajame variantuose. Atsižvelgiant į apskaičiuotą žemiausią P vertę, ketvirtojo varianto paveikslas neparodė tolygios kristalų sklaidos. Tokiems paveikslams įtakos galėjo turėti ir praktikos dirbant su biokristalizacijos kamera stoka, žmogiškojo faktoriaus klaida ruošiant tirpalus.

Išvados

1. Bandyme panaudoti fungicidų Balaya, Flexity, Amistar 250, Elatus Era ir Pecari 300 skirtingos koncentracijos parodė maksimalų efektyvumą kovoje su lapų septorioze žieminių kviečių pasėlyje, tačiau esminiai skirtumai nenustatyti. Bendra visų naudotų fungicidų tendencija – iš esmės mažina septoriozės plitimą kviečių pasėlyje.
2. Biokristalizacijos kameroje gauti „paveikslai“ rodo, kad energija geriausiai sklido kontroliniame ir penktame variantuose. P reikšmių, nusakančių produkto energetinę vertę, esminiai skirtumai tarp bandymo variantų neužfiksuoti. Mažiausia P vertė nustatyta penktajame variante, penktojo varianto paveiksle didžiausias kristalogramų šakų skaičius ir didžiausios skaitinės vertės kristalogramų rodiklių kokybiniame vertinime.

Literatūra

1. Agricultural Marketing Service, U.S. Department of Agriculture. (2015). Pesticide data program. Prieiga per internetą: https://www.ams.usda.gov/datasets/pdp
2. Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (OECD). 2022. OECD-FAO Agricultural outlook 2023–2031. Prieiga per internetą: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/f1b0b29c-en/index.html?itemId=/content/publication/f1b0b29c-en
3. Europos komisija (2020). Strategija „nuo ūkio iki stalo“. Prieiga per internetą: https://www.consilium.europa.eu/lt/policies/from-farm-to-fork/
4. Gianessi, L. P., Reigner, N. (2005). The value of fungicides in U.S. Crop production. CropLife foundation, Crop protection research institute. Prieiga per internetą: http://croplifefoundation.files.wordpress.com/2012/07/completed-fungicide-report.pdf
5. Juardo, A., Fernandes, M., Videira, R., Peixoto, F., Vicente, J. (2011). Herbicides: the face and the reverse of the coin. An in vitro approach to the toxicity of herbicides in non-target organisms. Herbicides and Environment, DOI: 10.5772/12976.
6. Oerke, E. C., Dehne, H. W., (2004). Safeguarding production – losses in major crops and the role of crop protection. Crop Protection, 23(4), 275–285.
7. Pena, R. J. (2002). Wheat for bread and other foods. FAO Plant production and protection series. Nr. 30. Prieiga per internetą: https://www.fao.org/3/y4011e/y4011e00.htm#Contents
8. Šurkus, J., Kojakas, T. M., Goštautaitė S. (2010). Medicinos toksikologija. Ūminių apsinuodijimų diagnostika ir gydymas: universiteto vadovėlis. Kaunas.
9. United Nations, Department of Economic and Social Affairs (UN DESA) (2016). 2016 Report on the world social situation. UNDESA world social report.
10. Zacharia, J. T., (2011). Ecological effects of pesticides. Pesticides in the modern world – risks and benefits, chapter 7, 129–143.

Rūta Žitkutė, Daiva Šileikienė

Effect of Using Fungicides on Quality and Holistic Indicators of Winter Wheat

In 2020 EU commission realised a new strategy “From farm to table“ in addition to obtain fresh and safe food system in Europe. One of the main objects of this strategy is to ensure availability of affordable and nutritious food supply while decreasing pesticide and mineral fertilizer use by half. Even if pesticide use has obvious advantages to the yields, every little drop of these bioactive and toxic products is followed by the risk to the safety of environment and human health. To search for optimal dosages of fungicides in the main crop in Lithuania – winter wheat, the trial was conducted with six treatments and three replicates. Results showed that all fungicides performed same considering efficacy, yield and quality; however, holistic parameters showed that using fungicides that contains triazols, strobilurins and pyrazolcarboxamids might have influenced the release of energy in grains. To have results visualised biocrystallization camera were used to obtain “image method” photographs of energy release.

Winter wheat, fungicides, holistic indicators, biocrystallization.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Rūta ŽITKUTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. 8 628 45273, el. paštas: zitrucius@gmail.com;
Rūta ŽITKUTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, postgraduate. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 628 45273, e-mail: zitrucius@gmail.com.
Dr. Daiva ŠILEIKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11-511, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 6525 5443, el. paštas: daiva.sileikiene@vdu.lt
Daiva ŠILEIKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Environment and Ecology, assoc. prof. Address: Studentų g. 15a, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. +370 652 55443, e-mail: daiva.sileikiene@vdu.lt

FARMING INPUT ON CARBON FOOTPRINT IN AGROECOSYSTEMS

Ligita Baležentienė

Vytautas Magnus University

Rising anthropogenic CO_2 emissions into atmosphere force the choice of agro technologies and cultivated crops aimed at mitigating the climate change. For this reason, carbon footprint of organic and conventional agrosystems was assessed for estimation and comparison of their life cycle inventory. The results implied that proper crop choice within the crop rotation schemes may lead to reduction of CO_2 emissions. The major sources of the increased CO_2 emission in the conventional farming were intensive agrotechnologies (machinery), mineral fertilisers and pesticides. However extensive agro technologies combined with elimination of chemical pesticides, herbicides and fertilizers in organic farming led to lower environmental impacts.

CO_2 emissions LCI, farming, crops.

Introduction

Modern agriculture persists between the major drivers of climate change and human induced changes to the carbon cycle. For that reason, considerations regarding the concept of sustainable agricultural production systems as a component of sustainable economy became actual. Carbon footprint and life cycle inventory (LCI) are widely suggested for evaluation impact of rotational crops on environment and quantifying the effects in life cycle impact assessments (LCIA) (IPCC, 2006, Nemecek et al., 2015). The major drivers of environment impacts, and climate change include respirational CO_2 emissions (Yao et al., 2019), assimilated and sequestered CO_2 in plants (GPP), carbon net ecosystem production (NEP), and emissions of applied chemical and technical agro-means throughout all period of cropping system, from sowing to harvesting. These indices along with agro technologies usually compose a complex of indicators compose life cycle inventory (LCI) that is transformed for LCIA estimation. LCI method considers bio-parameters of the plants and agrotechnologies, thus comprehensively measuring their impacts on the environment. Moreover, LCIA is recognized as a valid holistic approach for integrated analysis of the carbon footprint or climate impact of different crop or farming type (Smith et al., 2013). The aim of this research was to establish the carbon footprints for different rotations and the crops within these rotations for comparison of conventional and organic farming systems.

Materials and Methods

The research of seasonal C flows involving life cycle assessment of organic (OF) and conventional farming (CF) was performed during the plant vegetation seasons in the Training Farm of the Vytautas Magnus University (former Aleksandras Stulginskis University), central Lithuania. Three agrotechnology points, i.e., i) machinery, ii) fertilisers and iii) pesticide of crops were analysed.

To assess the agro impact on environment, a single impact category, e.g., carbon footprint was applied in the LCI methodology (ISO 14040, 2006). The life cycle impact assessments (LCIA) is aimed at evaluating the significance of potential environmental impacts on C footprint and based on the life cycle inventory (LCI) that involves an inventory of input and output C fluxes. The life cycle inventory (LCI) consists of 1) ecological impacts, i. e., net ecosystem production (NEP, μmol $m^{-2}s^{-1}$), carbon fraction (Cy, t t^{-1} dry matter), total carbon balance (Cb, t ha^{-1}) (IPCC, 2008); and 2) energy-based impacts, i.e., labour input (Eda) next to agrochemicals applied (Edt). Negative values of Cb indicate net carbon sequestration from the atmosphere while positive values represent net carbon emissions from agroecosystem to atmosphere.

Results and Discussion

The investigational data revealed that substantial content of atmospheric carbon was assimilated by crops and accumulated in their biomass (NEP) (Fig. 1). CF agroecosystems sequestered and accumulated in biomass insignificantly higher average CO_2 rate of 32.48 C, t ha^{-1} comparing with 30.24 C, t ha^{-1} in OF agroecosystems (Fig. 2, 3). Thus, effectivity of intensive agrotechnologies of CF determined near 7% higher CO_2 sequestration rate in crops biomass than that of OF. This indicated economic rather ecologic benefit of CF in lines with earlier findings (Tuomisto et al., 2012). Differences in crops capacity to sink atmospheric carbon and to form NEP yield relied on plant biological aptitude to assimilate CO_2 and ranged between 25.20-38.75 and 25.91–34.96 t $ha^{-1}m.^{-1}$ in agroecosystems of CF and OF, respectively. Between CF crops maize distinguished with more effective C_4–photosynthesis type than C_3 type (Still et al., 2004), and thus assimilated the highest CO_2

content then produced the biggest rates of NEP and biomass yield of 38.75 and 40.00 t ha^{-1}, respectively. Consequently, maize sequestered the highest atmospheric carbon content of 17.02 t ha^{-1} in dry yield between crops. However, rapeseed accumulated the smallest yield and carbon content of 3.00 and 1.28 t ha^{-1} in DM due to minor rate of cash crop (seeds). CF barley and oat accumulated only 25.20 and 28.42 t ha^{-1} atmospheric carbon due to short vegetation and low bioparameters (Fig. 1).

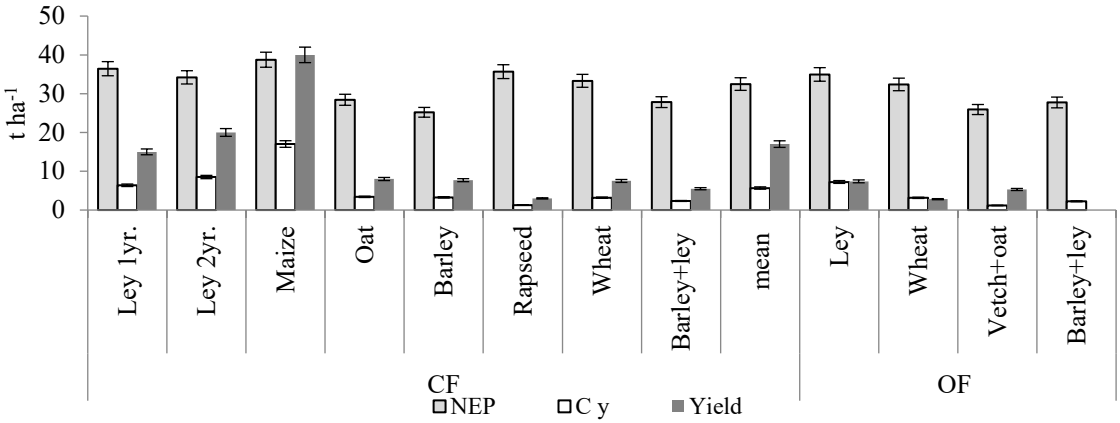


Fig 1. *Atmospheric carbon sequestration in crop's biomass. CF – conventional farming, OF – organic farming (mean±SD). NEP – net ecosystem production, t ha^{-1}, Yield - crop yield, t ha^{-1}, Cy – carbon yield, t ha^{-1}*

1 pav. *Atmosferos anlies kaupimas augalų biomasėje:* CF – intensyvus ūkininkavimas, OF – ekologinis ūkininkavimas (vid.±SD). NEP – grynoji ekosistemos produkcija, t ha^{-1}, derlius – augalų derlius, t ha^{-1}, Cy – anglies kiekis, t ha^{-1}

Comparing with intensive CF, sustainable OF agrotechnologies feasibly subjected slower plant development and formation of lower bioparameters particularly photosynthetic area as leaf index that is essential for carbon sequestration. Consequently, mean NEP ranged between 25.91 and 34.96 t ha^{-1} in OF agroecosystems (Fig. 1). Between OF crops ley and wheat the most effectively assimilated CO_2 of and accumulated 34.96 and 32.38 t ha^{-1} in NEP respectively. OF ley and barley+ley sequestered the carbon content (NEP) lesser only by 1–2% than those of CF possibly due to organic fertilizing (Fig. 1).

Accumulated C content in dry mass yield (DM) was significantly higher (p=0.0011) in CF than that in OF crops (Fig. 1, 2). Agroecosystems' life cycle inventory (LCI) depends on CO_2 emissions occurring along the production chain starting from the input production (inputs include applied agrochemicals and machinery) to the removed yield (Fig. 2). Therefore, the emissions produced by agrotechnologies were taken into carbon inventory where they composed a major part and often led to its negative values of many crop' agroecosystems of both CF and OF. Machinery emissions (E_{da}) existed the highest of 58.09 t ha^{-1} for maize, while E_{da} differences between other crops in both CF and OF determined statistically insignificant and rated 55.59 t ha^{-1}. Cultivation of ley was the most sustainable to environment between crops in both CF and OF. There machinery composed only 8.02 t ha^{-1} for the 1st year and 8.62 t ha^{-1} for the 2nd year in CF ley agroecosystems. In total, mean machinery of OF crops produced 91.7% of CF mean emissions. As some researcher approved (Xie et al., 2019) and our data exhibited, machinery improvement in the agrotechnologies per unit of cultivated area may be significant tool regarding the agroecosystem' sustainability.

Though the ratio of agrochemicals emissions (E_{df}) constituted minor proportion in crops LCI, if compared to machinery impact, however mean agrochemicals emissions (E_{df}) of OF composed only 31.9% of such CF emissions (p=0.0024) due to different fertilizing regime (Fig. 2). Maize required the most intensive fertilizing that produced has the highest values of agrochemical emissions 6.25 t ha^{-1} between crops. However, this negative impact of carbon emissions here was counterweighed by the highest maize yield removed from the field between crops. Nonetheless, lower rates of fertilisers applied to other CF crops have not decreased their carbon balance due to their lower yield.

Mean C content composed 5.68 for CF and 3.46 t ha^{-1} OF DM crops. Possibly higher carbon content in yield dry mass could be attributed to the use of sufficient doses of chemical fertilizers and pest control. OF ley captured the highest C content of 7.24 t ha^{-1} in the yield DM between OF crops. It ranged between 1.19 and 3.15 t ha^{-1} for OF wheat, vetch+oat and barley+ley (Fig. 2). This carbon sequestration in cash crop and dry yield comprises the major factor for mitigation of the agroecosystem' emissions. These effects can also be explained by differences in the rates of application of the organic fertilizer. Some researchers pointed out the importance

of nitrogen, mainly released from legume residues, required for carbon sequestration and organic matter storage in soil (van Groenigen et al., 2017).

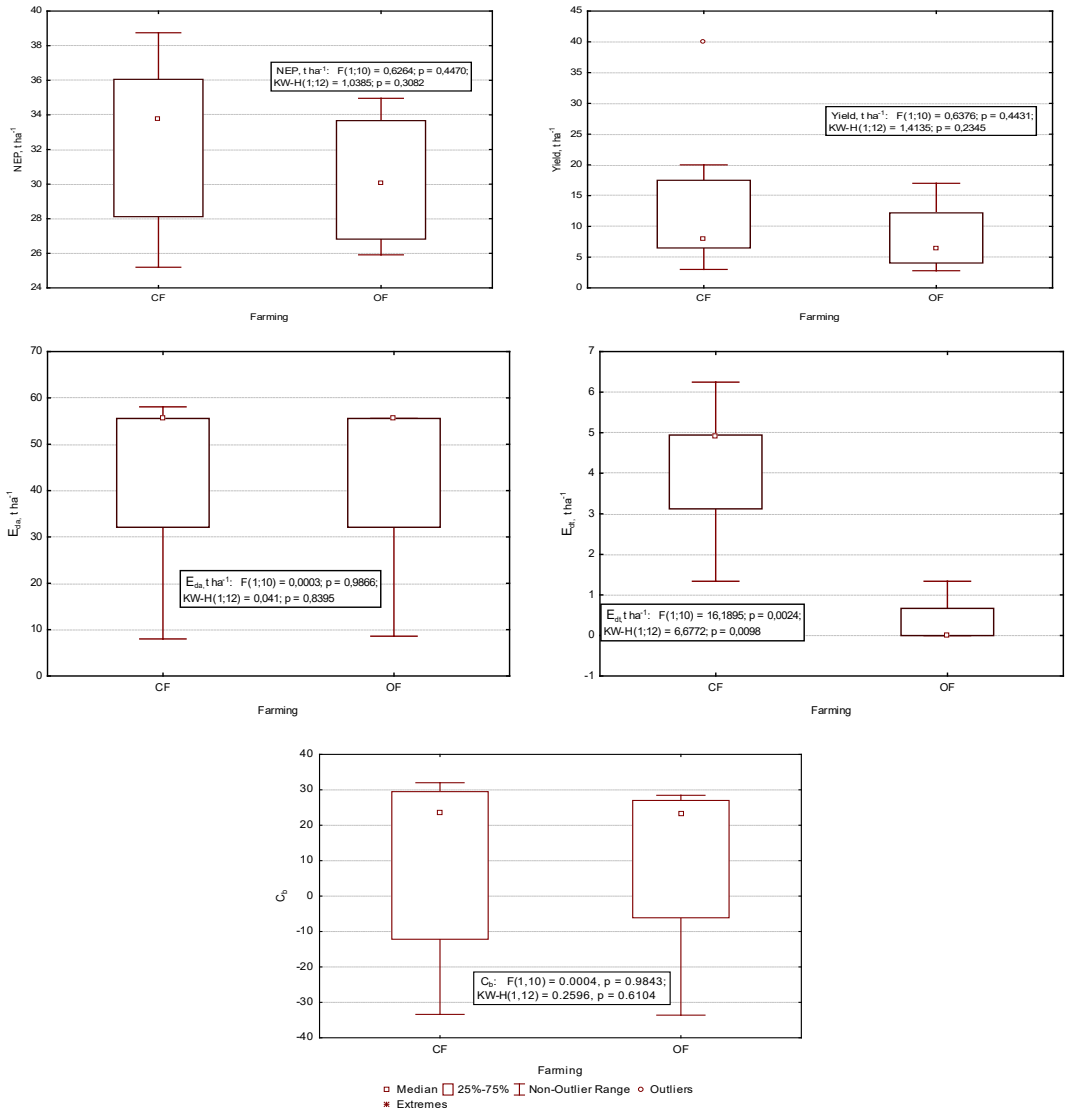


***Fig. 2**. Box plot of life cycle inventory in agroecosystems of conventional and organic farming. CF – conventional farming, OF – organic farming, NEP- net ecosystem production, E_{da}- labour input, E_{dt} -agrochemicals input, C_b –carbon balance*

2 pav. Intensyvaus ir ekologinio ūkininkavimo būvio ciklo invetorizacijos sklaidos diagrama. CF – intensyvus ūkininkavimas, OF – ekologinis ūkininkavimas, NEP- grynoji ekosistemos produkcija, E_{da} – darbo indėlis, E_{dt} – agrochemikalų indėlis, C_b –anglies balansas

Elimination of chemical pesticides, herbicides and fertilizers in organic cultivation led to lower environmental impacts. It should be noted that life cycle inventory (LCI) is a principal tool to assess the environmental sustainability of agroecosystems.

This aggregated impact's method also might be important for determination the main impact categories, and then searching techniques how to reduce their negative influence on agroecosystem sustainability. Subsequently, LCI generally provides the most consistent and complete quantification of holistic environmental impacts from a macro perspective and sustainable viewpoint (Foteinis et al., 2016) suggesting alternatives to practicians, decision and policy makers.

Conclusion

The intensive use of agricultural inputs led to increased environmental pressures associated with the conventional farming if compared to the organics one. The life cycle inventory again confirms that conventional farming being less sustainable and contributes to the climate change. The major sources of the

increased CO_2 emission in the conventional farming were mineral fertilising and pesticides. Specified the LCI and CO_2 sequestered in the biomass data, the difference between the carbon footprint for the OF and CF agroecosystems was insignificant. However, these differences were significant among crops. Therefore, crop might be a more important CO_2 sequestration factor than the farming type in planned rotation. Between crops, ley is preferred in both organic and conventional farming for intensive curbing the atmospheric C in biomass. Consequently, the diversification of the crop rotations may improve the sustainability even in the case of the intensive farming.

References

1. IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), National Greenhouse Gas Inventories Programme.Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan Online at. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html.
2. Nemecek, T., Hayer, F., Bonnin, E., Carrouee, B., Schneider, A., Vivier, C. (2015). Designing eco-efficient crop rotations using life cycle assessment of crop combinations. Eur.J. Agron. 65, 40–51.
3. Yao, X., Huang, R., Song, M., (2019). How to reduce carbon emissions of small and medium enterprises (SMEs) by knowledge sharing in China. Production Planning & Control 30(10–12), 881–892.
4. Smith, W. N., Grant, B. B., Desjardins, R. L., Kroebel, R., Li, C., Qian, B., Worth, D. E., McConkey, B. G., Drury, C. F. (2013). Assessing the effects of climate change on crop production and GHG emissions in Canada. Agric. Ecosyst. Environ. 179, 139–150. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.015.
5. ISO 14040, (2006). International StandardEnvironmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework, Technical Report SFS-EN ISO 14040.
6. Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P., Macdonald, D. W. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts? e a meta-analysis of European research. J. Environ. Manag. 112, 309–320.
7. Still, C. J., Berry, J. A., Collatz, G. J., de Fries, R.S., (2003). Global distribution of C3 and C4 vegetation: carbon cycle implications. Glob. Biogeochem. Cycles 17. https://doi.org/10.1029/2001GB001807.
8. van Groenigen, J. W., van Kessel, C., Hungate, B. A., Oenema, O., Powlson, D. S., van Groenigen, K. J. (2017). Sequestering soil organic carbon: a nitrogen dilemma. Environ.Sci. Technol. 51, 4738–4739.
9. Foteinis, S., Chatzisymeon, E. (2016). Life cycle assessment of organic versus conventional agriculture. A case study of lettuce cultivation in Greece. J. Clean. Prod. 112 (4), 2462–2471.

Ligita Baležentienė

Ūkininkavimo indėlis anglies pėdsakui agroekosistemose

Didėjančios antropogeninės emisijos į atmosferą skatina pasirinktis tinkamas agrotechnologijas ir auginamus augalus siekiant mažinti klimato kaitą. Tam buvo tirtas anglies pėdsakas ekologinėse ir intensyviose ekosistemose atliekant jų būvio ciklo inventorizaciją. Rezultatai rodo kad tinkamas augalų pasirinkimas sėjomainos schemose gali mažinti CO2 emisijas. Intensyvaus ūkininkavimo pagrindinis didėjančių emisijų šaltinis yra intensyvios technologijos (mechanizacija), mineralinės trąšos ir pesticidai. Tačiau ekstensyvios agrotechnologijos kartu su eliminavimu cheminių pesticide, herbicide ir trąšų ekologiniame ūkininkavime sąlygoja mažesnius poveikius aplinkai.

CO_2 emisijos, LCI, ūkininkavimas, augalai.

Gauta 2023 m. vasario mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

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, Kaunas dist., Lithuania. Phone: +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

TIKROJO MARGAINIO (*SILYBUM MARIANUM* L.) PASĖLIO PIKTŽOLĖTUMAS TAIKANT SKIRTINGĄ SĖJOS BŪDĄ IR SĖKLOS NORMĄ

Rita Pupalienė, Aiva Stankaitytė, Kamilė Jasnauskaitė

Vytauto Didžiojo universitetas

Moksliniai tyrimai kaimyninėse šalyse įrodė, kad tikrasis margainis gali augti ir derėti mūsų šalies klimatinėmis ir dirvožemio sąlygomis. Šis augalas pasižymi gebėjimu stelbti kitus augalus, tačiau jis dygsta ilgai ir pradiniuose augimo tarsniuose jį gali užstelbti piktžolės. 2022 m. VDU ŽŪA Bandymų stotyje vykdytame 2 veiksnių lauko eksperimente tirta agrotechninėmis priemonėmis – taikant skirtingą sėjos būdą bei sėklos normą – galima reguliuoti pasėlio piktžolėtumą. Piktžolių daigų skaičius mažiausias rastas taikant pakriką sėją, o sėklos norma neturėjo esminės įtakos piktžolių skaičiui pradiniuose augimo tarpsniuose. Nustatyta, kad tarp pasėlio tankumo po sudygimo ir piktžolių daigų skaičiaus pasėlyje esminio koreliacinio priklausomumo nebuvo. Tikrojo margainio žydėjimo pradžioje esmingai mažiausias piktžolių skaičius rastas plačiaeilės sėjos (48 cm) laukeliuose. Sėjos norma esminės įtakos piktžolių skaičiui neturėjo. Prieš tikrojo margainio derliaus nuėmimą tiek sėjos būdo, tiek sėjos normos esminė įtaka piktžolių skaičiui pasėlyje nenustatyta.

Silybum marianum, sėjos būdas, sėklos norma, piktžolės.

Įvadas

Margainis dažniausiai auginamas kaip žaliava vaistams arba dedamas į gaminamus maisto produktus, siekiant padaryti produktą sveikesnį, todėl svarbu užauginti margainio sėklas be pesticidų. Yra atlikta tyrimų su herbicidais tikrojo margainio pasėliuose (Karkanis et al., 2011; Bielski, 2021). Lenkijos mokslininkas S. Bielski (2021) ištyrė 4 veikliąsias medžiagas, kurias galima naudoti piktžolių kontrolei margainio pasėlyje ir palygino cheminio bei mechaninio piktžolių kontrolės būdų efektyvumą. Nustatyta, kad cheminė piktžolių kontrolė turėjo esminės įtakos tikrojo margainio pasėlio piktžolėtumui ir derlingumui. Tačiau dabartinėmis sąlygomis, kai žemės ūkiui keliami vis aukštesni aplinkosauginiai, produkcijos kokybės reikalavimai, būtina ieškoti priemonių, kaip reguliuoti margainio pasėlio piktžolėtumą ne cheminėmis, o agrotechninėmis priemonėmis – didinant sėklos normą, taikant skirtingą sėjos būdą, naikinant piktžoles mechaniniu ar kitais būdais. Siekiant mažinti pesticidų naudojimą žemės ūkyje, įvairių augalų pasėliuose atliekami piktžolių kontrolės metodų tyrimai, o tikrasis margainis turi gerą potencialą piktžolių kontrolei dėl savo biometrinių parametrų. Tikrasis margainis kartais nurodomas kaip gana agresyvi piktžolė kitų augalų pasėliuose, stipriai stelbianti žemės ūkio augalus, tokius kaip kviečiai (Sulas et al., 2008, Khan et al., 2009; Tyr, 2015, Ahmad et al., 2021).

Nors mokslinėje literatūroje (Karkanis et al., 2011; Tyr, 2015) nurodoma, kad šis augalas pasėlyje gali tapti agresyvia piktžole ir stelbti kitus tame lauke augančius augalus, tačiau taip atsitinka vėlesniuose tikrojo margainio augimo tarpsniuose. Augalo skrotelės lapai skleidžiasi pažeme, jų kraštai turi aštrius spyglius, vėliau lapai didėja, formuojasi (aukštas 1 m ir daugiau) stiebas ir augalas turi galimybes nustelbti daugelį tiek trumpaamžių, tiek daugiamečių piktžolių. Tačiau tikrasis margainis dygsta ilgai – iki 21 dienos, auga lėtai, ypač nepalankiomis augimo sąlygomis, todėl pradiniuose augimo tarpsniuose jį gali užstelbti piktžolės.

Tyrimo objektas – tikrojo margainio pasėlis, sėtas taikant skirtingus sėjos būdus ir skirtingą sėklos normą. *Tyrimo tikslas* – įvertinti sėklos normos ir sėjos būdo įtaką tikrojo margainio pasėlio piktžolėtumui.

Tyrimų metodika

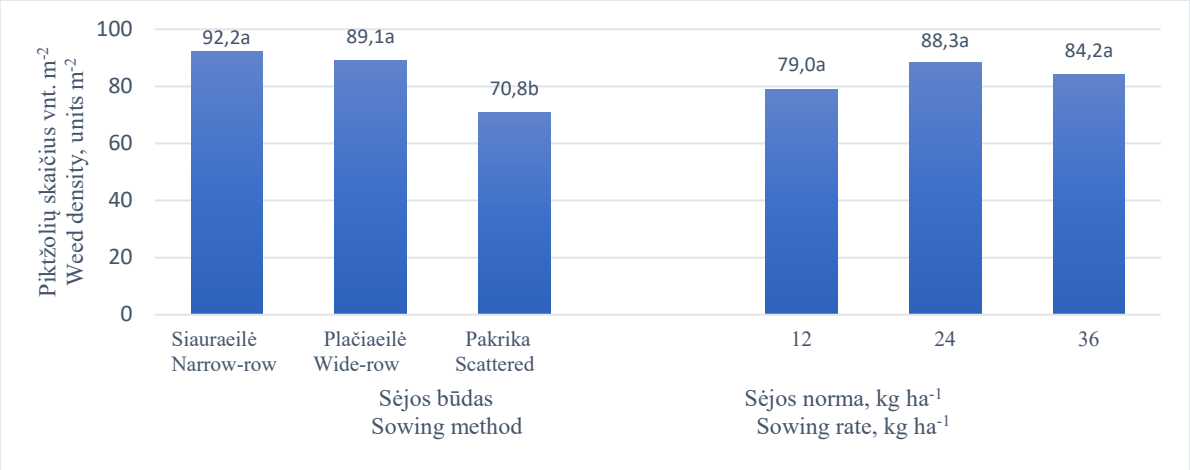
Lauko eksperimentas vykdytas 2022 m. Vytauto Didžiojo universiteto Bandymų stotyje. Lauko eksperimento dirvožemis – karbonatingas giliau glėjiškas išplautžemis (IDg4-k) (*Calc(ar)i-Endohypogleyic Luviso*l) (*LVg-n-w-cc*). Tyrimo tikslas – įvertinti sėjos būdo ir sėklos normos įtaką pasėlio piktžolėtumui. Eksperimento variantai: A veiksnys – sėjos būdas: 1. Siauraeilė sėja (12 cm tarpueilis); 2. Plačiaeilė sėja (48 cm tarpueilis); 3. Pakrika sėja; B veiksnys – sėklos norma: 1.12 kg ha^{-1}; 2.24 kg ha^{-1}; 3.36 kg ha^{-1}. Eksperimento laukelio dydis: pradinis – 3×10 m, apskaitinis – 2×8 m. Eksperimentas atliktas 4 pakartojimais. Pasėlio piktžolių skaičius vertintas 4 kiekvieno laukelio vietose naudojant 0,5×0,5 m (0,25 m^2) rėmelį. Augalų skaičius perskaičiuotas į vnt. m^{-2}. Po pasėlio sudygimo suskaičiuoti piktžolių daigai, prieš derliaus nuėmimą piktžolės iš rėmelio apriboto ploto išrautos, suskaičiuotos, pasvertos, atlikta rūšinės sudėties analizė. Tikrasis margainis pasėtas balandžio 27 d., pasėlio tankumo ir piktžolėtumo stebėjimai atlikti gegužės 24 d. ir prieš

margainio derliaus nuėmimą rugpjūčio 18 d. 2022 m. pavasarį vyravo vėsūs orai, po sėjos trūko drėgmės, todėl augalai augo dar lėčiau ir lėtai didėjo jų gebėjimas stelbti piktžoles.

Tyrimo duomenys įvertinti dviejų veiksnių dispersinės analizės metodu (ANOVA). Skirtumų esmingumo vertinimui taikyti *F* ir $LSD_{0,05}$ testai (Raudonius, 2017).

Rezultatai ir aptarimas

Mokslininkų atlikti tyrimai rodo, kad piktžolėtumas tikrojo margainio pasėlyje gali būti svarbus veiksnys, netgi mažinantis pasėlio derlingumą, todėl piktžolių kontrolei gali būti naudojami herbicidai (Karkanis et al., 2011). Žinant, kad tikrasis margainis geba stelbti piktžoles, verta paieškoti būdų, kurie padėtų mažinti pasėlio piktžolėtumą. Pakankamo tankumo pasėlis, gaunamas parinkus optimalią sėklos normą, tarpueilių plotį geba stelbti piktžoles. Lauko eksperimente įvertinus piktžolių daigų skaičių pasėlyje buvo nustatyta, kad esminės įtakos jam turėjo sėjos būdas. Esmingai mažiausiai piktžolių daigų, palyginus su kitų sėjų laukeliais, buvo rasta pakrikos sėjos laukeliuose (70,8 vnt. m^{-2}), o sėjant siaurais tarpueiliais ir plačiais tarpueiliais piktžolių rasta 1,3 ir 1,2 karto daugiau – atitinkamai 92,2 vnt. m^{-2} ir 89,1 vnt. m^{-2} (1 pav.). Sėjos norma neturėjo esminės įtakos piktžolių daigų skaičiui pasėlyje po sudygimo.



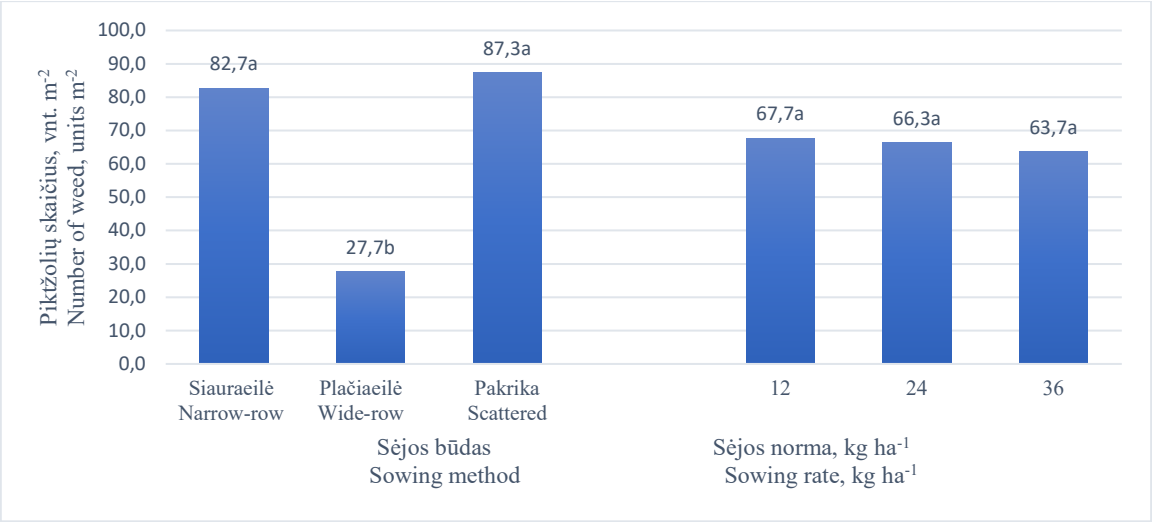
1 pav. Piktžolių skaičius pasėlyje po tikrojo margainio sudygimo

Fig. 1. *Weed density in crop after milk thistle germination*

Pastaba: skirtumai tarp variantų vidurkių, pažymėti skirtinga raide (a, b, ...) yra esminiai $P<0,05$.
Note: differences between treatment averages signed with different letter (a, b, ...) are significant $P<0.05$.

Tarp piktžolių daigų skaičiaus ir pasėlio tankumo statistiškai patikimo koreliacinio priklausomumo nenustatyta. Mūsų eksperimente pasėliuose vyravo trumpaamžės vasarinės piktžolės – baltoji balanda *Chenopodium album*, dirvinis garstukas *Sinapis arvensis*, trumpamakštis rūgtis *Persicaria lapathifolia*. Šios piktžolių rūšys rastos visuose eksperimento laukeliuose. Mokslininkų grupė atlikusi tyrimus nustatė, kad dažniausiai pasitaikančios piktžolės tikrojo margainio pasėlyje yra šios: dirvinė pienė *Sonchus arvensis*, paprastasis varputis *Elytrigia repens*, dirvinė usnis *Cirsium arvense*, baltoji balanda Chenopodium album, dirvinis *ridikas Raphanus raphanistrum*, dirvinis garstukas *Sinapis arvensis* ir kitos (Czyž, 2008).

Piktžolės dygsta ne tik pavasarį ar vasaros pradžioje, jų dygimas išsitęsia iki vėlyvo rudens. Dalis piktžolių yra trumpaamžės, jų vegetaciaj trunka tik 1–2 mėnesiu, subrandinusios ir išbarsčiusios sėklas tokios piktžolės žūsta (Špokienė, Povilionienė, 2003). Dėl šių priežasčių pasėlio piktžolėtumas augalų vegetacijos metu keičiasi. Margainio žydėjimo pradžioje, kai margainiai jau buvo pasiekę maksimalų aukštį, o jų lapai uždengę didžiąją dalį dirvos paviršiaus, piktžolių skaičius beveik visuose eksperimento laukeliuose sumažėjo, išskyrus pakrikosios sėjos laukelius (2 pav.). Skirtingos sėklos normos taikymas esminės įtakos pasėlio piktžolėtumui neturėjo.

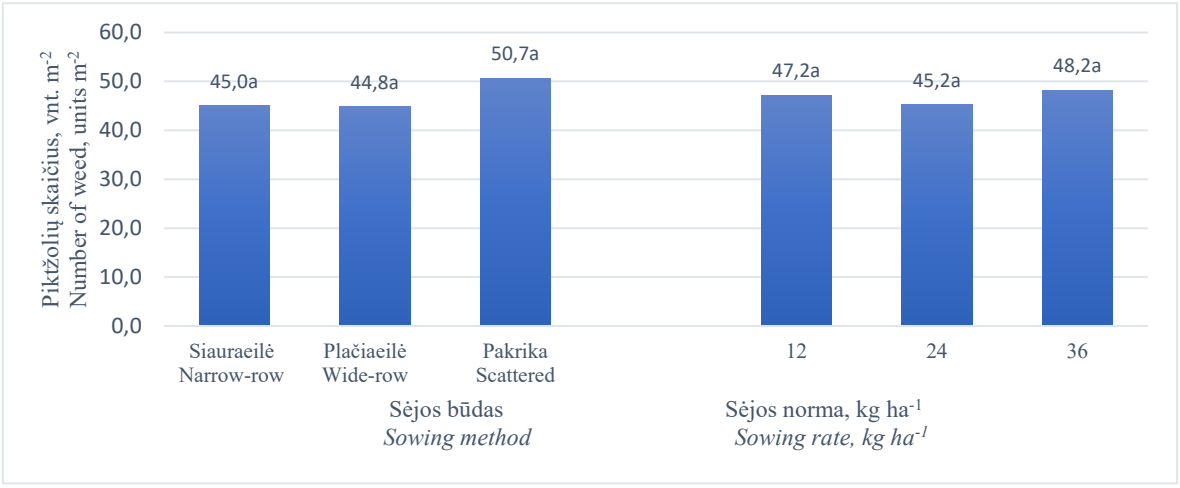


2 pav. Piktžolių skaičius pasėlyje tikrojo margainio žydėjimo pradžioje

Fig. 2. *Weed density in crop at the beginning of flowering of milk thistle*

Pastaba: skirtumai tarp variantų vidurkių, pažymėti skirtinga raide (a, b, ...) yra esminiai $P<0,05$.
Note: differences between treatment averages signed with different letter (a, b, ...) are significant $P<0.05$.

Įvertinus tikrojo margainio pasėlio piktžolėtumą prieš derliaus nuėmimą, nustatyta, kad neliko esminių piktžolių skaičiaus skirtumų nei taikant skirtingą sėjos būdą, nei skirtingą sėklos normą: piktžolių skaičius visų eksperimento variantų laukeliuose buvo panašus – svyravo nuo 44,8 iki 50,7 vnt. m^{-2} (3 pav.).



3 pav. Piktžolių skaičius pasėlyje prieš derliaus nuėmimą

Fig. 3. *Weed density in crop before harvesting*

Pastaba: skirtumai tarp variantų vidurkių, pažymėti skirtinga raide (a, b, ...) yra esminiai $P<0,05$.
Note: differences between treatment averages signed with different letter (a, b, ...) are significant $P<0.05$.

Mokslinėje literatūroje nurodoma, kad paprastai atstumas tarp augalų eilučių yra 40–75 cm (Karkanis et al., 2011). Mūsų eksperimente atstumai tarp eilučių buvo 12 cm, 48 cm ir taikyta pakrika sėja. Pasėlio tankumo pasiskirstymo tendencija tarp eksperimento variantų išliko panaši iki derliaus nuėmimo, tuo tarpu piktžolių skaičius skirtingų variantų laukeliuose buvo panašus. Galima daryti prielaidą, kad tiek tankesnis, tiek retesnis tikrojo margainio pasėlis panašiai stelbė piktžoles vėlesniuose augimo tarpsniuose, kai jo stelbiamoji galia padidėja. Taip atsitikti gali dėl to, kad retesniame pasėlyje augalai labiau šakojasi, būna vešlesni, nei tankesniame. Dalis piktžolių ir dėl stelbimo, ir dėl rūšių biologinių savybių iki kultūrinių augalų brandos sunyksta.

Reikia tolimesnių tyrimų įvertinti tirtų veiksnių įtaką piktžolių plitimui tikrojo margainio pasėlyje, taip pat būtina ieškoti kitų, ne cheminių, piktžolių kontrolės priemonių, kurios padėtų mažinti pasėlio piktžolėtumą.

Išvados

1. Sėjos būdas turėjo esminės įtakos piktžolių skaičiui tikrojo margainio pasėlyje po augalų sudygimo ir margainio žydėjimo pradžioje. Siauraeilė sėja pasėlio piktžolėtumo požiūriu auginant paprastąjį margainį nėra geriausias pasirinkimas.
2. Sėklos normos didinimas nuo 12 iki 36 kg ha^{-1} visais tyrimo laikotarpiais neturėjo esminės įtakos pasėlio piktžolėtumui. Didinant sėklos normą pasėlio piktžolėtumas nemažėjo. Tyrimus būtina tęsti ieškant kitų necheminių piktžolių kontrolės priemonių tikrojo margainio pasėliuose.

Literatūra

1. Ahmad, I., Gul, B. (2021). Competitive Ability of Wheat Crop against Different Densities of Avena fatua and Silybum marianum. Sarhad Journal of Agriculture, 37, 631–638. DOI | http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.2.631.638
2. Bielski, S. (2021). Milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.) achene yield had a positive response to nitrogen fertilization, row spacing, sowing date, and weed control methods. Industrial Crops & Products, 160, 1-8. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.113104
3. Czyž, P. (2008). Ostropestřec mariánský (Silybum marianum Gaertn.) variabilita růstu a vývoje ve stejných pěstitelských podmínkách. Bakalářská práce. Mendelu v Brně.
4. Karkanis, A., Bilalis, D., Efthimiadouc, A. (2011). Cultivation of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.), a medicinal weed. Industrial Crops and Products, 34, 825–830. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.03.027
5. Khan, M. Z., Blackshaw, R. E., Marwat, K. B. (2009). Biology of milk thistle (*Silybum marianum*) and the management options for growers in north-western Pakistan. Weed Biology and Management, 9, 99–105. DOI: 10.1111/j.1445-6664.2009.00326.x
6. Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: important issues. Zemdirbyste-Agriculture. 104(4), 377–382. DOI 10.13080/z-a.2017.104.048
7. Sulas, L., Re, G. A. , Bullitta, S., Piluzza, G. (2015). Chemical and productive properties of two Sardinian Milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) populations as sources of nutrients and antioxidants. In Genet. Resour. Crop. Evol. 3, 12. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10722-0
8. Špokienė, N., Povilionienė, E. (2003). Piktžolės. Kaunas.
9. Týr, Š. (2015). Weed infestation in the stand of milk thistle and infestation in sustainable crop rotation. Acta fytotechn. zootechn. 18(4), 90–94. DOI: 10.15414/afz.2015.18.04.90–94

Rita Pupalienė, Aiva Stankaitytė, Kamilė Jasnauskaitė

Weediness of Milk Thistle (*Silybum marianum* L.) Crop Applying Different Sowing Method and Seed Rate

Scientific research in neighboring countries has proven that the milk thistle can grow and adapt to our climatic and soil conditions. The milk thistle is usually grown as a raw material for the pharmaceutical industry or functional food, so it is important to grow it according to the requirements of organic agriculture – without chemical plant protection measures. This plant has the ability to overshadow other plants, but it takes a long time to germinate and can be overshadowed by weeds in the initial stages of growth. In 2022 at the 2-factor field experiment conducted at the VMU AA Experimental Station, it was investigated whether agrotechnical means – different sowing method and seed rate – can regulate the weediness of the crop. The number of weed seedlings was found to be the lowest (70.8 unit m^{-2}) in plots where scattered sowing was used, and the seed rate had no significant effect on the number of weeds in the initial stages of growth. It was found that there was no significant correlation between the density of the crop after germination and the number of weed seedlings in the crop. At the beginning of flowering of milk thistle, significantly the lowest number of weeds was found in wide-row sown fields. Sowing rate had no significant effect on the number of weeds. Before the harvest of milk thistle, both the sowing method and seed rate did not significantly increased number of weeds in milk thistle crop.

Silybum marianum, sowing method, sowing rate, weeds.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Rita PUPALIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53367 Akademija, Kauno r., Tel. (8 37) 75 23 17, el. paštas: rita.pupaliene@vdu.lt

Rita PUPALIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, assoc. professor. Address: Studentų g. 1a, LT-53367 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 75 23 17, e-mail: rita.pupaliene@vdu.lt
Aiva STANKAITYTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto studentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53367 Akademija, Kauno r., Tel. (8 37) 75 23 17, el. paštas: aiva.stankaityte@stud.vdu.lt
Aiva STANKAITYTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, student. Address: Studentų g. 1a, LT-53367 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 75 23 17, e-mail: aiva.stankaityte@stud.vdu.lt
Kamilė JASNAUSKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto studentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53367 Akademija, Kauno r., Phone: (8 37) 75 23 17, el. paštas: kamile.jasnauskaite@stud.vdu.lt
Kamilė JASNAUSKAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, student. Address: Studentų g. 1a, LT-53367 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 75 23 17, e-mail: kamile.jasnauskaite@stud.vdu.lt

EVALUATION OF ADAPTATION CAPACITIES OF SOME INVASIVE SPECIES

Ligita Baležentienė

Vytautas Magnus University

Photosynthesis (A) and transpiration (TE) response to environmental conditions of invaded habitat were evaluated as indices of some invasive species adaptation in colonized different habitats. The light conditions or photosynthetically active radiation (PAR) varied between 36.00 and 1083.67 μmol m^{-2} s^{-1} during growth season and regarding to meteorological conditions and habitat type. *F. japonica* and *H. sosnowskyi* established in shadow scrubs habitats with the lowest mean PAR rates of 58.33 and 124.70 μmol m^{-2} s^{-1} respectively. *R. confertus* invaded open grassland habitats where the mean PAR assessed 529.35 μmol m^{-2} s^{-1}. Consistently to available radiation, significantly ((r=0.9, p=0.000…) the highest mean photosynthesis rate 11.60 μmol m^{-2} s^{-1} was observed for *R. confertus*. The lowest mean photosynthesis rate 3.02 and 4.52 μmol m^{-2} s^{-1} exhibited *F. japonica* and *H. sosnowskyi* in shadow habitats. Photosynthesis rates also related on water loss during transpiration (TE) at leaf level. The data of photosynthesis and transpiration confirmed positive relationship to environment tolerance of assessed invasive species in invaded habitats.

Environment, photosynthesis, transpiration, invasive species.

Introduction

Carbon and water availability and intake carry out the basic functions of the carbon flux and the hydrological cycle between plant cover and the atmosphere through the photosynthesis and transpiration processes. Plants implement photosynthesis relying on energy conversion to sugars transported from leaves to perform different life processes, i.e., growth, development, and maturation (Kleidon, 2021).

The evaluations of photosynthesis and transpiration remain essential for understanding plant' role in climate change, carbon and water cycling (Smith et al., 2013). Transpiration comprises 60–80% of the total terrestrial evaporation, that returns about a half as continental precipitation back into the ecosystems (Wei et al., 2017). However, photosynthesis provides the energy required for plants acclimation, making them resistant to changing environmental conditions. The estimations of these components are essential for the understanding of plant physiological condition and water dynamics (Chen et al., 2011). Therefore, the increase efficiency of photosynthesis and transpiration might indicate invasive plant adaptation in new ecosystems when water is not the limiting factor.

The present study was carried out to compare photosynthesis and transpiration rates of one cosmopolite and three alien plant species, which distinguished for robust growth and intensive spreading. The following suggestions were tested: 1) the invasive species achieve high photosynthetic capacity that contributes to their adaptation and invasiveness in new invaded environment; 2) species variations in transpiration rates depend on natural light conditions and precipitation changes during vegetation. The efficiency and rate of photosynthesis and transpiration may contribute to vitality of invasive species, and thus to their invasiveness capacity.

Methods and materials

Environmental adaptation of four invasive species enlisted in National List of invasive species (List…, 2016), namely *Fallopia japonica* (Hout.) Ronse Decr. (*Polygonaceae*), *F jap*, native of northern Japan (originated from Hokkaido, Honshu) and N-E Russia (originated from Sakhalin, Kurile Islands), 54°54'01.3"N 23°50'07.2"E; *Heracleum sosnowskyi* Manden*., H sosn (Apiaceae)* originated from Trans-Asia*,* 54°54'08.1"N 23°50'10.5"E; *Rumex confertus* Willd*., R conf* (*Polygonaceae*) from Asia, 54°54'13.1"N 23°49'11.1"E were assessed; and cosmopolite *Taraxacum officinale* L., *T offi*, 54°54'12.2"N 23°51'29.5"E served as a control species (Table 1). Measurements in 10 replications were performed every month along the grassland or forest ecotone in Kaunas district.

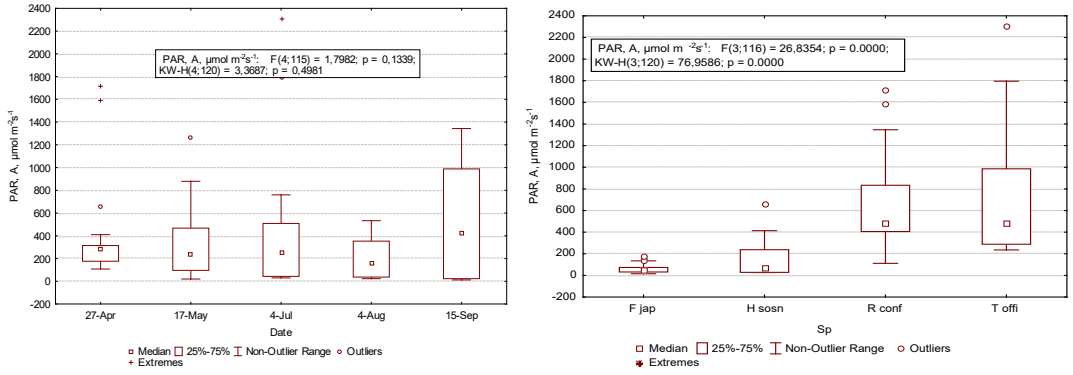
Plant photosynthesis system LCpro+ Photosynthesis System (ADC BioScientific, UK) was applied for the assessing photosynthesis (A, μmol m^{-2} s^{-1}) transpiration (TE, mmol m^{-2} s^{-1}), and photosynthetically active radiation (PAR, μmol m^{-2} s^{-1}) parameters *in situ* of invasive plant species. Using the measured *A* and *E* values the water use efficiency (WUE =*A*/T*E*, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/ mmol H_2O m^{-2} s^{-1}) was calculated.

The level statistical confidence, stochastic interactions between estimated A, T and WUE data, and the species, measurement date and environment conditions were calculated by the methods of variance and

regression analysis using the statistical package R of StatSoft for Windows standards. It was applied Fisher test and Kruskal–Wallis H nonparametric test of one-way ANOVA.

Results and Disscusion

PAR intensity related on habitat type and meteorological conditions (Fig. 1). Therefore, the largest PAR rates up to 1056–1083.67 µmol m^{-2} s^{-1} were available for *R conf* and *T offi* which grew in open ecotypes of grasslands where full sun light is accessible. The low light access of mean 58.33 and 124.70 µmol m^{-2} s^{-1} was available for invasive *F jap* and *H sosn*, respectively, established in shaded scrubland. As some researchers concluded (Baldocchi, 2014), such PAR variations might be particularly accounted for regulation of more photosynthesis at canopy level than transpiration.



a b

Fig. 1. PAR alteration throughout photosynthesis and transpiration measurements (a) in different habitats (b). *F jap – Fallopia japonica, H sosn – Heracleum sosnowskyi, R conf – Rumex confertus, T offi –Taraxacum officinale*. F- Fisher test, KW-H - Kruskal–Wallis H nonparametric test of one-way ANOVA. ± SE

1 pav. *PAR kitimas matuojant fotosintezę ir transpiraciją (a) skirtingose buveinėse (b). F jap – Fallopia japonica, H sosn – Heracleum sosnowskyi , R conf – Rumex confertus, T offi –Taraxacum officinale. F- Fisherio testas, KW-H – Kruskal -Wallis H neparametrinis testas vienfaktorinei ANOVA. ± SE*

The significant differences (p=0.000) of the photosynthesis data determined between *F jap* (median value - 3.02 µmol m^{-2} s^{-1}) and *R conf* (median value - 11.60 µmol m^{-2} s^{-1}). The differences between photosynthesis values of remained species, specifically *H sosn, R conf and T offi* existed insignificant (p=0.000) in their habitats (Fig. 2). The strong coefficients (r=0.6–1.0) of linear regression determined between A and PAR indicated good adaptation of species' photosynthesis activity to light conditions in their habitats. The photosynthesis values have not exhibited significant correspondence to the measurement date possibly due to substantial variation of PAR values caused by cloudy conditions in habitats.

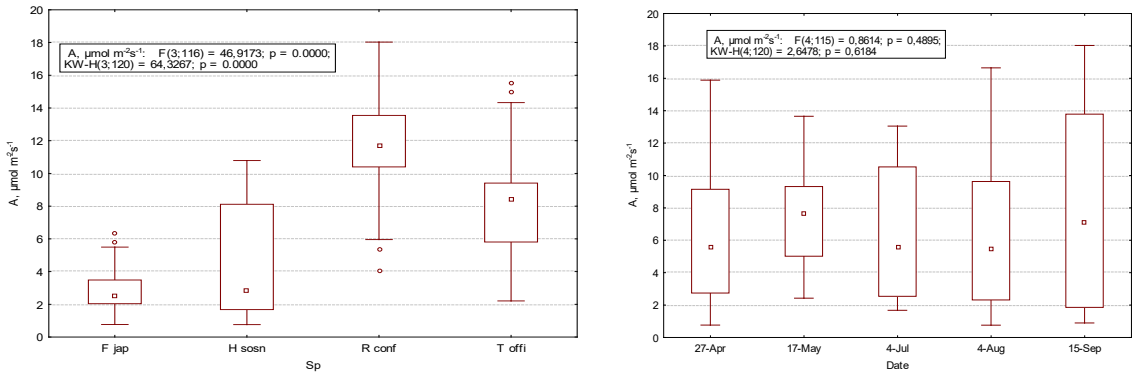


Fig. 2. Box plot of photosynthesis (A) across groups of assessed plant species and growth period. *F jap – Fallopia japonica, H sosn – Heracleum sosnowskyi , R conf – Rumex confertus, T offi –Taraxacum officinale*. F- Fisher test, KW-H - Kruskal–Wallis H nonparametric test of one-way ANOVA. ± SE

2 pav. *Tirtų augalų rūšių fotosintezės (A)sklaidos diagrama augimo periodo metu. F jap – Fallopia japonica, H sosn – Heracleum sosnowskyi , R conf – Rumex confertus, T offi –Taraxacum officinale. F- Fisherio testas, KW-H - Kruskal–Wallis H neparametrinis testas vienfaktorinei ANOVA. ± SE*

The path of CO_2 gain and water vapour loss occur through the stomata. These fluxes being driven by means of the corresponding concentration gradients between of the leaf' inside and outside. The lowest mean photosynthetic activity (A, µmol m^{-2} s^{-1}) determined for *F jap* and *H sosn* that established in shadow habitats differently from highest activity for *R conf* and *T offi* in open habitats.

Similarly to photosynthesis data, scattered rates of transpiration not exhibited substantial seasonal impact during growth season on their changes due to cloudy atmosphere in researched habitats (Fig. 3). Mean TE values the highest was observed in JUL and AUG for *F jap* possibly due to unlimited water content after extremely abundant precipitations. TE rates alternated insignificantly between measurements dates during growing season.

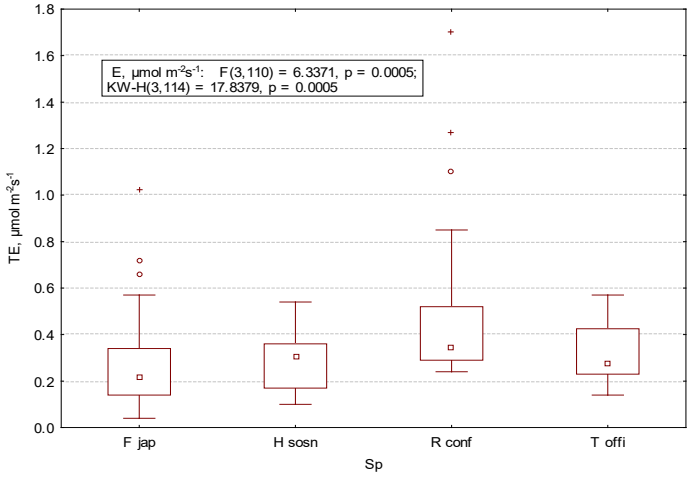


Fig 3. Box plot of transpiration (TE). F jap – Fallopia japonica, H sosn – Heracleum sosnowskyi , R conf – Rumex confertus, T offi –Taraxacum officinale. F- Fisherio testas, KW-H - Kruskal–Wallis H nonparametric test of one-way ANOVA. ± SE

3 pav. *Transpiracijos (TE) sklaidos diagrama. F jap – Fallopia japonica, H sosn – Heracleum sosnowskyi , R conf – Rumex confertus, T offi –Taraxacum officinale. F- Fisherio testas, KW-H - Kruskal–Wallis H neparametrinis testas vienfaktorinei ANOVA. ± SE*

The water-use efficiency (WUE) here expressed by relationship between plant productivity or photosynthesis gain and transpiration. WUE is defined as the amount of assimilated carbon per unit of water used by the assessed species (McMurtrie et al., 2008). Diverse exposure to solar radiation (PAR) impacted species WUE rates in different habitats (Fig. 6). The *R conf* and *T offi* in grass habitat with unlimited light access had most evident gas exchange rates and lower transpiration rates, and thus revealed near two times higher WUE values of 28.31 and 29.96 µmol mol^{-1} than remained species in constant canopy of shrub habitat. Strong correlation between WUE and A (r=0.6) and TE (r=-0.6) confirmed similar but with different vector impact of these parameters on water use efficiency. While temperature (r=-0.3) and precipitation (r=0.1) have weak impact on WUE due to their different effect on A and TE.

Conclusion

In this study has shown that assessed invasive species of different geographical origin have exhibited sufficient photosynthetic rates which have maintenanced by effective water absorption and transport to leaves under conditions of unlimited water supply of temperate climate and thus support their spread in environment of Lithuania. The data exhibited that drivers of carbon gain as a result of photosynthesis activity in relation to water loss during transpiration (T) and water use effectivity at leaf level differently depended on many environment' impacts. The data emphasizes that biotic effects such as photosynthesis and transpiration of invasive species need an energy and water source to stay active and adapt plants to new environment. At the broader level, the plant adaptation also needs an active environment that exchanges the environmental issues and photosynthesis products between atmosphere and invasive plant canopies.

References

1. Baldocchi, D. (2014). Measuring fluxes of trace gases and energy between ecosystems and the atmosphere – the state and future of the eddy covariance method. Glob. Chang. Biol., 20, 3600–3609.
2. Chen, H., Dickinson, R.E., Dai, Y., Zhou, L. (2011). Sensitivity of simulated terrestrial carbon assimilation and canopy transpiration to different stomatal conductance and carbon assimilation schemes. Clim. Dyn. 36, 1037–1054, http://dx.doi.org/10.1007/s00382-010-0741-2.
3. Jasechko, S., Sharp, Z. D., Gibson, J. J., Birks, S. J., Yi, Y., Fawcett, P. J. (2013). Terrestrial water fluxes dominated by transpiration. Nature 496, 347–350, http://dx.doi.org/10.1038/nature11983.
4. Kleidon, A. (2021). What limits photosynthesis? Identifying the thermodynamic constraints of the terrestrial biosphere within the Earth system. Biochimica Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics. 1862(1), 148303. https://doi.org/ 10.1016/ j.bbabio.2020.148303
5. List of Invasive Species in Lithuania. LR Ministry of Environment, (2016). D1-726/2012-09-10. http://www.am.lt (accessed 20. 05.2019.)
6. McMurtrie, R. E., Norby, R. J., Medlyn, B. E., Dewar, R. C., Pepper, D. A., Reich, P. B., et al. (2008). Why is plant-growth response to elevated CO_2 amplified when water is limiting, but reduced when nitrogen is limiting? A growth-optimisation hypothesis**.** Funct Plant Biol, 35 (6), 521–534.
7. Smith, W. K., Berry, Z. C. (2013). Sunflecks? Tree Physiol. 33, 233–237. http://dx.doi.org/10.1093/ treephys/tpt005
8. Wei, Z. W., Yoshimura, K., Wang, L. X., Miralles, D. G., Jasechko, S., Lee, X. H. (2017). Revisiting the contribution of transpiration to global terrestrial evapotranspiration. Geophys. Res. Lett., 44, 2792–2801.

Ligita Baležentienė

Kai kurių invazinių rūšių adaptacinių galimybių vertinimas

Fotosintezė (A) ir transpiracija (TE) reaguoja į užimtos buveinės aplinkos sąlygas, kuriose buvo vertinamos kaip kai kurių invazinių rūšių adaptacijos indikatoriai skirtingose kolonizuotuose buveinėse. Šviesos sąlygos arba fotosintetiškai aktyvi radiacija (PAR) kito tarp 36.00 ir 1083.67 μmol m^{-2} s^{-1} augimo sezono metu atitinkamai meteorologijos sąlygoms ir buveinės tipui. *F. japonica* ir *H. sosnowskyi* įsikūrė ūksmingose krūmų buveinėse su mažiausia PAR reikšme, atitinkamai 58,33 ir 124,70 μmol m^{-2} s^{-1}. *R. confertus* okupavo atviras žolynų buveines, kuriose vidutinis PAR siekė 529.35 μmol m^{-2} s^{-1}. Atitinkamai prieinamam apšviestumui, patikimai (r=0,9, p=0,000…) didžiausia fotosintezės reikšmė 11.60 μmol m^{-2} s^{-1} buvo nustatyta *R. confertus*. Mažiausia vidutinė fotosintezės reikšmė 3,02 ir 4,52 μmol m^{-2} s^{-1} buvo nustatytos *F. japonica* ir *H. sosnowskyi* ūksmingose buveinėse. Fotosintezės reikšmės taip pat priklausė nuo vandens netekimo tranpiracijos metu (TE) lapų lygmenyje. Fotosintezės ir transpiracijos duomenys patvirtino teigiamą tirtų invazinių rūšių sąryšį su aplinkos toleravimu kolonizuotose buveinėse.

Aplinka, fotosintezė, transpiracija, invazinės rūšys.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

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 dist. Lithuania. Phone: +370 37 788 128, 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) 788 128, el. paštas: ligita.balezentiene@vdu.lt

TERPĖSE SU MEDŽIO PLAUŠU AUGINAMŲ AGURKŲ BIOMETRINIŲ PARAMETRŲ PRIKLAUSOMUMAS NUO ELEKTRINIO LAIDUMO

Anželika Barkauskaitė, Lina Marija Butkevičienė, Rita Čepulienė, Lina Skinulienė, Vaida Steponavičienė, Rita Pupalienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Intensyvėjant reguliuojamomis klimato sąlygomis auginamų augalinių produktų vartojimui, intensyvėja ir jų gamyba. Durpių substratas plačiai naudojamas dėl pageidaujamų fizinių, cheminių ir biologinių savybių. Tačiau taip eikvojami durpynai, jų ištekliai mažėja. Medžio plaušas gali būti naudojamas kaip durpių substrato pakaitalas auginant augalus šiltnamiuose, sukūrus jų auginimui tinkamas technologijas. Agurkai buvo auginami durpių substrato ir medienos pluošto auginimo terpėse. Agurkų auginimo terpė ir tręšimas, nuo kurio priklauso elektrinis laidumas terpėje, laikomi svarbiausiais faktoriais, kad reguliuojamo klimato sąlygomis auginami augalai būtų produktyvūs. Elektrinis laidumas auginimo terpėse buvo nustatytas su Delta-T Devices HH2 matuokliu. Agurkų augalo antžeminės dalies masė turėjo tiesinį koreliacinį priklausomumą nuo elektrinio laidumo visose tirtose auginimo terpėse. Medžio plaušo ir durpių substrato mišiniuose 50/50 ir 25/75 augintų agurkų aukščiui, lapų ir žiedų skaičiui elektrinio laidumo didėjimas įtakos neturėjo.

Auginimo terpė, medžio plaušas, elektrinis laidumas.

Įvadas

Žemės ūkis daro didžiulį poveikį aplinkai. Aprūpinti maistu vis didėjantį gyventojų skaičių, tampa vis sunkiau ir prognozuojama, kad iki 2050 m. šis poreikis dar labiau išaugs (Pingali, 2012; Smith et al., 2013). Vienu iš pagrindinių iššūkių tampa dirvožemio išsaugojimas ir jo priežiūra (Tomich et al., 2011). Kaip sprendimo būdas bus vis dažniau pasirenkamos augalų auginimo šiltnamyje technologijos ir augalai auginami substratuose (Raviv, 2013). Intensyvėjant reguliuojamo klimato sąlygomis auginamų augalų produkcijos vartojimui, intensyvėja jos gamyba. Vienos iš populiariausių daržovių auginamos šiltnamiuose, naudojant substratus yra agurkai, pomidorai, paprikos, salotos ir kiti įvairūs žalumynai naudojami maistui (Resh, 2022).

Intensyviai auginant šiltnamio augalus dažnai naudojami gamtiniai ištekliai, pavyzdžiui durpės, kurios svarbios kaip ekosistemos dalis ir formuojasi kelis tūkstančius metų. Durpynai vaidina svarbų ekologinį, ekonominį ir kultūrinį vaidmenį žmonių gerovei visame pasaulyje. Nusausinti durpynai išskiria dujas prisidedančias prie šiltnamio efekto. Iš nusausintų durpynų išskiriamas didesnis anglies dioksido kiekis nei iš mineralinių žemės ūkio paskirties dirvožemių (Verhoeven, Setter, 2010). Didėjant susirūpinimui dėl durpynų naikinimo poveikio aplinkai, augalų auginimui šiltnamiuose pradėtos naudoti pramonėje, buityje ar žemės ūkyje liekančios atliekos (Barrett et al., 2016). Dirvožemio pakaitalai (kitaip žinomi kaip substratai arba auginimo terpės) turi būti lengvai pakeičiami arba panaudojami kaip antrinė žaliava, purūs, turėti tinkamą vandens ir oro talpą bei kitas augalų poreikius atitinkančias fizikines ir chemines savybes (Harjoko et al., 2018; Mariyappillai et al., 2020). Auginimo terpės elektrinis laidumas yra visų druskų jonų, ištirpusių substrato tirpale, matas. Jo vertę apsprendžia keletas veiksnių – pačios terpės medžiaga, jonų koncentracija, drėkinimo vanduo ir išplovimo lygis, atsižvelgiant į pasirinktą drėkinimo būdą (Cavins et al., 2000). Šiltnamiuose naudojami organiniai substratai, tokie kaip pjuvenos, kokoso plaušas, sendinta medžio (dažniausiai pušies) žievė. Plačiai naudojami ir mineraliniai substratai, tokie kaip vulkaninės uolienos, pemza, smėlis bei dirbtinai sukurti – keramzito granulės, mineralinė vata, perlitas, vermikulitas ir t. t. (Kennard et al., 2020; Mariyappillai et al., 2020; Gruda, 2011). Auginant šiltnamio daržoves, uogas, prieskoninius augalus ir gėles, labiausiai paplitusios sintetinės auginimo terpės, tačiau jos nėra ekologiškas substratas, jį reikia utilizuoti. Surasti tinkamą vietą naujiems sąvartynams tampa vis sunkiau ir tai nebepopuliarus sprendimas. Kaip alternatyva sintetiniams ir durpių substratams gali būti naudojama medienos perdirbimo atlieka – medžio plaušas.

Tyrimų metodika

Vegetacinis eksperimentas buvo vykdytas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje, Žemės ir miškų tyrimo jungtinio tyrimų centro kontroliuojamo klimato šiltnamyje 2021 m. nuo birželio 7 d. iki rugpjūčio 29 d. Tyrimui pasirinkti paprastieji trumpavaisiai agurkai (*Cucumis sativus* L.) ankstyva partenokarpinė, hibridinė veislė ‘Dirigent H’, sukurta Olandijoje. Agurkų sodinukai iš sėklų išauginti reguliuojamo klimato kameroje RUMED 1301. Daiginimo kameros oro temperatūra 25 ºC, drėgnumas – 80 %,

paros šviesos integralas 21,2 mol·m^{-2} d^{-1}. Sodinukams leidžiant antrą tikrąjį lapelį iš daiginimo kameros jie perkelti į stiklinį šiltnamį su reguliuojamu klimatu ir po vieną daigą pasodinti į 5 l talpos plastmasinius vegetacinius indus. Viso eksperimento metu vidutinė paros temperatūra šiltnamyje buvo 25 °C, oro drėgnumas – 65 %, paros šviesos integralas –21,8 mol·m^{-2} d^{-1}. Naudojant kapiliarinę laistymo sistemą vanduo buvo tiekiamas kiekvienam augalui. Agurkų auginimo terpėms sudaryti pasiriktos dvi medžiagos: medžio plaušas ir durpių substratas. Medžio plaušas pagamintas kompanijoje Nereta (dukterinė AB Rėkyva įmonė) iš aukštos kokybės medienos atliekų. Durpių substratas pagamintas AB Rėkyva iš aukštapelkių durpių (*Sphagnum*) frakcijos, kurios dalelių dydis <20 mm.

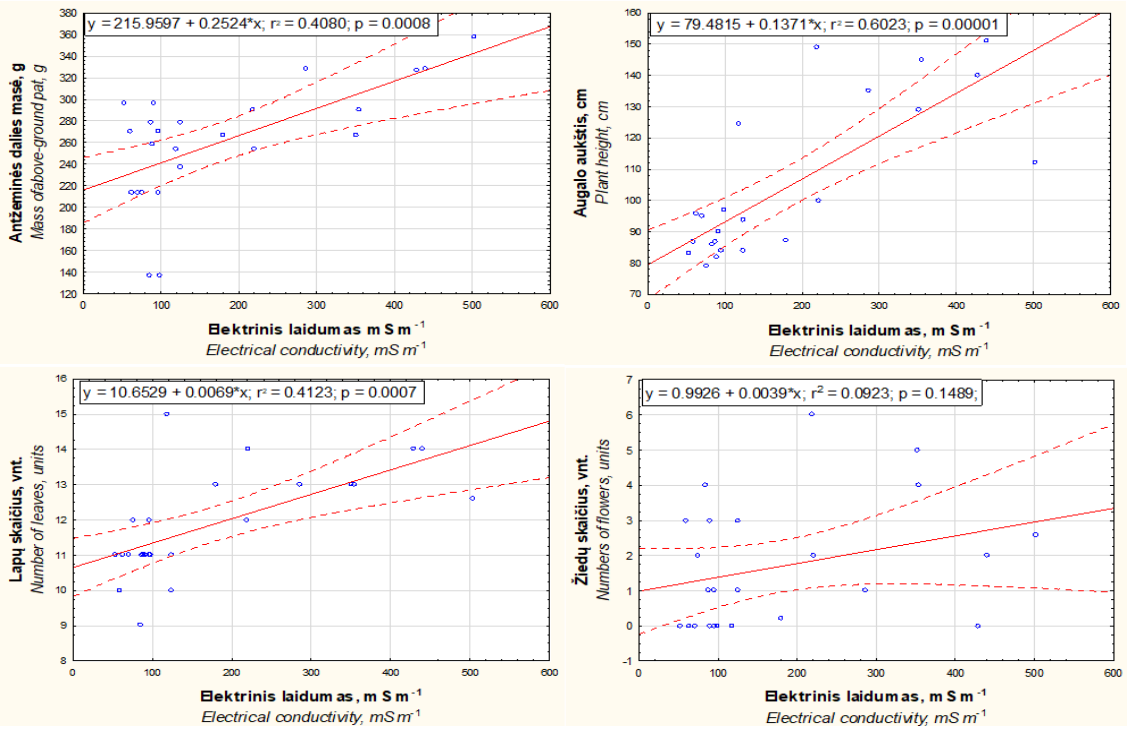
Tirtos keturios auginimo terpės (keturi eksperimento variantai (veiksnys A)): 1) 100 % durpių substratas; 2) 100 % medžio plaušas; 3) 50/50 medžio plaušas ir durpės tūrio santykiu; 4) 25/75 medžio plaušas ir durpės tūrio santykiu. Abu mišiniai iš medžio plaušo ir durpių buvo paruošti prieš pat eksperimento pradžią (AB Rėkyva). Kiekvienas auginimo terpės (substrato) variantas buvo suskirstytas į keturias grupes – keturis tręšimo fonus (veiksnys B): 1) foninis tręšimas (kontrolinis); 2) N13 su papildomu tręšimu; 3) N23 su papildomu tręšimu; 4) N30 su papildomu tręšimu. Eksperimente auginami agurkai buvo tręšiami mineralinėmis trąšomis YaraMila® COMPLEX NPK 12-11-18 su mikroelementais. Papildomas tręšimas azotu buvo pradėtas praėjus 9 dienoms po agurkų persodinimo į auginimo terpes, naudojant vandenyje tirpias kalcio salietros ($Ca(NO_3)_2$) trąšas. Augalai tręšti kartą per savaitę, kad vegetacijos metu gautų eksperimente numatytą papildomą azoto kiekį. Eksperimentas atliktas keturiais pakartojimais.

Augalų biometriniai parametrai nustatyti praėjus 27 dienoms po persodinimo – agurkų žydėjimo ir mezgimo pradžios tarpsniu. Nustatyti kiekvieno augalo biometriniai ir derliaus struktūros elementai – augalo aukštis, lapų ir žiedų skaičius ant augalo, augalo antžeminės dalies masė. Elektrinis laidumas auginimo terpėse buvo nustatytas su Delta-T Devices HH2 Moisture Meter matuokliu kiekviename vegetaciniame inde, 10 cm gylyje.

Koreliacinė–regresinė tyrimų duomenų statistinė analizė atlikta taikant metodą MULTIPLE REGRESSION naudojantis kompiuterine programa STATISTICA 10.

Rezultatai ir aptarimas

Auginamus agurkus tręšiant mineralinėmis trąšomis kito druskų koncentracija auginimo terpėse. Durpių substrate augintų augalų biometriniai parametrai, agurkų žydėjimo ir mezgimo pradžios tarpsniu, priklausė nuo auginimo terpės elektrinio laidumo (1 pav.).

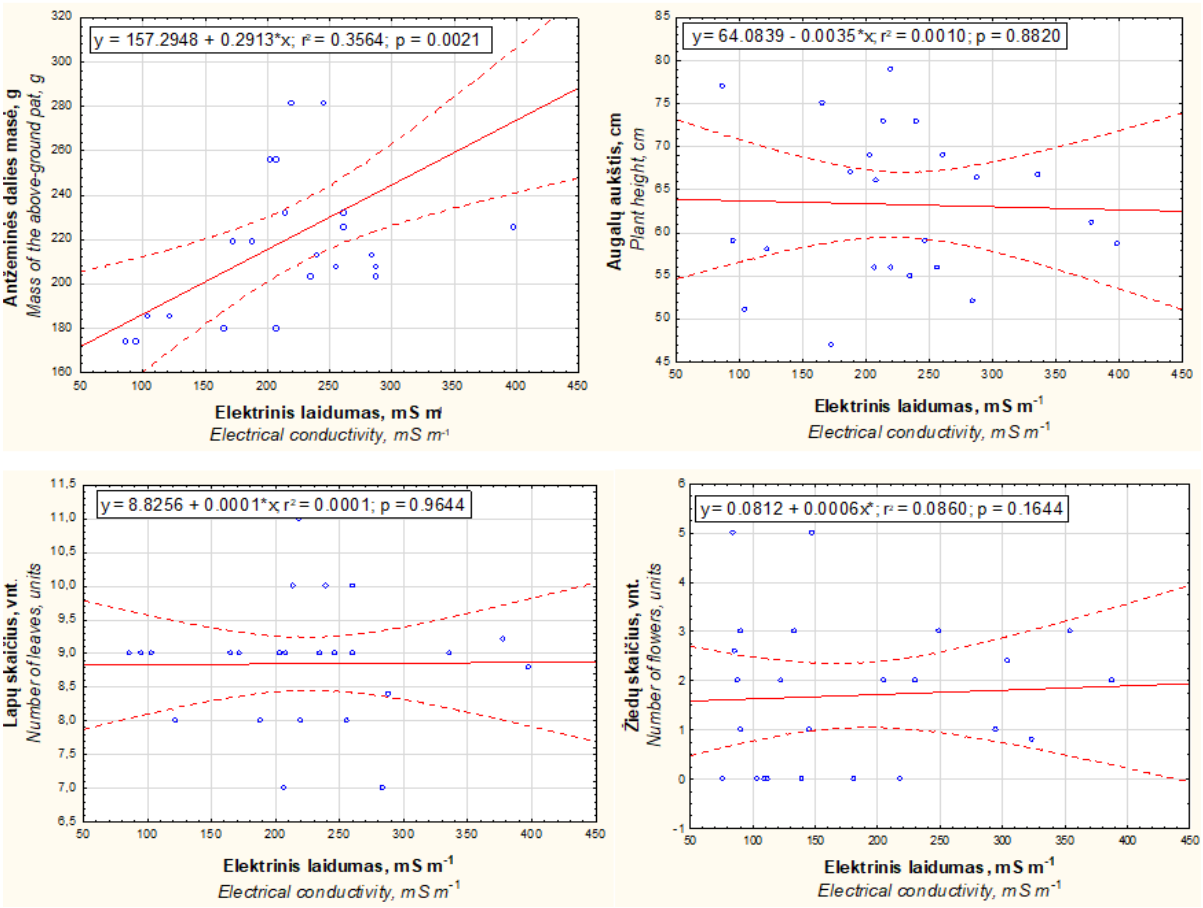


1 pav. Agurkų biometrinių parametrų priklausomumas nuo elektrinio laidumo durpių substrate

Fig. 1. *Dependence of cucumber biometric parameters on electrical conductivity in peat substrate*

Antžeminė žalia masė statistiškai patikimai ($p < 0,01$) priklausė nuo elektrinio laidumo, nustatytas vidutinio stiprumo, teigiamas, tiesinis priklausomumas. Padidėjus elektriniam laidumui 1mS m-1, antžeminė žalia masė padidėjo 0,25 g., augalo aukštis – 0,14 cm, o lapų skaičius – 0,01 vnt. Vertinant augalo aukščio ir lapų skaičiaus koreliacinį regresinį priklausomumą nuo elektrinio laidumo buvo nustatyti stiprūs, tiesiniai ryšiai. Didėjant elektriniam laidumui augalo aukštis ir lapų kiekis ant augalo patikimai ($p < 0,01$) didėjo. Žiedų skaičius taip pat didėjo didėjant terpės elektriniam laidumui, tačiau patikimo koreliacinio ryšio tarp šių rodiklių nenustatyta ($p > 0,05$).

Agurkų žydėjimo ir mezgimo pradžios tarpsniu, medžio plaušo auginimo terpėje elektrinis laidumas buvo mažesnis nei kitose auginimo terpėse dėl azoto imobilizacijos, intensyviai vykstančios medžio plauše šiuo agurkų augimo tarpsniu (2 pav.).

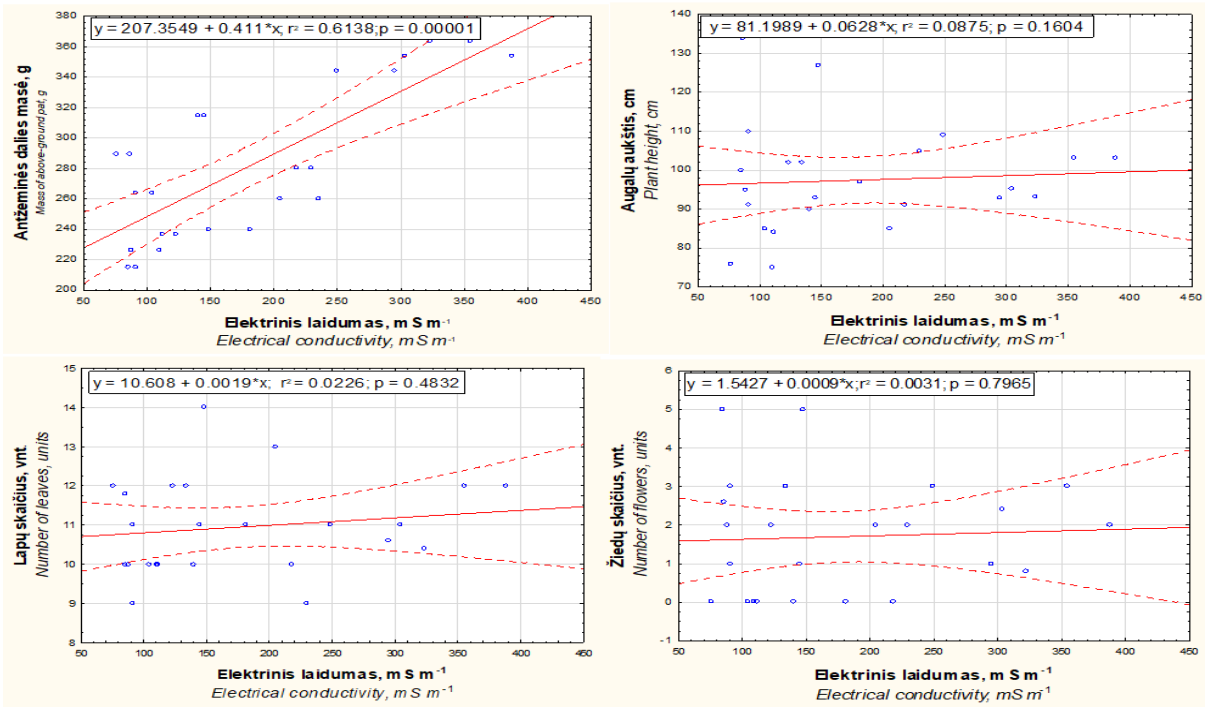


2 pav. Agurkų biometrinių parametrų priklausomumas nuo elektrinio laidumo medžio plauše

Fig. 2. *Dependence of cucumber biometric parameters on electrical conductivity in wood fiber*

Atlikus agurkų augalų, augintų medžio plaušo terpėje, biometrinių rodiklių koreliacinio regresinio priklausomumo nuo elektrinio laidumo vertinimą buvo nustatyta, kad tik agurkų augalo antžeminės dalies masė turėjo patikimą ($p<0,01$) vidutinio stiprumo tiesinį priklausomumą nuo elektrinio laidumo. Elektriniam laidumui medžio plaušo terpėje padidėjus $1m^S\ m^{-1}$, vidutinė augalo antžeminė masė didėjo 0,29 g. Lapų ir žiedų skaičius ant augalo turėjo tendenciją didėti didėjant elektriniam laidumui medžio plaušo terpėje, tačiau šis priklausomumas buvo statistiškai nepatikimas. Agurkų augalų aukštis žydėjimo ir mezgimo pradžios tarpsniu taip pat nepriklausė nuo elektrinio laidumo šioje auginimo terpėje ($p>0,05$).

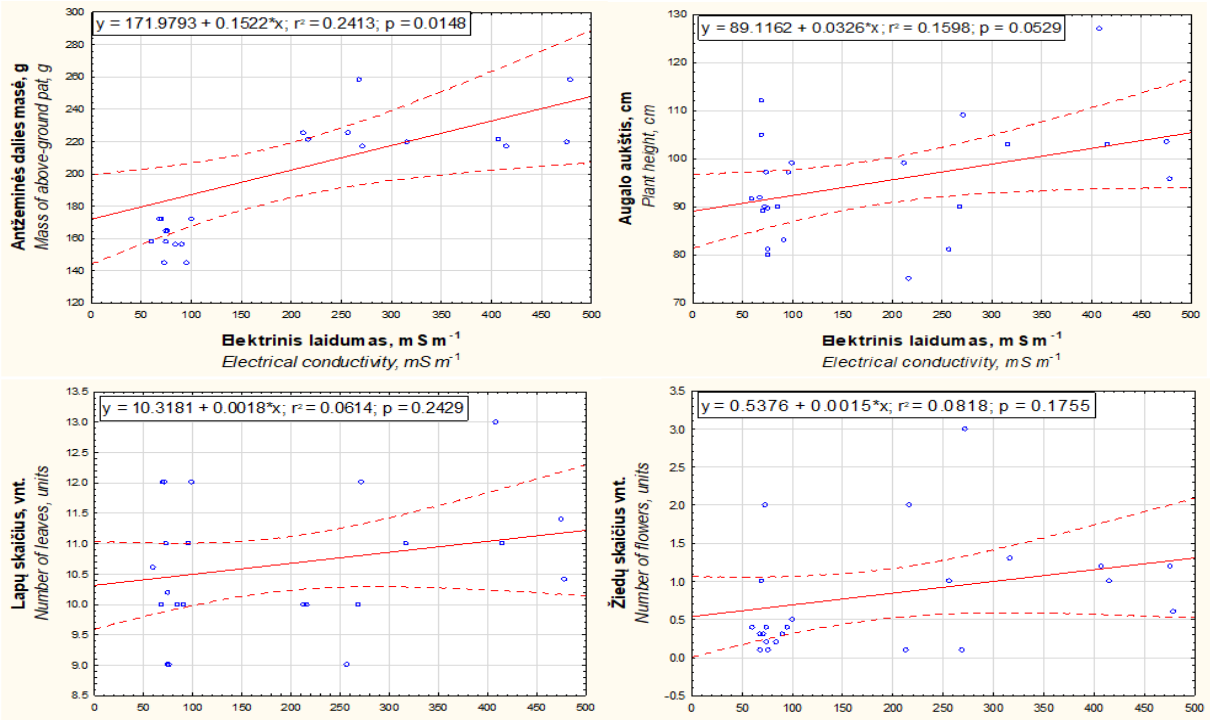
Agurkų auginimo terpėje, sudarytoje iš medžio plaušo 50 proc. ir durpių substrato 50 proc (50/50), azoto imobilizacija agurkų žydėjimo ir mezgimo pradžios tarpsniu buvo mažesnė, nei medžio plaušo terpėje, tačiau turėjo įtakos elektriniam laidumui šioje auginimo terpėje (3 pav.). Medžio plaušo ir durpių substrato mišinyje 50/50 augintų augalų antžeminės dalies masė didėjo didėjant elektriniam laidumai terpėje. Koreliacinės regresinės analizės rezultatai parodė, kad antžeminė augalo masė padidėjo 0,41 g, elektriniam laidumui padidėjus vienu vienetu. Tarp šių parametrų nustatytas stiprus, teigiamas, tiesinis koreliacinis ryšys ($p<0,001$). Vertinant augalų vidutinio aukšto, lapų ir žiedų skaičiaus priklausomumą, koreliacinis ryšys su elektriniu laidumu medžio plaušo ir durpių substrato mišinio 50/50 terpėje, nebuvo nustatytas ($p>0,05$).



3 pav. Agurkų biometrinių parametrų priklausomumas nuo elektrinio laidumo medžio plaušo ir durpių substrato mišinyje 50/50

Fig. 3. *Dependence of cucumber biometric parameters on electrical conductivity in in the 50/50 mixture of wood fibre and peat substrate*

Augalų auginimo terpėje su mažesne medžio plaušo dalimi 25/75, azoto imobilizacija vyko ne taip intensyviai kaip medžio plauše ir medžio plaušo ir durpių substrato mišinyje 50/50, todėl elektrinis laidumas šioje terpėje buvo didesnis. Nustatytas vidutinio stiprumo teigiamas tiesinis koreliasinis regresinis priklausomumas ($p<0,05$) tarp antžeminės žalios augalo masės ir elektrinio laidumo medžio plaušo ir durpių substrato mišinyje 25/75 (4 pav.).



4 pav. Agurkų biometrinių parametrų priklausomumas nuo elektrinio laidumo medžio plaušo ir durpių substrato mišinyje 25/75

Fig. 4. *Dependence of cucumber biometric parameters on electrical conductivity in in the 25/75 mixture of wood fibre and peat substrate*

Auginimo terpės elektrinio laidumo matavimai naudojami atliekant tyrimus Europos bei kitų šalių uždaro grunto šiltnamiuose, auginant daržoves įvairiuose substratuose. Daržovių sėklininkystės tyrimuose mokslininkai nustatė elektrinio laidumo įtaką agurkų (*Cucumis sativus* L.) sėklų mirkymo trukmei, daigumo procentui, daigų aukščiui, šaknų ilgiui, daigų sausai masei, daigų gyvybingumui bei gyvybingumo indeksui, dygimo greičiui ir dygimo greičio indeksui (Shakuntala et al., 2022). Ypatingai svarbu šiltnamio sąlygomis auginant daržoves tobulinti drėkinimo ir tręšimo technologijų valdymą, kad būtų užtikrintas tinkamas augalų aprūpinimas maisto medžiagomis ir patiriami mažesni nuostoliai į paviršinio vandens telkinius (Thompson et al., 2020).

Išvados

1. Agurkų augalo antžeminės dalies masė, augalo aukštis ir lapų skaičius turėjo teigiamą tiesinį koreliacinį regresinį priklausomumą nuo elektrinio laidumo durpių substrate.
2. Medžio plaušo terpėje augintų agurkų antžeminės dalies masė turėjo patikimą ($p<0,01$) vidutinio stiprumo tiesinį priklausomumą nuo elektrinio laidumo. Kitų tirtų biometrinių parametrų dydis nepriklausė nuo elektrinio laidumo medžio plauše.
3. Medžio plaušo ir durpių substrato mišiniuose 50/50 ir 25/75 augintų augalų antžeminės dalies masė turėjo atitinkamai teigiamą stiprų ir vidutinio stiprumo regresinį priklausomumą nuo elektrinio laidumo šiose terpėse. Elektrinio laidumo didėjimas terpėse neturėjo įtakos augalų aukščiui, lapų ir žiedų skaičiui.

Literatūra

1. Barrett, E. G., Alexander, D. P., Robinson, S. J., Bragg, C. N. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review, Scientia Horticulturae, 212, 220–234, doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.030
2. Cavins, T.J., Whipker, B.E., Fonteno, W.C., Harden, B., McCall I., Gibson J.L. (2000). Monitoring and managing pH and EC using the pour thru extraction method. North Carolina, USA: Horticultural Science. 590.
3. Gruda, N. (2011). Current and future perspective of growing media in Europe. In V Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes, 37–43.
4. Harjoko, D., Anggraheny, M. D., Arniputri, R. B. (2018). Study of buffer substrate and Arenga wood fiber size on hydroponic Kailan (Brassica alboglabra). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 142(1), doi 10.1088/1755-1315/142/1/012015
5. Kennard, N., Stirling, R., Prashar, A., Lopez-Capel E. (2020) Evaluation of recycled materials as hydroponic growing media. Agronomy, 10, 1092.
6. Mariyappillai, A., Arumugam, G., Raghavendran, V.B. (2020) The Techniques of Hydroponic System. Acta Scientific Agriculture. 4 (7), 79–84.
7. Pingali, P. L. (2012). Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. Proceedings of the national academy of sciences, 109(31), 12302–12308.
8. Raviv, M. (2013). Composts in growing media: what‘s new and what‘s next? *ISHS Acta Horticulturae 982,* 39–52, doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.982.3
9. Resh, H. M. (2022). Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. CRC press, doi:10.1201/9781003133254
10. Shakuntala, N .M., Kavya, K. P., Macha, S. I., Kurnalliker, V., Pati, M.G. (2022). Studies on standardization of water soaking duration on seed quality in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 9(4): 1400–1404.
11. Smith, L. M., Zhu, L., Lerman, K., & Kozareva, Z. (2013). The role of social media in the discussion of controversial topics. In 2013 International Conference on Social Computing. 236–243.
12. Thompson, R. B., Fernandez-Fernandez, M. D., De Pascale, S., Pardossi, A., Stanghellini, C., Rouphael, Y., Gallardo, M. (2020). Irrigation management of European greenhouse vegetable crops. Agricultural Water Management, 242(1) 106–393. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106393
13. Tomich, T. P., Brodt, S., Ferris, H., Galt, R., Horwath, W. R., Kebreab E., Leveau, J. H. J., Liptzin, D., Lubell, M., Merel, P., Michelmore, R., Rosenstock, T., Scow, K., Six, J., Williams, N., Yang, L. (2011). Agroecology: A Review from a Global-Change Perspective. Annual Review of Environment and Resources 36, 193–222.
14. Verhoeven, J. T. A., Setter, T. A. (2010) Agricultural use of wetlands: opportunities and limitations .Annals of Botany 105: 155–163, doi:10.1093/aob/mcp172

Anželika Barkauskaitė, Lina Marija Butkevičienė, Rita Čepulienė, Lina Skinulienė, Vaida Steponavičienė

Influence of Electrical Conductivity on Cucumber Biometric Parameters in Growing Media with Wood Fibre

As the consumption of climate-controlled crop products increases, so does their production. Peat substrate is widely used for its desirable physical, chemical and biological properties. However, this leads to the depletion of peatlands and a decline in peat resources. Wood fibre can be used as a substitute for peat substrate in greenhouse cultivation if appropriate technologies are developed. Cucumbers have been grown on peat substrate and wood fibre growing media. The growing media and the fertilisation, which determines the electrical conductivity in the media, are the most important factors for the productivity of cucumbers grown in a climate-controlled environment. The electrical conductivity in the growing media was determined with a Delta-T Devices HH2 meter. The weight of the above-ground part of the cucumber plant showed a linear correlation with the electrical conductivity in all the growing media studied. The height, number of leaves and number of flowers of cucumbers grown in 50/50 and 25/75 mixtures of wood fibre and peat substrate were not affected by the increase of electrical conductivity.

Growing media, wood fibre, electrical conductivity.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Anželika BARKAUSKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 752 317, el. paštas: andzelika.barkauskaite@vdu.lt
Lina Marija BUTKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 752 317, el. paštas: lina.butkeviciene@vdu.lt
Rita ČEPULIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros lektorė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 23 33, el. paštas: rita.cepuline@vdu.lt
Lina SKINULIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros j. mokslo darbuotoja. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 752 333, el. paštas: lina.skinuliene@vdu.lt
Vaida STEPONAVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros mokslo darbuotoja. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r., Tel. (8 37) 752 333, el. paštas: vaida.steponavičiene@vdu.lt
Anželika BARKAUSKAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and soil science, mag. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752333, e-mail: andzelika.barkauskaite @vdu.lt
Lina Marija BUTKEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and soil science, assoc. prof. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752 317, e-mail: lina.butkeviciene@vdu.lt
Rita ČEPULIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and soil science, lect. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752 317, e-mail: rita.cepuline@vdu.lt
Lina SKINULIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and soil science, j. researcher. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752 333, e-mail: lina.skinuliene@vdu.lt
Vaida STEPONAVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and soil science, researcher. Address: Studentų str. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752 333, e-mail: vaida.steponaviciene@vdu.lt

JAVŲ STIEBALŪŽĖS (*OCULIMACULA YALLUNDAE, OCULIMACULA ACUFORMIS*) KONTROLĖ TAIKANT SKIRTINGĄ ŽEMĖS DIRBIMĄ IR BIOSTIMULIATORIUS

Pijus Bardauskas, Lina Marija Butkevičienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė, Vaida Steponavičienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Stiebinių paslėptastraublių plitimas priklauso nuo pirminių medžiagų kiekio ir aplinkos sąlygų, ypač temperatūros ir drėgmės, o šių ligų sukėlėjų šeimininkai yra labai įvairūs, įskaitant javus ir žoles (Lucas et al., 2000). Šio tyrimo tikslas buvo nustatyti, ar įmanoma kontroliuoti javų stiebalūžę žieminių ir vasarinių kviečių pasėliuose natūraliomis priemonėmis, taikant skirtingus žemės dirbimo būdus ir naudojant biostimuliatorius. Pateikiami 2019–2020 m. atlikto dviejų veiksnių lauko eksperimento rezultatai žieminiuose kviečiuose 'Skagen' ir vasariniuose kviečiuose 'Wicki'. Dirvožemio biostimuliatoriai ir dirvožemio biostimuliatorių mišiniai buvo naudojami taikant skirtingas žemės dirbimo technologijas. Dirvos dirbimo technologija turėjo reikšmingos įtakos javų stiebinių paslėptastraublių paplitimui. Abiem eksperimento metais liga buvo mažiau paplitusi ir mažiau intensyvi kviečių pasėlyje, kai buvo taikomas neariminis žemės dirbimas ir baltosios garstyčios. Biostimuliatorių naudojimas, ypač mišiniuose, sumažino šiaudų dryžligės paplitimą ir intensyvumą, palyginti su papildomo azoto naudojimu. Naudojant vienkartines trąšas teigiamo poveikio nepastebėta, o tai buvo panašu į tą, kuris pastebėtas naudojant mineralinį aktyvumą skatinančias azoto trąšas

Žemės dirbimo sistemos, tiesioginė sėja, biostimuliatoriai.

Įvadas

Beatodairiškas pesticidų naudojimas ne tik užteršia aplinką bet gausėja atsparių augalų ligų sukėlėjų. Todėl būtina diegti tvarias technologines naujoves, galinčias užtikrinti žemės ūkio gamybos sistemų tvarumą. Mokslininkai ieško alternatyvų cheminiams fungicidams visose žemės ūkio srityse, auginant augalus kontroliuojamos sąlygomis ir lauko gamyboje (Olivares et al., 2017; van Oosten, 2017). Biostimuliantai – natūralios kilmės produktas, orientuotas į specifinius agrotechnikos poreikius, kad pagerintų augalų produktyvumą, efektyviai apsaugotų augalus nuo infekcijų (Vanajothi et al., 2022). Tvariam žemės ūkiui vystyti vis dažniau pasirenkami ekologiškų biotechnologijų metodai, iššūkiai ir praktirtis naudojant biostimuliatorius, gautus iš naudingų mikroorganizmų (Inamuddin et al., 2022). Švelnios žiemos, žemės įšalo nebuvimas – labai palankios sąlygos javuose išplisti grybinėms ligoms, ypač pašaknio. Javų stiebalūžė (O. *yallundae*, O. *acuformis*), tai augalų stiebo pamato liga, dažna vidutinio klimato šalyse visame pasaulyje. Prancuzų mokslininkai nustatė, kad nuo 2000-ųjų pradžios buvo aptikti keli O. *yallundae* sukėlėjai, pasižymintys atsparumu daugeliui fungicidų (Leroux et al., 2012). Šią ligą sukeliančios rūšys yra pernešamos dirvožemyje, o užkrečiama apatiniuose augalų stiebuose, todėl stiebai lūžta, išgula ir sumažėja derlius (Lucas et al., 2000; Murray, 2010). Ligą sukelia du grybai – *Oculimacula yallundae* vadinamas W-tipas, ir *Oculimacula acuformis* – R-tipas. W-tipo, arba kvietinis, stiebalūžės sukėlėjas dažniausiai pažeidžia kviečius, mažiau pavojingas miežiams ir rugiams, o R-tipo, arba ruginis, stiebalūžės sukėlėjas vienodai žalingas ir kviečiams, ir rugiams, ir miežiams. Nors mokslininkai pastebi, kad pažeidimų daugiau užfiksuota kviečių laukuose, o miežiai buvo žymiai mažiau užkrėsti. O. *yallundae* ir O. *acuformis* daugiau užrėtimo atviejų nustatyta kviečius auginant monopasėliuose, palyginus su pasėliais, kuriuose taikoma augalų kaita (Gargouri et al., 2014; Gargouri et al., 2022). Stiebalūžės paplitimas priklauso nuo pirminio inokuliato kiekio ir aplinkos sąlygų, ypač temperatūros ir drėgmės, be to šie patogenai turi platų šeimininkų spektrą, įskaitant javus ir žoles (Lucas et al., 2000).

Tyrimo tikslas – nustatyti, ar galima natūraliomis priemonėmis, taikant skirtingą žemės dirbimo technologiją ir naudojant biostimuliatorius, kontroliuoti javų stiebalūžės plitimą žieminių ir vasarinių kviečių pasėliuose.

Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas buvo atliekamas nuo 2017 iki 2022 metų. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos bandymų stotyje. Bandymų dirvožemis IDg8-k (LVg-p-w-cc) – karbonatingas sekliai glėjiškas išplautžemis (Calc(ar)i-Epihypogleyic Luvisol). Dirvožemio terpė artima neautraliai pH 6,0–6,7, didelio ir labai

didelio fosforingumo vidutiniškai 285,8 mg kg^{-1}, bei didelio kalingumo – 240,0 mg kg^{-1}, bendras azotas (Nbendras) – nuo 0,110 iki 0,009 %.

Rezultatai pateikiami 2019–2020 m., atlikto dviejų veiksnių lauko eksperimento žieminių kviečių ‘Skagen‘ ir vasarinių kviečių ‘Wicki‘ pasėliuose. Naudojami dirvožemio biostimuliatoriai. ir jų mišiniai taikant skirtingas žemės dirbimo technologijas. Laukeliai yra vienodo dydžio – 60 m^2, išdėstyti pakarojimuose rendomizuotai. Pasėlis suskirstytas į keturis pakartojimus.

Bandymo variantai:

Veiksnys A: žemės dirbimo technologija:

1. Be žemės dirbimo;
2. Beariminis žemės dirbimas.

Veiksnys B: augalinių liekanų irimą skatinančios ir dirvožemio derlingumą gerinančios bei palaikančios priemonės biostimuliatoriai ir jų mišiniai:

1. Kompensacinis azotas 8 kg t šiaudų, be biologinių preparatų;
2. Ruinex 1l ha;
3. Penergetic k 0,2 l ha;
4. Azofix 1 l ha;
5. Ruinex 1l ha+ Penergetic k 0,2 l ha;
6. Ruinex 1l ha + Azofix 0,5 l ha;
7. Penergetic k 0,2 l ha Azofix 1 l ha;
8. Ruinex 1l ha+ Penergetic k 0,2 l ha Azofix 0,5 l ha.

Vykdant eksperimentą naudoti šie dirvožemio biostimuliatoriai:

Kompensacinis azotas šiaudų mineralizacijai paskatinti (8 kg t šiaudų);

Vykdant eksperimentą naudoti šie biologiniai preparatai:

Ruinex – biologinis preparatas skirtas suaktyvinti augalinių liekanų skaidymąsi ir mineralizaciją. Preparato sudėtyje yra grybas Trichoderma sp., kuris turi antibakterinį poveikį, išskiria antibiotines medžiagas apsaugančias augalus nuo patogenų, mažina jų aktyvumą. Preparas praturtintas fitohormonais, kurie patekę į augalą reguliuoja ląstelės procesus, stimuliuoja augalų augimą ir vystymąsi.

Penergetic k – gerina augalinių liekanų mineralizaciją ir humifikacijos procesus, palaiko natūralų dirvos derlingumą. Norint pagreitinti šiaudų mineralizaciją galima preparatą naudoti komplekse su azobakteriniais preparatais. Toks derinys skatina šiaudų destrukciją ir transformaciją į sudėtingesnius junginius. Preparatą Penergetic k taip pat galima naudoti komposto ir mėšlo aerobinių procesų skatinimui, bei maisto medžiagų išsiplovimo mažinimui. Naudojamas preparatas komposto ir mėšlo laikymo vietose, taip pat rekomenduojama naudoti tvartuose po kiekvieno kreikimo.

Azofix – preparato sudėtyje esančios Azotobacter sp. bakterijos, skaidydamos organinę medžiagą fiksuoja atmosferos azotą ir padaro prieinamą augalams, didina azoto kiekį dirvožemyje, bei gerina jo struktūrą.

Lauko eksperimento įrengimas. 2019 m. auginti žieminiai kviečiai ‘Skagen’, 2020 m. – vasariniai kviečiai ‘Wicki‘. Po javų pjūties šiaudai visame bandymo plote susmulkinti ir paskleisti ražienoje. Pagal bandymo schemą ražienos buvo nupurkšta skirtingais dirvožemio biostimuliatoriais ir jų mišiniais. Pusėje eksperimento, (esant apsiniaukusiam orui) augalinės liekanos 1 valandos bėgyje įterptos 5–7 cm gyliu į dirvą, diskiniu skutikliu Cartier CR 300 (Vaderstad) (be žemės dirbimo technologija). Kita dalis paliekama nedirbta (be žemės dirbimo technologija).

Be žemės dirbimo technologijos pasėlyje, po žieminių javų pjūties (2019 08 10) buvo pasėta baltoji garstyčia 18 kg ha^{-1}. Beariminės technologijos pasėlis sulėkščiuotas 5–7 cm gyliu, (lėkščiuota 2 k.) Baltosios garstyčios pasėlis buvo paliktas peržiemojimui.

2020 m. prieš vasarinių kviečių sėją, beariminės žemės dirbimo technologijos dirva dar kartą sulėkščiuota ir tręšta kompleksinėmis trąšomis N16P16K16, 270 kg ha^{-1}. Pasėti vasariniai kviečiai ‘Wicki‘, 320 kg ha^{-1}, 4–5 cm gyliu; sėkla nebeicuota. Vegetacijos pradžioje 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.

Meteorologinės sąlygos. 2018 m. balandžio mėnesį, rugsėjo, spalio ir lapkričio mėnesių orai buvo artimi daugiamečiams vidurkiams. Žiemos mėnesiai 2019 m. buvo šiltesni, lyginant su daugiamete temperatūra, o kritulių, išskyrus vasario mėnesį, buvo daugiau, nei daugiametis vidurkis. Galima teigti, kad sąlygos žieminiams kviečiams peržiemoti buvo tinkamos. Pavasario oro temperatūros buvo artimos daugiamečiams

vidurkiams, tačiau trūko kritulių, ypač gegužės mėnesį. Birželio mėnesį buvo pakankamai šilta, mėnesio vidutinė temperatūra buvo 3,72 ºC aukštesnė, negu daugiametė temperatūra. Per šį mėnesį kritulių iškrito 27,50 mm mažiau nei daugiametė kritulių suma. Liepos mėnuo taip pat buvo sausas. 2020 m. pavasario oro temperatūros atitiko daugiamečius vidurkius, bet kritulių iškrito tik 4,0 mm – 10 kartų mažiau lyginant su šio sezono daugiamečiu vidurkiu – 41 mm. Pasėti vasariniai kviečiai dygo labai sunkiai, pirmieji daigai pasirodė tik po mėnesio. Gegužės mėn. oro temperatūra buvo 3 ºC žemesnė negu daugiametis vidurkis, tačiau kritulių iškrito 1,3 karto daugiau. Liepos mėn. pabaigoje ir rugpjūčio mėn. buvo palankios sąlygos javapjūtei.

Ligų apskaita buvo atlikta prieš javų derliaus nuėmimą (BBCH 84–86). Įvairiose laukelio vietose išraunama 30 augalų ir nustatomas sveikų ir pažeistų augalų kiekis, perskaičiuojamas į procentus. Ligų intensyvumas vertinamas balais pagal specialias skales, paskaičiuojamas ligų intensyvumo indeksas LPI (Dabkevičius, Brazauskienė, 2007).

Rezultatai ir aptarimas

2019 m. prieš derliaus nuėmimą buvo pažeista nuo 13,3 iki 43,3 proc. kviečių stiebų be žemės dirbimo technologijos pasėliuose ir nuo 23,3 iki 36,3 proc. – beariminio žemės dirbimo (1 lentelė). Ligos intensyvumas nesiekė 1 abiejų fonų pasėliuose. Pasėliuose be žemės dirbimo panaudojus R ir P rasta pažeistų stiebų daugiau, palyginus su azoto trąšų naudojimu, tačiau skirtumai nereikšmingi. Panaudojus A ir preparatų mišinius stiebalūžės išplitimas buvo esmingai mažesnis nuo 1,6 iki 2,8 kartų. Pasėliuose su beariminiu žemės dirbimu esminis 35,4 proc. šios ligos plitimo sumažėjimas nustatytas naudojant preparatų mišinius P+A ir R+P+A, palyginus su kompensaciniu azotu šiaudų irimui paskatinti.

1 lentelė. Žemės dirbimo technologijos ir rizikas mažinančių biologinių produktų įtaka stiebalūžės (*Oculimacula yallundae, acuformis*) paplitimui žieminių kviečių pasėliuose

Tiriamos priemonės/ Measures to be investigated	**Be žemės dirbimo/ No-till**			
	BBCH 48–50			
	2019 m		**2020 m**	
	Pažeista stiebų/ Affected stems %	LPI	Pažeista stiebų/ Affected stems %	LPI
N8	36,7a	0,45a	28,3a	0,0 5a
R	43,3a	0,65ab	31,7a	0,05a
P	38,3ab	0,60b	20.0b	0,06a
A	23,3bc	0,28b	26.7a	0,08a
R+P	18,3cd	0,25b	30.0a	0,05a
R + A	13,3d	0,33b	23.3ab	0,03a
P + A	18,3cd	0,25b	10.0b	0,02a
R+ P+A	21,6bcd	0,25b	23.3ab	0,05a
Beariminis žemės dirbimas/ Reduced tillage				
N8	36,7abc	0,53b	58,3*	0,33a*
R	30,0ab*	0,40a*	50,0*	0,24b*
P	23,3bc*	0,30b*	30,0	0,20b*
A	28,3cd	0,61b*	58,3*	0,26ab*
R+P	30,0bcd*	0,75a*	45,0	0,25b*
R + A	28,3ab*	0,58b*	43,3*	0,24b*
P + A	23,7d	0,38c*	45,0*	0,20b*
R+ P+A	23,7d	0,31c	55,0*	0,22b*

Pastaba: K – kontrolė be biologinių priemonių; N8 – kompensacinis azotas 8 kg t šiaudų; R – Ruinex 1,0 l ha^{-1}; P – Penergetic k 0,2 l ha^{-1}; A – Azofix 1 l ha; $R+P^{-1}$ – Ruinex 1,0 l ha^{-1} + Penergetic k 0,1 l ha^{-1} $R+P^{-2}$ – Ruinex 1,0 l ha^{-1} + Penergetic k 0,2 l ha^{-1}; R+A – Ruinex l,0 ha^{-1} + Azofix 1,0 l ha^{-1}; R+P+B – Ruinex 1,0 l ha^{-1}+Bacto C 1,0 l ha^{-1} + Penergetic k 0,1 l ha^{-1}.
Eksperimento vidurkiai pažymėti skirtingomis raidėmis (a, b, c...), žymi naudotų priemonių (biologinių preparatų ir jų mišinių esminę įtaką, pažymėti žvaigždute (*) – žemės dirbimo technologijos esminę įtaką, P<0,05.

Note: K - control without biological measures; N8 - compensatory nitrogen 8 kg t straw; R - Ruinex 1.0 l ha^{-1}; P - Penergetic k 0.2 l ha^{-1}; A - Azofix 1 l ha; $R+P^{-1}$ - Ruinex 1.0 l ha^{-1} + Penergetic k 0.1 l ha^{-1}; $R+P^{-2}$ - Ruinex 1.0 l ha^{-1} + Penergetic k 0.2 l ha^{-1}; R+A - Ruinex 1.0 ha^{-1} + Azofix 1.0 l ha^{-1}; R+P+B - Ruinex 1.0 l ha^{-1} + Bacto C 1.0 l ha^{-1} + Penergetic k 0.1 l ha^{-1}.
Experimental means marked with different letters (a, b, c...) denote the significant influence of the inputs used (biologicals and their mixtures), those marked with an asterisk (*) denote the significant influence of the tillage technology, P<0,05.

2020 m. vasarinių kviečių pasėlyje stiebalūžė gausiai neišplito, nors prieš derliaus nuėmimą buvo pažeista nuo 10,0 iki 58,3 proc. stiebų, tačiau ligos intensyvumas (LPI) nesiekė 1 abiejų fonų pasėliuose (2 lentelė). Taikant be žemės dirbimo technologiją kviečių stiebai buvo pažeisti esmingai 1,9 karto mažiau palyginus su beariminės žemės dirbimo pasėliu. Įtakos galėjo turėti, ne tik žemės dirbimas, bet ir po priešsėlio pjūties pasėtas baltosios garstyčios tarpinis pasėlis. Po biostimuliatoriaus Penergetic k naudojimo, esmingai sumažėjo stiebalūžės abiejų fonų pasėliuose, bet LPI esmingai nesiskyrė. Be žemės dirbimo pasėlyje stiebalūžės pažeidimų buvo mažiau biostimuliatorių mišiniais apdorotuose pasėliuose, ypač ryškus sumažėjimas nustatytas nupurškus mišiniu P+A. Beariminio žemės dirbimo technologijos pasėliuose, taip pat nustatyta mažiau pažeistų augalų nupurškus dviejų preparatų mišiniais: R+P, R+A ir P+A. Panaudojus visų trijų preparatų mišinį R+P+A esminio sumažėjimo nenustatyta. LPI didžiausias buvo naudojant azotą šiaudų mineralizacijai paskatinti.

Apibendrinus dvejų metų rezultatus galima teigti, kad eksperimente naudotos biologinės priemonės ir jų mišiniai turi teigiamos įtakos ligų plitimo prevencijai. Biologinių preparatų mišiniai stabdė stiebalūžės plitimą javų pasėliuose. Geresnis jų poveikis buvo be žemės dirbimo vasarinių kviečių pasėliuose, bet manoma, kad įtakos turėjo ir baltosios garstyčios tarpinis pasėlis. *Penergetic* k. teigiama įtaka stiebalūžės plitimui 2019 m. nustatyta tik beariminio žemės dirbimo fone, o 2020 m. – abiejų fonų pasėliuose. B. *Cwalina-Ambroziak* (2021) su mokslininkų kolektyvu tręšimą naudojo komplekse su biostimuliatoriais spelta kviečių pasėlyje. Jie nustatė, kad biologinių priemonių naudojimas komplekse, gali būti ne tik prevencinė priemonė, mažinanti patogenų plitimą, bet kai kurių sukėlėjų paplitimą didino. Kombinacija biostimuliatorių su tręšimu nežymiai stimuliavo rudųjų rūdžių (*Puccinia triticina*) vystymąsi. ir stabdė jų augimą, o *Fusarium* mikotoksinų kiekiui speltos grūduose buvo dviprasmiška.

Išvados

1. Žemės dirbimo technologija turėjo reikšmingą įtaką javų stiebalūžės paplitimui. Abiem eksperimento vykdymo metais kviečių pasėliuose liga išplito mažiau ir jos intensyvumas buvo mažesnis be žemės dirbimo ir auginant baltųjų garstyčių tarpinį pasėlį.
2. Biostimuliatorių naudojimas, ypač jų mišinių, mažino stiebalūžė išplitimą ir jos intensyvumą palyginus su papildomo azoto naudojimu, Pavienių preparatų teigiama įtaka nenustatyta, ji buvo panaši kaip ir naudojant azoto trąšas mineralizacijai paskatinti.

Literatūra

1. Cwalina-Ambroziak, B.; Stępień, A.; Waśkiewicz, A.; Grzywińska-Rąpca, M. (2021). The Effect of Foliar Fertilization with Micronutrients on Disease Severity and Mycotoxin Concentrations in the Grain of Winter Spelt (Triticum aestivum spp. spelta L.): A Case Study. Agronomy, 11(4), 678; https://doi.org/10.3390/agronomy11040678
2. Gargouri, S.; Bouatrous, A.; Murray, T. D.; Paulitz, T. C.; Khemir, E.; Souissi, A.; Chekali, S.; Burgess L. W. (2022). Occurrence of eyespot of cereals in Tunisia and identification of Oculimacula species and mating types. Canadian Journal of Plant Pathology, Volume 44, No. 3, p. 345–353. https://doi.org/10.1080/07060661.2021.1995501
3. Gargouri S., Bouatrous A., Debchi R., Fakhfakh M. (2014). Confirmation of Oculimacula yalundae causing eyespot of cereals in Tunisia. New Dis Rep. 29(1):10. Doi: https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2014.029.010
4. Inamuddin, I.; Adetunji, Ch. O.; Ahamed, M. I.; Altalhi, T. (2022). Microbial Biostimulants for Sustainable Agriculture and Environmental Bioremediation. P. 181. eBook ISBN9781003187622. https://doi.org/10.1201/9781003187622
5. Leroux, P.; Gredt, M.; Remuson, F.; Micoud, A.; Walker A. S. (2012). Fungicide resistance status in French populations of the wheat eyespot fungi Oculimacula acuformis and Oculimacula yallundae. Pest Management Science. Review. https://doi.org/10.1002/ps.3408
6. Lucas J. A., Dyer P. S., Murray T. D. (2000). Pathogenicity, host specificity, and population biology of Tapesias pp., causal agents of eyespot disease of cereals. Adv Bot Res. 33:225–258. https://doi.org/10.1016/S0065-2296(00)33044-0
7. Murray T. D. (2010). Eyespot (strawbreaker foot rot). In: Bockus WW, Bowden RL, Hunger RM, Murray TD, Smiley RW, Morrill W, editors. Compendium of wheat diseases and insects. 3rd ed. St. Paul (MN): APS Press; p. 32–34.
8. Olivares F. L., Busato J. G., De Paula A. M., Lima L. S., Aguiar N. O., Canellas L. P. (2017). Plant growth promoting bacteria and humic substances: crop promotion and mechanisms of action. Chem Biol Technol Agric. 4:30. https://doi.org/10.1186/s40538-017-0112-x.

9. Van Oosten M. J., Pepe O., de Pascale S., Silletti S., Maggio A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. Chem Biol Technol Agric. 4:5. https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5.
10. Vanajothi, R.; Bhavaniramya, S.; Vishnupriya, S. (2022). Chapter 1 – Exploring the biostimulants in plant science. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. Sustainable Agriculture: Revitalization through Organic Products. P. 1–25, https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85579-2.00008-3

Pijus Bardauskas, Lina Marija Butkevičienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė, Vaida Steponavičienė

Control of Cereal Stem Borer (*Oculimacula yallundae, Oculimacula acuformis*) Using Different Tillage and Biostimulants

The spread of stem borers is dependent on the amount of primary materials and environmental conditions, especially temperature and humidity, and these pathogens have a wide range of hosts, including cereals and grasses (Lucas et al., 2000). The aim of this study was to determine whether it is possible to control cereal stem borer in winter and spring wheat crops by natural means through different tillage practices and the use of biostimulants. The results are presented from a two-factorial field experiment carried out in 2019–2020 in winter wheat 'Skagen' and spring wheat 'Wicki'. Soil biostimulants and mixtures of soil biostimulants were used with different tillage techniques. Tillage technology had a significant influence on the incidence of cereal stem borers. In both years of the experiment, the disease was less prevalent and less intense in the wheat crop in the case of non-arable tillage and white mustard. The use of biostimulants, especially in mixtures, reduced the incidence and intensity of straw streak compared to the use of supplementary nitrogen. No beneficial effect was observed with single applications, which was similar to that observed with nitrogen fertilizers that promote mineralogical activity.

Tillage systems, no-till, biostimulants.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Pijus BARDAUSKAS. 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 r. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: pijus.bardauskas@stud.vdu.lt.
Pijus BARDAUSKAS. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agronomy graduate student of Bachelor (BSc). Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: (8 37) 75 22 33, e-mail: pijus.bardauskas@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 r. 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: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr., Lithuania. Phone: (+370 37) 75 22 29, e-mail: lina.butkeviciene@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 r. 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: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr., Lithuania. Phone: (+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 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. Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr., Lithuania. Phone: (+370 37) 75 22 11, e-mail: lina.skinuliene@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. Address: Studentu str. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr., Lithuania. Phone: (+370 37) 75 22 11, e-mail: vaida.steponaviciene@vdu.lt

ORGANINIŲ MULČIŲ ĮTAKA PIKTŽOLIŲ SĖKLŲ KIEKIUI VALGOMOSIOS MORKOS PASĖLYJE

Karolina Jackevičienė, Alfredas Sinkevičius, Darija Jodaugienė, Aušra Sinkevičienė, Vaclovas Bogužas

Vytauto Didžiojo universitetas

Žemės ūkyje labai svarbu mažiau naudoti pesticidų, cheminių priemonių, išsaugoti natūralią gamtą, ekologiškai ūkininkauti. (Kassam, Brammer, 2012). Kaip alternatyvi piktžolių kontrolės priemonė, atsisakant pesticidų, yra dirvos paviršiaus mulčiavimas. Tyrimai atlikti Algirdo Jackevičiaus ūkyje, Vilkaviškio rajone Giedrių kaime. Eksperimento lauko dirvožemio humusingumas – 5,85 proc., pHKCl 6,70 – neutralus. Tyrimo objektas: valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.) pasėlis, mulčiuotas skirtingais organiniais mulčiais. Tyrimo tikslas – įvertinti skirtingų organinių mulčių įtaką piktžolių sėklų kiekiui dirvožemyje. Eksperimento variantai: 1) nemulčiuota (NE); 2) durpės (DP); 3) žolė (ŽO); 4) šiaudai (ŠD). Eksperimentas įrengtas 3 pakartojimais, iš viso 12 laukelių. Laukelių dydis: pradinis – 18 m^2 (3×6 m). Visuose eksperimento laukeliuose mulčiai buvo padengti 7 cm storio sluoksniu.

Tiriamuoju laikotarpiu visi organiniai mulčiai tirtuose dirvožemio sluoksniuose mažino trumpaamžių ir bendrą piktžolių sėklų skaičių. Tik viršutiniame (0–10 cm) dirvožemio sluoksnyje žole mulčiuotuose laukeliuose vyravo daugiamečių piktžolių sėklos.

Valgomoji morka, organiniai mulčiai, piktžolių sėklos.

Įvadas

Vis labiau kalbama apie ekologiją, natūralios gamtos išsaugojimą, pesticidų bei kitų cheminių priemonių mažinimą žemės ūkio srityje (Kassam, Brammer, 2012). Klimato kaitos poveikio pasekmės pasaulyje skatina skubiai įvertinti prisitaikymo galimybes žemės ūkyje (Howden et al., 2007). Žemdirbystėje tikslas tampa užauginti kuo didesnį derlių, teršiant mažiau gamtą (Vilkienė ir kt., 2018). Kaip alternatyvi piktžolių kontrolės priemonė, atsisakant pesticidų, yra dirvos paviršiaus mulčiavimas. Mulčiavimas – tai dirvos viršutinio sluoksnio padengimas įvairiomis medžiagomis: pjuvenomis, durpėmis, žolėmis, lapais ar kt. (Sinkevičienė, 2011). Tai ekologiškas būdas naudoti pasėlių likučius ir žemės ūkio atliekas (Singh and Singh, 2012). Augalų liekanomis padengtas dirvos paviršius, sumažina piktžolių dygimą, priklausomai nuo organinių liekanų sluoksnio storio (Šimėnienė, 2012). Piktžolės yra pagrindinė problema daugelyje ūkininkavimo sistemų, o jų kontrolė yra labai svarbi sėkmingai augalininkystei (Auškalnienė et al., 2018). Todėl mulčiavimas įgyja vis didesnę svarbą žemės ūkyje (Steponavičienė ir kt., 2017). Mulčiavimas teigiamai veikia ne tik pasėlio piktžolėtumą, bet ir derlingumą, mažina šiltnamio efektą sukeliančių dujų išsiskyrimą iš dirvožemio, padidina organinės anglies kaupimąsi (Munikienė ir kt., 2014). Mulčias apsaugo dirvožemį ir augalų šaknis nuo lietaus lašų, dirvožemio plutos susidarymo, nušalimo, taip pat išsaugo drėgmę dirvožemyje ir padidina jo temperatūrą (Heinonen, 1985). Sausra – viena iš dažniausiai pasitaikančių veiksnių turinti neigiamą įtaką augalo augimui ir produktyvumui (Jodaugienė ir kt., 2016). Mulčiavimas padeda išsaugoti požeminio vandens išteklius, apsaugo dirvožemį bei aplinką (Kaur and Bons, 2017). Tyrimo tikslas – įvertinti skirtingų organinių mulčių įtaką piktžolių sėklų kiekiui dirvožemyje.

Tyrimo objektas – valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.) pasėlis, mulčiuotas skirtingais organiniais mulčiais.

Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas atliktas Algirdo Jackevičiaus ūkyje, Vilkaviškio rajone Giedrių kaime, 2020 metais. Eksperimente naudoti organiniai mulčiai: 1. Nemulčiuota (NE); 2. Durpės (DP); 3. Žolė (ŽO); 4. Šiaudai (ŠD). Visuose eksperimento laukeliuose mulčiai buvo padengti 7 cm storio sluoksniu. Tyrimų lauke buvo naudoti smulkinti žieminių kviečių šiaudai, vidutiniškai susiskaidžiusios žemapelkių durpės, dažnai pjaunama vejų žolė. Eksperimentas įrengtas 3 pakartojimais, iš viso 12 laukelių. Laukelių dydis: pradinis – 18 m^2 (3×6 m). Eksperimento variantų laukeliai išdėstyti rendomizuotai. Laukelio apsauginė juosta – 4 m pločio.

Eksperimente valgomosios morkos (*Daucus Sativa* L.) pasėlis buvo auginamas taikant ekologiniuose ūkiuose priimtą auginimo technologiją, nenaudojant mineralinių trąšų ir cheminių augalų apsaugos priemonių. Iš rudens dirva buvo suarta „MTZ–550“ traktoriumi „Bomet Leo“ 3 korpusų plūgu, 20–25 cm gyliu. Pavasarį, kai dirva pasiekė fizinę brandą, prieš sėją buvo kultivuojama „Kvelneland“ kultivatoriumi, skirtingomis

kryptimis. Morkos sėtos balandžio 4 dieną, veislė 'Namdal'. Sėta sėjamaja „Nodel–gougis“ 75 cm tarpueiliais ir sėkla įterpta 2 cm gyliu, sėklos norma – 1,4 kg ha^{-1}.

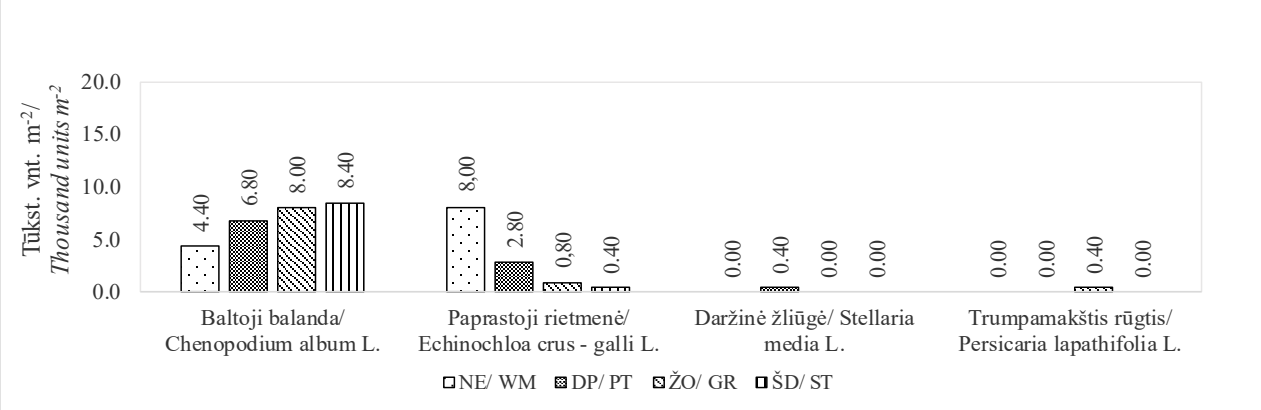
Dirvos užteršimas piktžolių sėklomis tirtas visuose laukeliuose po derliaus nuėmimo mažųjų ėminių metodu (Stancevičius, 1980). Tyrimo duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterines programas ANOVA ir GLM iš programos paketo SYSTAT 10. Skirtumų tikimybės lygis įvertintas LSD testu: * 0,05≤ P > 0,01; ** 0,01≤ P > 0,001; *** P ≤ 0,001 (SPSS Inc., 2000).

Rezultatai ir aptarimas

Didinant žemės ūkio gamybą, keičiasi augalų auginimo sąlygos ir taip pat keičiasi piktžolių rūšinė sudėtis (Rašomavičius, 2008). Nuo dirvožemio savybių (pHKCl, drėgnumo, humusingumo ir kt.) priklauso piktžolių rūšinė įvairovė, išplitimas ir išsivystymas. Vienos ar kitos rūšies gausumą lemia tarprūšinė konkurencija dėl maisto medžiagų, šviesos, drėgmės (Špokienė, Jodaugienė, 2009).

Naudojant žolės ir šiaudų mulčių labai svarbu įsitikinti, ar jie netaps piktžolių sėklų šaltiniu (Jodaugienė ir kt., 2006). Nepageidaujamos piktžolių sėklos į dirvą gali patekti su blogai išvalyta, nesertifikuota augalų sėkla, organinėmis trąšomis, jas gali išnešioti vėjas, vanduo, paukščiai bei gyvūnai. Labai svarbu įsitikinti, kad su organiniu mulčiumi nepapildytumėm piktžolių sėklų atsargų dirvoje. Piktžolių sėklų dygimui turi įtakos aplinkos sąlygos: dirvožemio temperatūra, drėgnumas, sėklų įterpimo gylis, šviesa. Įvairių piktžolių rūšių poreikiai šiems veiksniams yra skirtingi (Špokienė, Jodaugienė, 2009).

Išanalizavus 2020 m. gautus rezultatus, nustatyta, kad tirtame viršutiniame dirvožemio sluoksnyje (0–10 cm) iš trumpaamžių piktžolių daugiausia vyravo baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) sėklos (1 pav.). Kitų piktžolių rūšių sėklos pasiskirstė labai netolygiai. Durpių, žolės ir šiaudų mulčiumi mulčiuotuose laukeliuose baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) sėklų buvo nuo 1,5 iki 1,9 karto daugiau, lyginat su nemulčiuotais laukeliais. Paprastosios rietmenės (*Echinochloa crus–galli* L.) sėklų mulčiuotuose laukeliuose buvo nustatyta beveik nuo 2,9 iki 20,0 karto mažiau, lyginti su nemulčiuotais laukeliais. Žole mulčiuotuose laukeliuose paprastosios rietmenės (*Echinochloa crus–galli* L.) sėklų skaičius nustatytas mažiausias (0,40 tūkst. vnt. m^{-2}). Daržinės žliūgės (*Stellaria media* L.) ir trumpamakščio rūgčio (*Persicaria lapathifolia* L.) sėklų buvo rasta mažai. Daržinės žliūgės (*Stellaria media* L.) sėklos rastos tik durpėmis mulčiuotuose laukeliuose, o trumpamakščio rūgčio (*Persicaria lapathifolia* L.) – tik žolės mulčiumi mulčiuotuose laukeliuose.

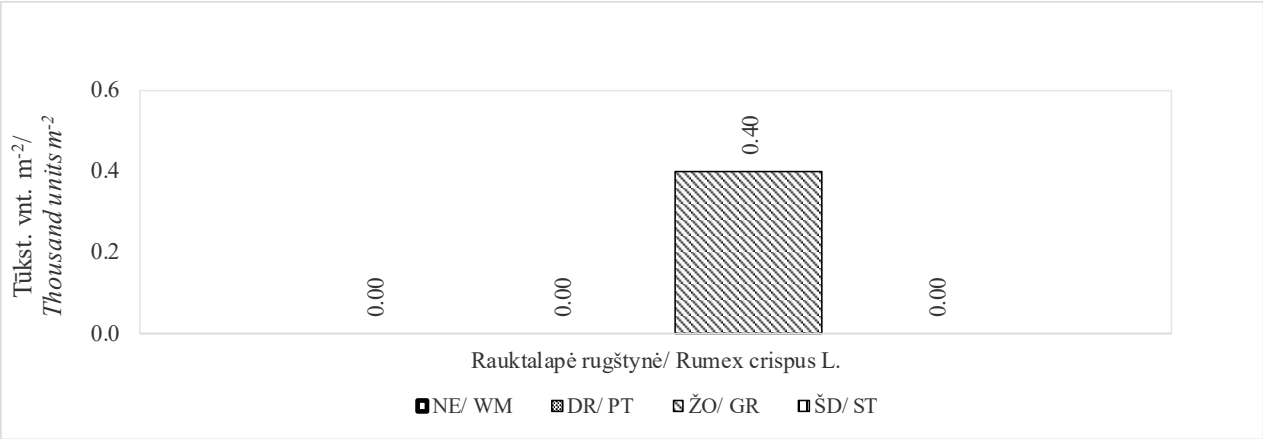


1 pav. Skirtingų organinių mulčių įtaka trumpaamžių piktžolių sėklų rūšinei sudėčiai 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje

Fig. 1. *The effect of different organic mulches on the species composition of short-lived weed seeds in the 0-10 cm soil layer*

Pastaba: esminių skirtumų nėra: P > 0,050; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai
Note: There are no significant differences: P > 0,05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw

Analizuojant tyrimo rezultatus, nustatyta, kad viršutiniame dirvožemio sluoksnyje (0–10 cm) iš daugiamečių piktžolių buvo nustatyta tik rauktalapės rūgštynės (*Rumex crispus* L.) 0,40 tūkst. vnt^{-2} sėklų, žole dengtuose laukeliuose (2 pav.). Kituose laukeliuose rauktalapės rūgštynės (*Rumex crispus* L.) piktžolių sėklų nenustatyta.

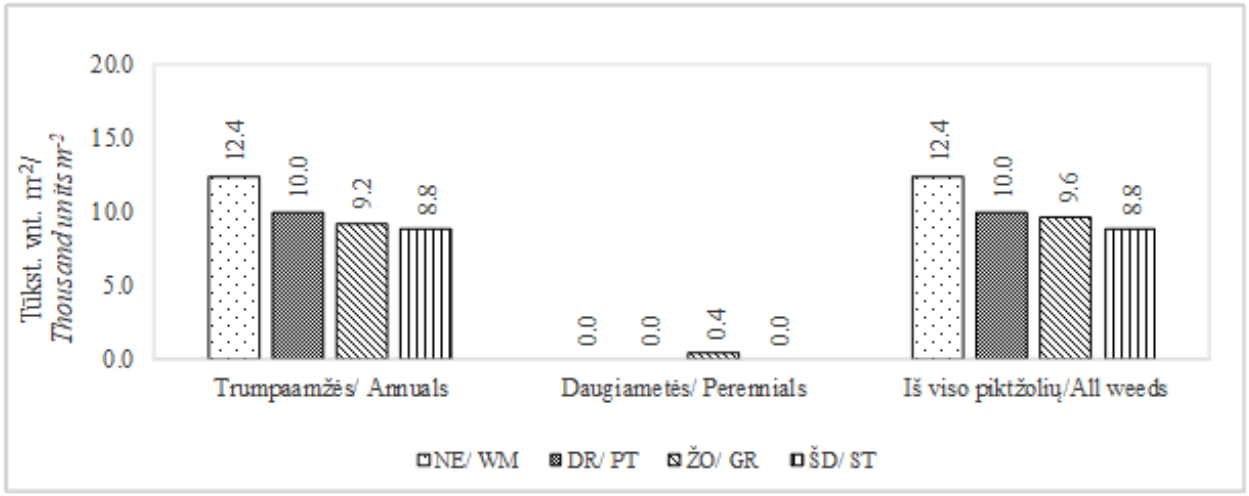


2 pav. Skirtingų organinių mulčių įtaka daugiamečių piktžolių sėklų rūšinei sudėčiai 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje

Fig. 2. *The effect of different organic mulches on the species composition of perennial weed seeds in the 0–10 cm soil layer*

Pastaba: esminių skirtumų nėra: P > 0,050; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.
Note: There are no significant differences: P > 0,05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Mažiausiai (8,80 tūkst. vnt. m-2) trumpaamžių piktžolių sėklų buvo nustatyta šiaudais mulčiuotuose laukeliuose. Lyginant su nemulčiuotais laukeliais šiaudų mulčias piktžolių sėklų skaičių sumažino 1,4, žolės mulčias 1,3, o durpių mulčias – 1,2 karto (3 pav.).



3 pav. Skirtingų organinių mulčių įtaka piktžolių sėklų kiekiui 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje

Fig. 3. *The effect of different organic mulches on the amount of weed seed in the 0-10 cm soil layer*

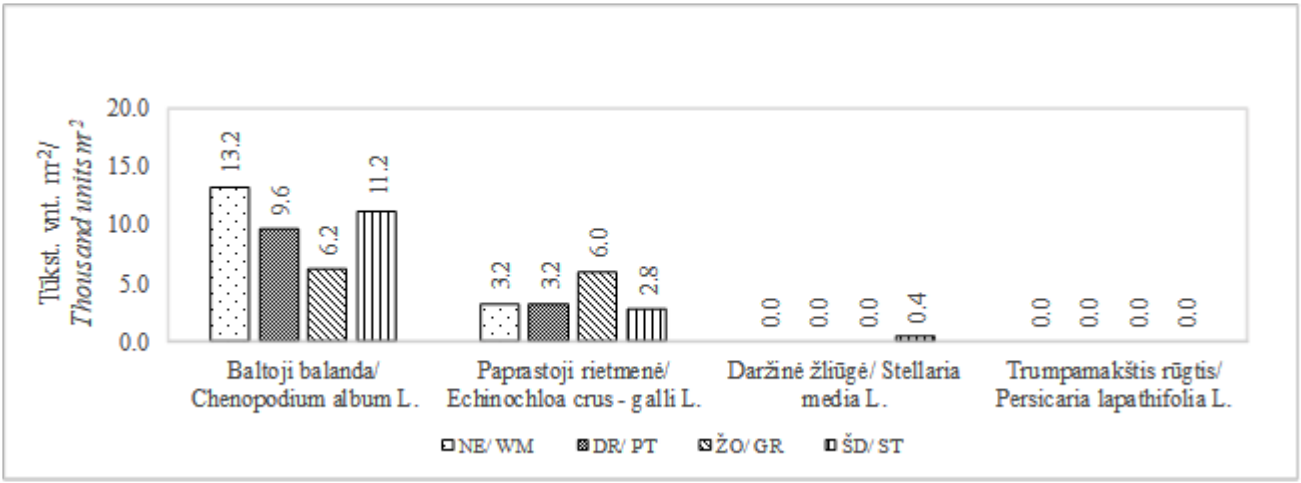
Pastaba: esminių skirtumų nėra: P > 0,050; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO –žolė, ŠD – šiaudai.
Note: There are no significant differences: P > 0,05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Daugiamečių piktžolių rasta tik žole mulčiuotuose laukeliuose, todėl bendras trumpaamžių ir daugiamečių piktžolių sėklų skaičius daug nesiskyrė nuo trumpaamžių piktžolių gautų rezultatų.

Išanalizavus rezultatus nustatyta, kad organiniais mulčiais mulčiuotų laukelių gilesniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) sėklų kiekis svyravo nuo 8,8 iki 12,4 tūkst. vnt. m^{-2} (3 pav.). Tirtame dirvožemio sluoksnyje didžiausias baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) sėklų kiekis nustatytas nemulčiuotuose laukeliuose –12,4 tūkst. vnt. m^{-2}.

Paprastosios rietmenės (*Echinochloa crus–galli* L.) sėklų kiekis tirtame gilesniame dirvožemio sluoksnyje nustatytas didžiausias žolės mulčiumi mulčiuotuose laukeliuose (4 pav.). Durpių ir šiaudų mulčiai paprastosios rietmenės (*Echinochloa crus–galli* L.) sėklų kiekio gilesniame tirtame dirvožemio sluoksnyje nesumažino arba sumažėjimas buvo labai nežymus, lyginant su nemulčiuotais laukeliais. Daržinei žliūgei (*Stellaria media* L.) ir trumpamakščiui rūgčiui (*Persicaria lapathifolia* L.) mulčiai esminės įtakos neturėjo. Tik šiaudais mulčiuotuose

laukeliuose daržinės žliūgės sėklų (*Stellaria media* L.) nustatyta 0,40 tūkst. vnt. m^{-2}. Trumpamakščio rūgčio (*Persicaria lapathifolia* L.) sėklų tirtuose laukeliuose nenustatyta.



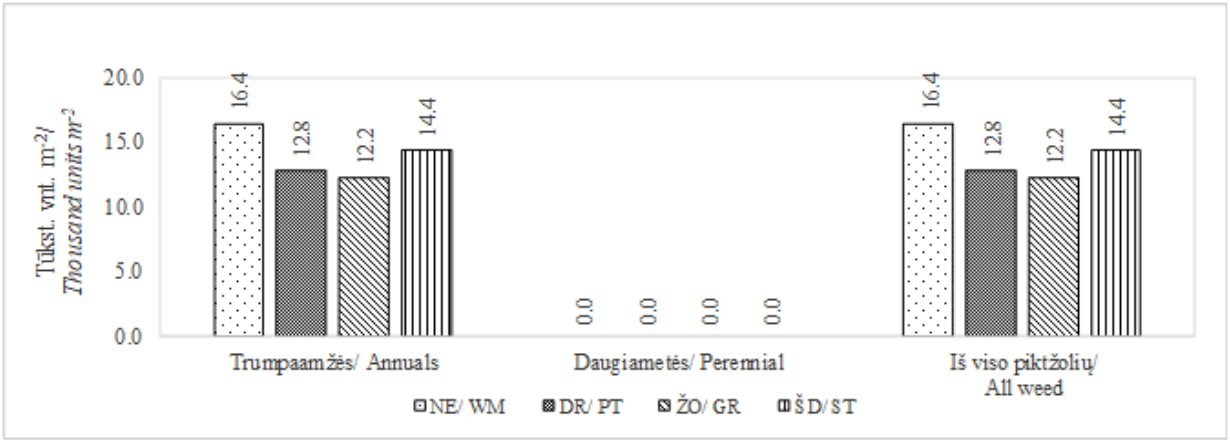
4 pav. Skirtingų organinių mulčių įtaka trumpaamžių piktžolių sėklų rūšinei sudėčiai 10–20 cm dirvožemio sluoksnyje

Fig. 4. *The effect of different organic mulches on the species composition of short-lived weed seeds in the 10-20 cm soil layer*

Pastaba: esminių skirtumų nėra: P > 0,050; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.
Note: There are no significant differences: P > 0,05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Gilesniame (10–20 cm) tirtame dirvožemio sluoksnyje daugiamečių piktžolių sėklų nenustatyta visuose eksperimento laukeliuose.

Gilesniame tirtame dirvožemio sluoksnyje trumpaamžių piktžolių sėklų (12,2 vnt. m-2) mažiausiai rasta žole mulčiuotuose laukeliuose (5 pav.). Daugiamečių piktžolių sėklų apatiniame dirvožemio sluoksnyje nenustatyta. Palyginti su nemulčiuotais laukeliais žolės mulčius piktžolių sėklų skaičių apatiniame dirvožemio sluoksnyje sumažino 1,34 karto. Durpės mulčias taip pat piktžolių sėklų skaičių sumažino 1,28 karto. Mažiausiai įtakos turėjo šiaudų mulčias, kuris tik 1,14 karto sumažino piktžolių sėklų kiekį, lyginant su nemulčiuotais laukeliais.



5 pav. Skirtingų organinių mulčių įtaka piktžolių sėklų kiekiui 10–20 cm dirvožemio sluoksnyje

Fig. 5. *The effect of different organic mulches on the amount of weed seed in the 10-20 cm soil layer*

Pastaba: esminių skirtumų nėra: P > 0,050; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.
Note: There are no significant differences: P > 0,05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Išvados

1. Viršutiniame dirvožemio sluoksnyje (0-10 cm) daugiausia nustatyta baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) sėklų – 27,6 tūkst. vnt. m-2 ir paprastosios rietmenės (*Echinochloa crus–galli* L.) sėklų – 12,0 tūkst. vnt. m^{-2}. Mulčiuojant organiniais mulčiais dirvožemio viršutiniame sluoksnyje mažėjo piktžolių sėklų kiekis nuo 1,2 iki 1,4 karto, lyginant su nemulčiuotais laukeliais.

2. Apatiniame dirvožemio sluoksnyje (10–20 cm) taip pat vyravo baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) sėklos – 40,2 tūkst. vnt. m^{-2} ir paprastosios rietmenės (*Echinochloa crus–galli* L.) sėklos – 15,2 tūkst. vnt. m^{-2}. Visi organiniai mulčiai tirtame dirvožemio sluoksnyje mažino trumpaamžių ir visų piktžolių sėklų skaičių.

Literatūra

1. Auškalnienė, O., Kadžienė, G., Janušauskaitė, D., & Supronienė, S. (2018). Changes in weed seed bank and flora as affected by soil tillage systems. Zemdirbyste–Agriculture, 105 p.
2. Heinonen, R. (1985). Soil Management and Crop Water Supply. 42 p.
3. Howden, M., Soussana, J. F., Francesco, Tubiello, N., Chhetri, N., Dunlop, M., Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change, vol. 104, no. 50, p. 9691–19696. Prieiga per internetą: https://www.pnas.org/content/pnas/104/50/19691.full.pdf/
4. Jodaugienė, D., Pupalienė, R., Urbonienė, M. (2006). Įvairių organinių mulčių įtaka trumpaamžių ir daugiamečių piktžolių dygimui. LŽŪU mokslo darbai. nr. 71 (24). p. 27–32.
5. Jodaugienė, D., Sinkevičienė, A., Adamavičienė, A., Steponavičienė, V., Munikienė, J. (2016). Organinių mulčių poveikis dirvožemio savybėms. Žemės ūkio mokslai, Akademija. Prieiga per internetą: https://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/zemesukiomokslai/article/view/3358/2163/
6. Kassam, A., Brammer, H. (2012). Combining sustainable agricultural production with economic and environmental benefits. The Geographical Journal. p.11–18.
7. Kaur, J., Bons, H. K. (2017). Mulching: A viable option to increase productivity of field and fruit crops. Journal of Applied and Natural Science, vol. 9(2), p. 974–982.
8. Munikienė, J., Sinkevičienė, A., Jodaugienė, D., Steponavičienė, V. (2014). Organinių mulčių poveikis segetalinei florai ir augalų derlingumui. Žemės ūkio mokslai. Lietuvos mokslų akademija, t. 21, nr. 4, p. 209–220.
9. Rašomavičius, V. (2008). Laukų augalijos tyrimai: mokslinė ataskaita. Vilnius, 74 p.
10. Singh, M., Singh, J. (2012). Optimising Mulching vis-a-vis Moisture Retention in Soil International Journal of Electronics Engineering [interaktyvus] 4 (2), p. 171–172. Prieiga per internetą: https://www.semanticscholar.org/paper/Optimizing-Agro-Waste-in-Mulching%3A-AnAlternative-Singh-Singh/a5de29a9b7be4224d92300539df92da7949d5f49/
11. Sinkevičienė, A. (2011). Organinių mulčių poveikis dirvožemio savybėms, segetinei florai ir augalų derlingumui. Daktaro disertacija, Akademija, 19, 100 p.
12. SPSS Instant 10 (2000). Statistics I; IBM: Armonk, NY, USA,; p. 663.
13. Stancevičius, A. (1980). Nauja racionali metodika piktžolių sėklų kiekiui dirvoje nustatyti. Agronomija, melioracija ir hidrotechnika: LŽŪA mokslo darbų rinkinys. Kaunas, p. 74–75.
14. Steponavičienė, V. (2017). Agroekosistemų tvarumas ir anglies sankaupos dirvožemyje taikant ilgalaikes kompleksines priemones. Daktaro disertacija, Akademija 52 p.
15. Šimėnienė, R. (2012). Kukurūzų, įsėlinių tarpinių augalų ir piktžolių konkurencingumo tyrimai: magistro baigiamasis darbas. Aleksandro Stulginskio universitetas. p. 33–34.
16. Špokienė, N., Jodaugienė, D. (2009). Piktžolės ir jų naikinimo būdai. Akademija, p. 59–72.
17. Vilkienė, M., Ambrazaitienė, D., Dabkevičius, Z. (2018). Organinės anglies atsargų kaupimosi dirvožemyje dėsningumų įvertinimas sėjomainoje, LAMMC agrariniai ir miškininkystės mokslai: naujausi tyrimų rezultatai ir inovatyvūs sprendimai. Iš Mokslinės konferencijos pranešimai Nr. 8, 18 p.

Karolina Jackevičienė, Alfredas Sinkevičius, Darija Jodaugienė, Aušra Sinkevičienė, Vaclovas Bogužas

The Effect of Organic Mulches on Weed Seeds in the Carrot Crop

Nowadays, we hear more and more discusions about ecology, ways to preserve nature, and to decrease the use of pesticides and other chemicals used in agriculture (Kassam, Brammer, 2012). One of the alternatives to pesticides for weed control is soil mulching. The experiment was carried out in the farm of Algirdas Jackevičius, located in Giedriai village, Vilkaviškis District Municipality. Humus content in soil – 5.85 %, pH – neutral (6.70). The object of the investigation: the carrot (Daucus Sativa L.) crop where different types of organic mulch were utilized. The aim of the experiment: to evaluate and compare the impact of differing organic mulches on weed emergence. The field experiment was conducted by employing the area division method, with 3 replications, resulting in 12 areas. The size of each area: initial – 18 m2 (3 x 6 m). All of the areas of the investigation were covered by a 7 cm thick layer of mulch. Variants of the experiment: 1) no mulching (WN); 2) peat (PT); 3) grass (GR); 4) wheat straw (ST).

The results of the investigation. All of the organic mulches decreased the amount of annual weeds seeds and the overall number of weed seeds in the inspected layers of soil. Seeds of the perennial weeds dominated only in the upper layer of soil (0–10 cm) of grass mulched areas.

Carrot, organic mulches, weed seeds.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Karolina JACKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistrantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. 8 37 75 22 33, el. paštas: karolina.jackeviciene@vdu.lt .
Karolina JACKEVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agronomy graduate student of Science (MSc). Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: 370 37 75 22 33, e-mail: karolina.jackeviciene@vdu.lt
Alfredas SINKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros 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, Kaunas dist. e-mail: alfredas.sinkevicius@agrokoncernas.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, Kaunas dist. Phone: 370 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, Kaunas dist. Phone: 370 37 75 22 29, e-mail: ausra.sinkeviciene@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, Kaunas dist. Phone: +370 37 75 22 29, e-mail: vaclovas.boguzas@vdu.lt

SKIRTINGŲ ORGANINIŲ MULČIŲ ĮTAKA VALGOMOSIOS MORKOS PASĖLIUI

Karolina Jackevičienė, Aušra Sinkevičienė, Alfredas Sinkevičius, Darija Jodaugienė, Vaclovas Bogužas

Vytauto Didžiojo universitetas

Tyrimai atlikti Algirdo Jackevičiaus ūkyje, Vilkaviškio rajone Giedrių kaime. Eksperimento lauko armens humusingumas siekė 5,85 %, pHKCl 6,70 – neutralus. Tyrimo objektas: valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.) pasėlis, mulčiuotas organiniais mulčiais. Tyrimo tikslas: įvertinti skirtingų organinių mulčių įtaką morkų pasėlio piktžolėtumui ir derlingumui. Eksperimento variantai: 1) nemulčiuota (NE); 2) durpės (DP); 3) žolė (ŽO); 4) šiaudai (ŠD). Eksperimentas įrengtas 3 pakartojimais, iš viso 12 laukelių. Laukelių dydis: pradinis – 18 m^2 (3 x 6 m), apskaitomasis – 10 m^2 (2 x 5 m). Visuose eksperimento laukeliuose mulčiai buvo paskleisti 7 cm storio sluoksniu.

Tiriamuoju laikotarpiu visi organiniai mulčiai didino baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) ir kitų trumpaamžių piktžolių sudygimą. Dirvinės veronikos (*Veronica arvensis* L.) nustatyta daugiau laukeliuose, kuriuose buvo naudoti durpių ir šiaudų mulčiai. Daugiamečių piktžolių daigų kiekis nustatytas mažesnis durpėmis ir žolės mulčiais dengtuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuota dirva. Durpėmis ir šiaudais mulčiuotuose laukeliuose piktžolių bendras sudygimas buvo intensyvesnis, negu nemulčiuotuose laukeliuose. Visi organiniai mulčiai esmingai mažino valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.) derlingumą.

Organiniai mulčiai, valgomoji morka, derlingumas, piktžolėtumas.

Įvadas

Vis daugiau kalbama apie pasaulyje kintantį klimatą, mažėjančią biologinę įvairovę, užterštą vandenį ir orą, taip pat nesaikingą žemės ūkyje naudojamų pesticidų kiekį. Šie globaliniai reiškiniai veikia neigiamai tiek gamtą, tiek ir pačius žmones. Matydami šias pasekmes žmonija stengiasi tausoti ir saugoti aplinką, o maistui rinktis ekologiškus produktus (Burke, Emerick, 2016).

2015 m. „Paryžiaus susitarimu“ nustatytas veiksmų planas, kuriuo siekiama mažinti visuotinį atšilimą ir taip garsiai pradėta kalbėti apie prastėjančią padėtį pasaulyje. Europos Komisija taip pat pristatė ekologinės gamybos plėtros planą. Jo tikslas yra, kad iki 2030 m. 25 proc. žemės ūkio paskirties žemės būtų ūkininkaujama ekologiškai. Žemės ūkio sektorius, kaip ir kiti sektoriai, turi rasti ekologiškesnį ir tvaresnį gamybos būdą. Žemdirbiams reikia ieškoti alternatyvos pesticidams ir mineralinėms trąšoms (Hale, 2016). Iš visų naudojamų pesticidų Lietuvoje daugiausia sunaudojama herbicidų (piktžolių kontroliavimo priemonė) – 68 proc. (Lietuvos statistikos departamentas, 2020).

Pasaulyje populiarėjant tausojančiam ūkininkavimui mulčiavimas įgyja vis didesnę reikšmę (Kassam, Brammer, 2012). Organinių mulčių panaudojimas gali būti alternatyva pesticidams. Taip pat po derliaus nuėmimo į dirvą įterptas mulčias suyra ir papildo dirvožemį organinėmis ir augalams reikalingomis maisto medžiagomis (Sinkevičienė, 2011). Mulčiavimas neleidžia saulės spinduliams pasiekti sudygusių piktžolių sėklų, taip mažindamas piktžolių dygimą ir augimą (Jodaugienė ir kt., 2006).

Tyrimo tikslas – įvertinti bei palyginti skirtingų organinių mulčių įtaką valgomosios morkos derlingumui ir valgomosios moskos pasėlio piktžolėtumui.

Tyrimo objektas – valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.) pasėlis, mulčiuotas skirtingais organiniais mulčiais.

Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas atliktas 2020 m. Algirdo Jackevičiaus ūkyje, Vilkaviškio rajone Giedrių kaime.

Eksperimente naudoti organiniai mulčiai: 1. Nemulčiuota (NE); 2. Durpės (DP); 3. Žolė (ŽO); 4. Šiaudai (ŠD). Visuose eksperimento laukeliuose mulčiai buvo paskleisti 7 cm storio sluoksniu. Tyrimų lauke buvo naudojami smulkinti žieminių kviečių šiaudai, vidutiniškai susiskaidžiusios žemapelkių durpės, dažnai pjaunama vejų žolė. Eksperimentas įrengtas 3 pakartojimais, iš viso 12 laukelių. Laukelių dydis: pradinis – 18 m^2 (3×6 m), apskaitomasis – 10 m^2 (2×5 m). Eksperimento variantų laukeliai išdėstyti rendomizuotai (atsitiktinai). Laukelio apsauginės juostos – 4 m pločio.

Eksperimento metais, valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.) pasėlis buvo augintas, taikant ekologiniuose ūkiuose priimtą auginimo technologiją, nenaudojant mineralinių trąšų ar cheminių apsaugos priemonių. Iš rudens dirva buvo suarta „MTZ–550“ traktoriumi „Bomet Leo“ 3 korpusų plūgu, 20–25 cm gyliu. Pavasarį, kai

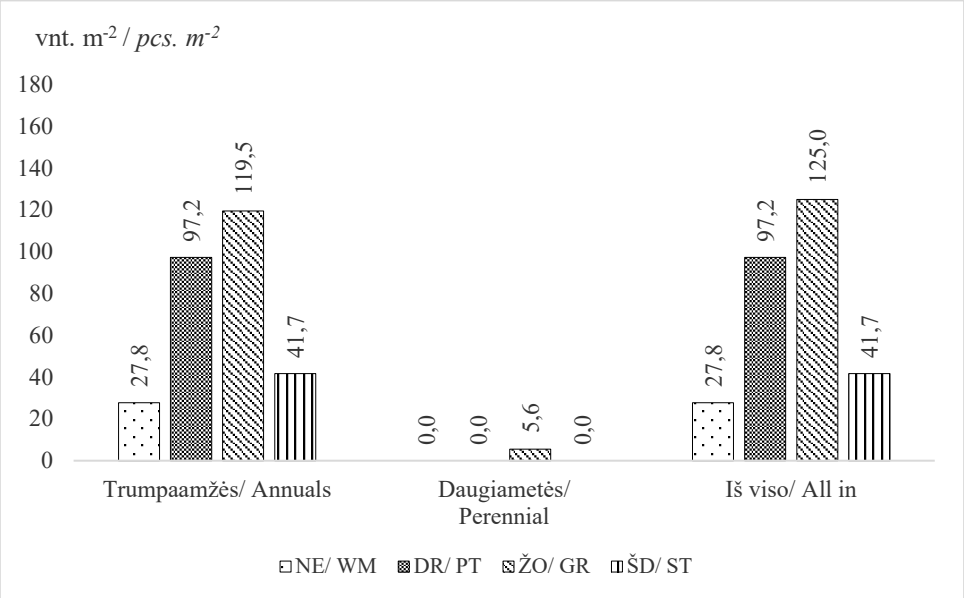
dirva pasiekė fizinę brandą, prieš sėją buvo kultivuota „Kvelneland“ kultivatoriumi, skirtingomis kryptimis. Morkos sėtos balandžio 4 dieną, veislė 'Namdal', naudota sėjamoji „Nodel–gougis“, 75 cm tarpueiliais ir sėta 2 cm gyliu, sėklos norma – 1,4 kg ha^{-1}. Dirva mulčiuota gegužės pradžioje. Morkų pasėlio piktžolėtumo įvertinimui piktžolės skaičiuotos kas dvi savaites 4-iose laukelio vietose. Morkų derlingumas įvertintas nukasus morkas iš viso apskaitinio laukelio. Morkų derlius perskaičiuotas į absoliučiai švarių šakniavaisių derlingumą t ha^{-1}.

Tyrimo duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterines programas ANOVA ir GLM iš programų paketo SYSTAT 10. Skirtumų tikimybės lygis įvertintas LSD testu: * $0,05 \leq P > 0,01$; ** $0,01 \leq P > 0,001$; *** $P \leq 0,001$ (SPSS Inc., 2000).

Rezultatai ir aptarimas

Piktžolių paplitimas ir išsivystymas priklauso nuo kultūrinių augalų tankumo ir gebėjimo jas stelbti (Maikštėnienė ir kt., 2008). Esant didelei konkurencijai su piktžolėmis, morkų derlius nukenčia labiausiai (Kavaliauskaitė, Karklelienė, 2019). Pasėliuose piktžolės nepageidautinos, nes stelbia kitus augalus, užstoja saulės šviesą, alina dirvožemį, platina ligas bei kenkėjus, apsunkina pasėlių priežiūros darbus, ir derliaus nuėmimą (Špokienė, Jodaugienė, 2009).

Išanalizavus skirtingų organinių mulčių poveikį piktžolių dygimui, birželio 20 d. nustatyta, kad daugiausia 119,5 vnt. m^{-2} trumpaamžių piktžolių sudygo žole mulčiuotuose laukeliuose (1 pav.). Lyginant su nemulčiuotais laukeliais, žole mulčiuotuose laukeliuose trumpaamžių piktžolių sudygo 3,6 karto daugiau. Kiek mažiau trumpaamžių piktžolių buvo nustatyta durpe ir šiaudais mulčiuotuose laukeliuose, palyginti su nemulčiuotais laukeliais, atitinkamai 3,5 ir 1,5 karto. Daugiamečių piktžolių daugiausia buvo rasta žole mulčiuotuose laukeliuose – 5,6 vnt. m^{-2}. Lyginant su nemulčiuotais žole dengtuose laukeliuose daugiamečių piktžolių rastas didžiausias kiekis. Durpės ir šiaudų mulčiais dengtuose laukeliuose daugiamečių piktžolių nenustatyta.



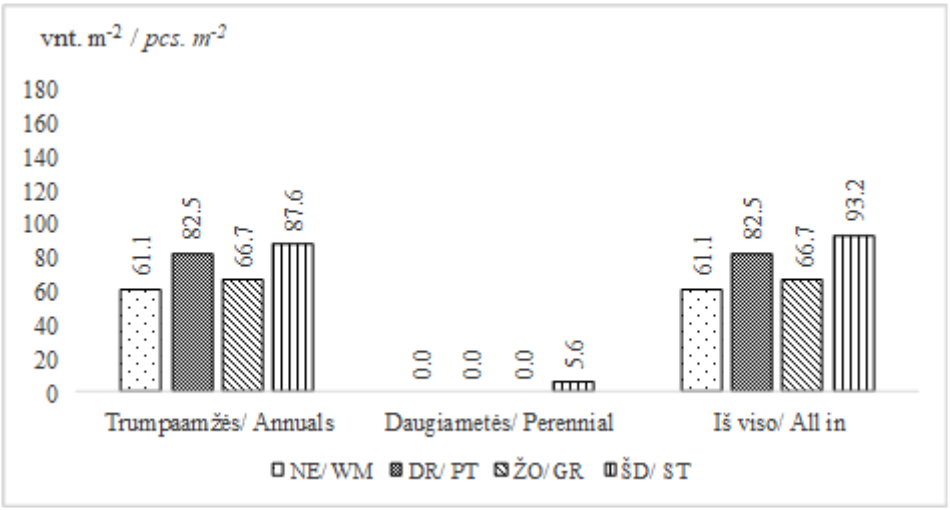
1 pav. Skirtingų organinių mulčių poveikis piktžolių dygimui (birželio 20 d.)

Fig. 1. *The effect of different organic mulches on weed germination (20th June)*

Pastaba: esminių skirtumų nėra: P > 0,050; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.
Note: there are no significant differences: P > 0.05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Nustačius bendrą piktžolių skaičių daugiausia jų buvo rasta žole mulčiuotuose laukeliuose. Kituose laukeliuose, kurie buvo mulčiuoti kitais organiniais mulčiais, išliko panašios tendencijos kaip ir su trumpaamžėmis piktžolėmis.

Atlikus piktžolių apskaitą liepos 7 d. daugiausia rasta trumpaamžių piktžolių (2 pav.). Šiaudų mulčiu mulčiuotuose laukeliuose trumpaamžių piktžolių buvo nustatyta daugiausiai, o mažiausiai nemulčiuotuose laukeliuose. Daugiamečių piktžolių dygimą mažino visi mulčiai, išskyrus šiaudų mulčių, lyginat su nemulčiuotais laukeliais.

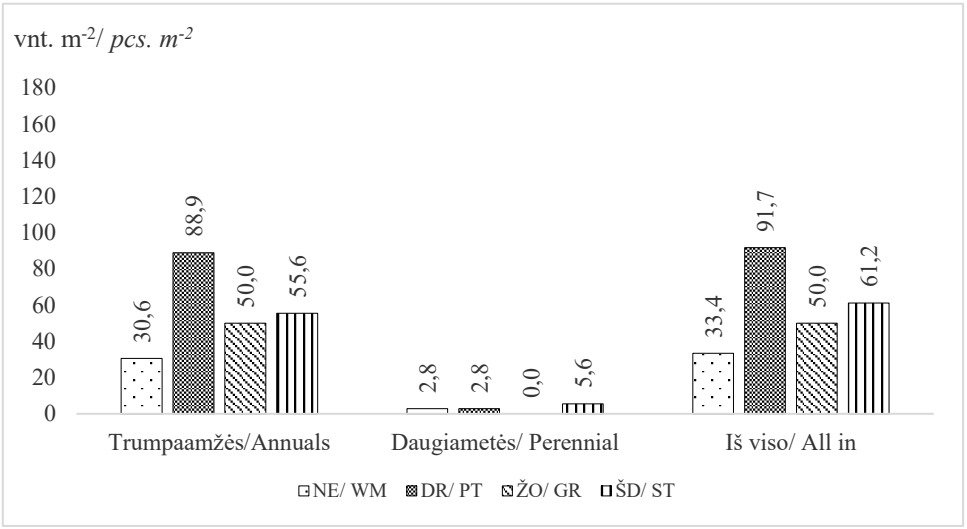


2 pav. Skirtingų organinių mulčių poveikis piktžolių dygimui (liepos 7 d.)
Fig. 2. *The effect of different organic mulches on weed germination (7th July)*

Pastaba: esminių skirtumų nėra: P > 0,050; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.
Note: There are no significant differences: P > 0.05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Nustačius bendrą piktžolių sudygimą, daugiausia piktžolių buvo rasta šiaudais mulčiuotuose laukeliuose – 93,2 vnt. m^{-2}. Durpių ir žolės mulčiu mulčiuotuose laukeliuose išliko didesnis bendras piktžolių skaičius, lyginat su nemulčiuotais laukeliais.

Atlikus tyrimus nustatyta, kad rugpjūčio 2 d. vyravo trumpaamžės piktžolės (3 pav.). Trumpaamžių piktžolių daugiau (nuo 1,8 iki 2,9 karto) paplito durpe ir šiaudais mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuotais. Žolės mulčias taip pat didino trumpaamžių piktžolių daigų kiekį.

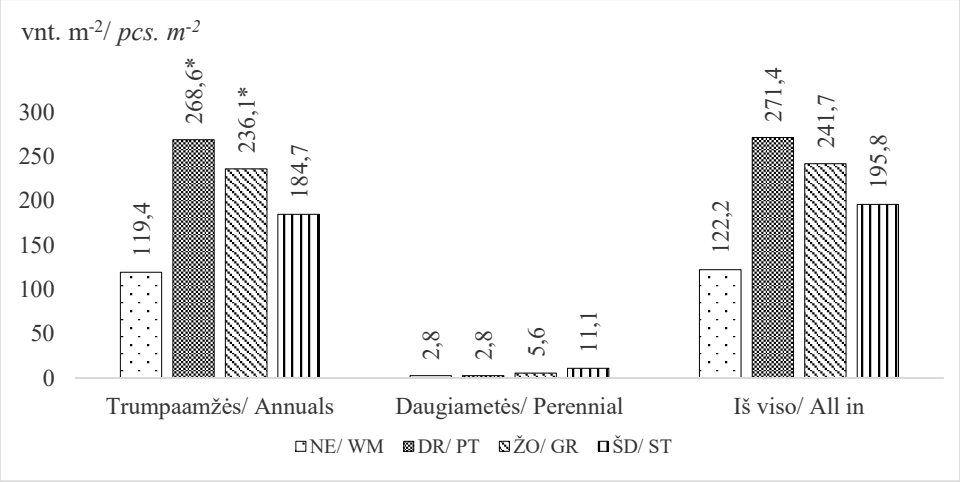


3 pav. Skirtingų organinių mulčių poveikis piktžolių dygimui (rugpjūčio 2 d.)
Fig. 3. *The effect of different organic mulches on weed germination (2nd August)*

Pastaba: esminių skirtumų nėra: P > 0,050; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.
Note: There are no significant differences: P > 0.05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Daugiausia daugiamečių piktžolių sudygo šiaudų mulčiumi mulčiuotuose laukeliuose. Nustačius bendrą piktžolių sudygimą, galima teigti, kad visi organiniai mulčiai didino piktžolių dygimą.

Atlikus tyrimus visu vegetacijos laikotarpiu valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.) pasėlyje nustatyta, kad trumpaamžių piktžolių sudygimas didesnis nuo 1,5 iki 2,2 karto organiniais mulčiais mulčiuotuose laukeliuose (4 pav.). Esmingai daugiau trumpaamžių piktžolių daigų suskaičiuota žole ir durpe mulčiuotuose laukeliuose.



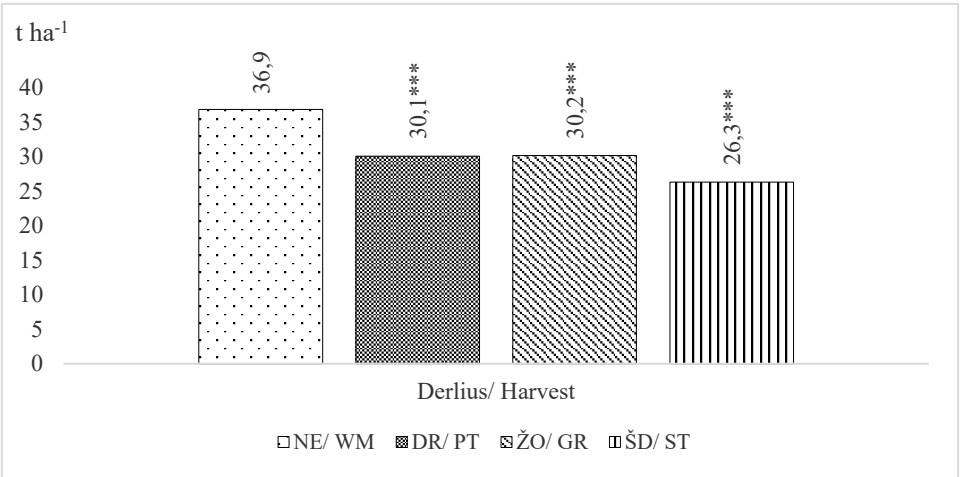
4 pav. Skirtingų organinių mulčių poveikis piktžolių dygimui visu vegetacijos laikotarpiu

Fig. 4. *The effect of different organic mulches on weed germination during the growing season*

Pastaba: * - P≤ 0,05; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD–šiaudai.
*Note: * - P≤ 0.05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.*

Žolės ir šiaudų mulčiai didino daugiamečių piktžolių paplitimą, lyginat su nemulčiuotais laukeliais. Šiaudų mulčiumi mulčiuotuose laukeliuose nustatytas didžiausias daugiamečių piktžolių kiekis (11,1 vnt. m^{-2}). Daugiamečių piktžolių palyginti su trumpaamžėmis, buvo rasta labai nedaug, dėl to bendras trumpaamžių ir daugiamečių piktžolių sudygimas, veikiant skirtingiems organiniams mulčiams, buvo panašus į trumpaamžių piktžolių dygimą.

Didesnis morkų derlius gaunamas auginant sukultūrintose, puveningose, nešlapiose, lengvo priemolio ir priesmėlio dirvose. Dirvos paruošimas taip pat turi didelę įtaką morkų derlingumui. Tinkamai įdirbus žemę, pageriname struktūrą, išnaikiname piktžoles, sutaupome drėgmę ir pageriname mikroorganizmų veiklą. Iš visų daržovių morkoms reikia švariausios dirvos (Viškelis, 2003; Zinkevičiūtė ir kt., 1997). 2020 m. atlikto tyrimo duomenimis, visi organiniai mulčiai esmingai mažino valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.) derlingumą (5 pav.).



5 pav. Skirtingų organinių mulčių įtaka valgomųjų morkų derlingumui

Fig. 5. *The effect of different organic mulches on carrot productivity*

Pastaba: *** - P≤ 0,05; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.
*Note: : *** - P≤ 0.05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.*

Durpe ir žole mulčiuotuose laukeliuose morkų derlingumas buvo 1,2 karto, o šiaudais 1,4 karto mažesnis, lyginant su nemulčiuotais laukeliais.

Rezultatai skiriasi nuo kitų tyrėjų gautų rezultatų. Mulčiai galėjo būti nepakankamai kokybiški – užteršti piktžolių sėklomis. Tyrimą reikėtų kartoti kelis metus.

Išvados

1. Tiriamuoju laikotarpiu organiniai mulčiai didino baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) ir kitų trumpaamžių piktžolių sudygimą. Dirvinės veronikos (*Veronica arvensis* L.) daugiau nustatyta laukeliuose, kuriuose buvo naudoti durpės ir šiaudų mulčiai. Šiaudų mulčiumi padengtuose laukeliuose nustaytas didžiausias daugiamečių piktžolių kiekis Visi organiniai mulčiai didino pasėlio piktžolėtumą.
2. Visi organiniai mulčiai esmingai mažino (1,2–1,4 karto) valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.) derlingumą, lyginat su nemulčiuotais laukeliais.

Literatūra

1. Burke, M., Emerick, K. (2016). Adaptation to Climate Change: Evidence from US Agriculture. Prieiga per internetą: https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/pol.20130055/
2. Hale, T. (2016). "All Hands on Deck": The Paris Agreement and Nonstate Climate Action. *Global Environmental Politics* 16.3: p. 12–22.
3. Jodaugienė, D., Pupalienė, R., Urbonienė, M. (2006). Įvairių organinių mulčių įtaka trumpaamžių ir daugiamečių piktžolių dygimui. LŽŪU mokslo darbai. nr. 71 (24). p. 27–32.
4. Kavaliauskaitė D., Karklelienė R. (2019). Cheminė dviskilčių piktžolių kontrolė sudygusių morkų pasėliuose ir jos įtaka morkų biometriniams rodikliams bei derlingumui. Sodininkystė ir daržininkystė, 38 (1–2): p. 64–77.
5. Kassam, A., Brammer, H. (2012). Combining sustainable agricultural production with economic and environmental benefits. The Geographical Journal. p. 11–18.
6. Lietuvos statistikos departamentas (2020). Lietuvos žemės ūkis 2020. Vilnius, p. 16–43.
7. Maikštėnienė, S., Velykis, A., Arlauskienė, A., Krištaponytė, I., Satkus, A. (2008). Tausojamoji žemdirbystė našiuose dirvožemiuose: monografija. Lietuvos žemdirbystės institutas. Akademija, Kėdainių r. 327 p.
8. Sinkevičienė, A. (2011). Organinių mulčių poveikis dirvožemio savybėms, segetinei florai ir augalų derlingumui. Daktaro disertacija, Akademija, 19, 100 p.
9. SPSS Instant 10. Statistics I; IBM: Armonk, NY, USA, 2000; p. 663.
10. Špokienė, N., Jodaugienė, D. (2009). Piktžolės ir jų naikinimo būdai. Akademija, p. 59–72.
11. Viškelis, P. (2003). Kokybės reikalavimų taikymas švieţiems vaisiams ir darţovėms. – Babtai: LSDI, 77 p.
12. Zinkevičiūtė, D., Baleliūnas, P., Zalatorius, V. (1997). Agrotechninių ir cheminių priemonių įtaka morkų pasėlio piktţolėtumui ir derliui // Integruota augalų apsauga: pasiekimai ir problemos. Dotnuva – Akademija, p. 256–258.

Karolina Jackevičienė, Aušra Sinkevičienė, Alfredas Sinkevičius, Darija Jodaugienė, Vaclovas Bogužas

The Influence of Different Organic Mulch on the Carrot Crop

The experiment was carried out in the farm of Algirdas Jackevičius, located in Giedriai Village, Vilkaviškis District Municipality. Humus content in soil – 5.85%, pH – neutral (6.70). The object of the investigation: the carrot (*Daucus sativa* L.) crop where different types of organic mulches were utilized. The aim of the experiment: to evaluate and compare the impact of differing organic mulches on weed emergence and the crop yield. The field experiment was conducted with 3 replications, resulting in 12 areas. The size of each plot initial – 18 m^2 (3 m x 6 m), evaluated – 10 m^2 (2 m x 5 m). All of the plots of the investigation were covered by a 7 cm thick layer of mulch. Treatments of the experiment: 1) no mulching (WN); 2) peat (PT); 3) grass (GR); 4) wheat straw (ST).

Throughout the experiment organic mulches increased the emergence of white goosefoot (*Chenopodium album* L.) and other annual weeds. It was observed that wall speedwell (*Veronica arvensis* L.) grew more in the areas mulched with peat and wheat straw. The amount of perennial weeds sprouts in the areas covered with peat and grass was smaller compared with the areas without mulch. The emergence of all weeds was greater in the areas mulched with peat and wheat straw. All of the organic mulches significantly decreased the crop yield of carrots.

Carrot, organic mulches, productivity.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Karolina JACKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistrantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. (8 37) 75 22 33, el. paštas: karolina.jackeviciene@vdu.lt

Karolina JACKEVIČIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Agronomy Master Student of Science (MSc). Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno dist. Phone: +370 37 75 22 33, e-mail: karolina.jackeviciene@vdu.lt
Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktarė, 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 (Agriculture) Sciences, Assoc. Prof. Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno dist. Phone: +370 37 75 22 29, e-mail: ausra.sinkeviciene@vdu.lt
Alfredas SINKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros 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 (PhD). Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno dist. e-mail: alfredas.sinkevicius@agrokoncernas.lt
Darija JODAUGIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktarė, 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 (Agriculture) Sciences, Assoc. Prof. Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno dist. Phone: +370 37 75 22 29, e-mail: darija.jodaugiene@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 (Agriculture) Sciences. Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno dist. Phone: +370 37 75 22 29, e-mail: vaclovas.boguzas@vdu.lt

MIELIŲ PAPLITIMAS IR BIOLOGINĖ ĮVAIROVĖ CHROMU UŽTERŠTAME KLAIPĖDOS MIESTO DIRVOŽEMYJE

Jonas Žvirgždas, Algimantas Paškevičius, Loreta Levinskaitė

Gamtos tyrimų centras, Biodestruktorių tyrimo laboratorija

Aplinkos tarša sunkiaisiais metalais yra viena iš reikšmingiausių dabarties aplinkosaugos problemų. Šią problemą gali padėti įtarti tam tikrų mikroorganizmų buvimas aplinkoje. Viena iš tokių mikroorganizmų grupių yra mielės. Jų savybės gali padėti nuspėti aplinkos taršą ir nustatyti jos šaltinius. Šio tyrimo tikslas buvo išaiškinti mielių paplitimą ir bioįvairovę chromu užterštame Klaipėdos miesto dirvožemyje. Buvo imti dirvožemio, kuriame stebėta chromo tarša ėminiai, nustatomas mielių skaičius, rūšinė sudėtis, aptinkamumo dažnis. Tyrimo metu buvo išskirti 39 mielių izoliatai ir nustatyta 15 mielių rūšių. Tyrimo rezultatai parodė, kad dažniausiai išskirtos mielių rūšys buvo *Solicoccozyma terrea* (45,0 %), *Goffeauzyma gastrica* (35,0 %), *Rhodotorula mucilaginosa* (25,0 %) *ir Naganishia diffluens* (20,0 %). Mielių skaičius viso tyrimo metu svyravo 102–103 KSV/g ribose.

Mielės, chromas, tarša, dirvožemis.

Įvadas

Chromas (Cr) – tai cheminis elementas, kuris buvo plačiai naudojamas įvairiose srityse, pavyzdžiui chemijos pramonėje, gamyklose ir liejyklose. Apie 85% chromo yra naudojama metalo lydinių gamybai. Chromo junginių yra randama apleistose pramoninėse vietovėse. Šie junginiai turi toksišką poveikį mikroorganizmams, gyvūnams ir augalams. Chromas yra gyvūnams ir žmonėms būtinas mikroelementas, tačiau didelės jo koncentracijos sukelia rimtas sveikatos problemas, tokias kaip vėžys ar deformacijas, arba net sukelia mirtį. Teigiamas chromo poveikis augalams iki šiol dar nebuvo pastebėtas. Nustatyta, kad 0,5 mg/l Cr (VI) tirpalas ir 5 mg/l Cr (VI) kiekis dirvožemyje turi žalingą poveikį augalams. Chromas taip pat turi didelį difuzinį pajėgumą, nes toksiška šešiavalentė chromo forma yra tirpi vandenyje ir mobili. Tirpios chromo formos gali pereiti plazminę membraną ir patekti į mikroorganizmų ląstelių vidų. Susidarantys Cr laisvieji radikalai sukelia tiesiogines DNR pažaidas ir kitus toksiškus efektus (Hu ir kt., 2018).

Tarša sunkiaisiais metalais, tarp jų ir chromu, gali lemti dirvožemio mikroorganizmų bendrijų sudėties pokyčius, mažinti biologinę įvairovę, sukeldama tam tikrų mikroorganizmų rūšių išnykimą. Taršos sukeltas poveikis dirvai gali paskatinti tam tikrų mikroorganizmų rūšių, išvysčiusių toleranciją ir atsparumą teršalams, augimą. Šie mikroorganizmai gali dalyvauti teršalų bioakumuliacijos ir biodegradacijos procesuose (Mejia ir kt., 2022).

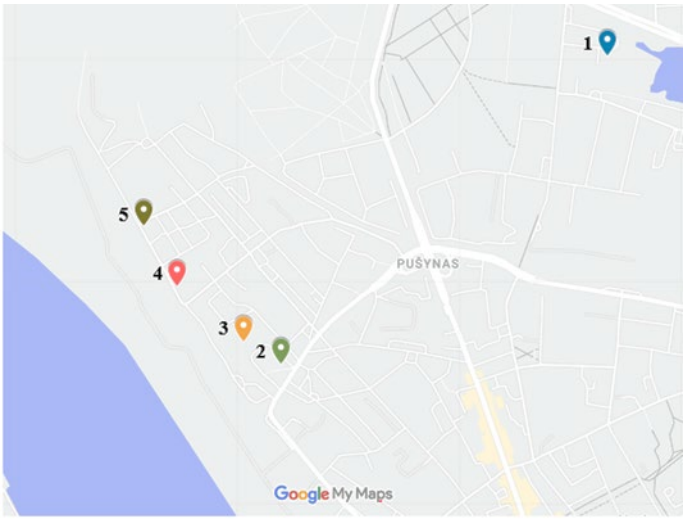
Kitų mokslininkų atliktų tyrimų metu buvo nustatyta, kad dirvožemio tarša chromu keičia dirvožemio mikroskopinių grybų bendrijos sudėtį ir struktūrą, tačiau nekeičia jų įvairovės. Tarša taip pat sukelia staigius mikroskopinių grybų skaičiaus ir bendrijos pokyčius. Užterštame dirvožemyje buvo aptikti taršos chromu bioindikatoriai, tokie kaip, pavyzdžiui, *Candida albicans*. Ši mielių rūšis geba toleruoti taršą chromu. Mikroskopinių grybų bendrijos pokyčiai įvyko dėl tiesioginio toksiško poveikio mikroorganizmams, kurį sukėlė didelė Cr koncentracija ir reikšmingi dirvožemio savybių pokyčiai (pvz. organinių medžiagų pokyčiai, lydimi taršos chromu). Organinės medžiagos buvo svarbiausias faktorius, kuris darė įtaką mikroskopinių grybų bendrijai. Iš visų Cr frakcijų, didžiausią įtaką darė prie organinių medžiagų prisijungęs chromas ir nepastovios Cr formos (Hu ir kt., 2018, Al-Battashi ir kt., 2016)**.**

Tyrimų metodika

Dirvožemio ėminių ėmimas. Dirvožemio ėminiai buvo imami 2020-2021 metų birželio ir rugsėjo mėnesiais. Ėminiai buvo imami iš 5 Klaipėdos miesto vietų, kuriose buvo stebėta padidėjusi tarša chromu, pagal Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos pateiktas koordinates (1 lentelė). Kiekvienoje tiriamojoje vietoje imta po 10 ėminių, kurie sumaišyti tarpusavyje ir suformuotas vienas dirvožemio ėminys (500 g dirvožemio) (Standartas..., 2018).

1 lentelė. Dirvožemio ėminių ėmimo vietų aprašymas ir koordinatės
Table 1. *Description and coordinates of soil sampling locations*

Ėminio Nr. *Sample no.*	Vietos aprašymas *Location description*	Koordinatės *Coordinates*			
		LKS-94		WGS-84	
		X	Y	X	Y
1	Klaipėdos „Verdenės“ progimnazija *Klaipėda "Verdenė" pro-gymnasium*	319988	6180678	55.7272202	21.1339948
2	Klaipėdos Vitės pagrindinė mokykla *Klaipėda Vitė primary school*	318932	6179766	55.7186445	21.1178091
3	Klaipėdos Vitės pagrindinės mokyklos stadionas *Klaipėda Vitė primary school stadium*	318819	6179839	55.7192573	21.1159646
4	Švyturio g., greta gyvenamojo namo Nr. 14 *Švyturio St., next to residential building no. 14*	318620	6180020	55.7208069	21.1126815
5	Švyturio g., netoli gyvenamojo namo Nr. 18 *Švyturio st., near residential house no. 18*	318524	6180212	55.7224936	21.1110283



1 pav. Dirvožemio ėminių ėmimo vietų žemėlapis
Fig. 1. *Map of soil sampling locations*

Mielių išskyrimas iš dirvožemio. Mielių išskyrimas iš dirvožemio buvo atliktas suspensijos serijinio praskiedimo metodu. Kiekvieno ėminio 10g dirvožemio buvo įdėta į kolbutę su 90 ml sterilaus vandens ir 60 min. purtyta purtyklėje (IKA KS 260 basic, Vokietija) 180 rpm greičiu. Gauta suspensija buvo skiedžiama ir išsėjama ant Rose Bengal CAF Agar (Liofilchem, Italija). Lėkštelės inkubuotos termostate (Memmert IPP55, Vokietija) 19±1°C temperatūroje 3–5 paras (Botanikos..., 2007).

Po inkubacijos buvo suskaičiuotos mielių kolonijos (kolonijas sudarantys vienetai, KSV) ir apskaičiuotas jų kiekis 1 g absoliučiai sauso dirvožemio pagal formulę:

$$n = \frac{abc}{d}, \quad (1)$$

čia n – mikroorganizmų pradų (KSV) skaičius 1g s.s. (sauso substrato),
a – išaugusių kolonijų skaičius lėkštelėje,
b – suspensijos praskiedimas,
c – pasėtos suspensijos tūris (ml),
d – sauso dirvožemio svoris (g).
a – kintamasis vienas, vienetai;

Rezultatai pateikti suskaičiavus vidurkį iš ėminio pakartojimų (Botanikos..., 2007) .

Mielių identifikavimas. Išskirti mielių izoliatai buvo identifikuojami MALDI-TOF MS microflex® LRF (Bruker, JAV) ekstrakcijos skruzdžių rūgštimi metodu (Bruker..., 2008) ir klasikiniais metodais (Kurtzman ir kt., 2011).

Aptinkamumo dažnio skaičiavimas. Aptinkamumo dažnis (t. y. procentinė išraiška tarp ėminių, kuriuose aptikta mielių rūšis, ir viso tirtų ėminių skaičiaus, AD) (Stankevičienė, 2012) buvo skaičiuojamas pagal formulę:

$$A = \frac{B}{C} x100\%, \quad (2)$$

čia A – aptinkamumo dažnis (%),
B – tyrimų skaičius, kai rūšis buvo aptikta,
C – bendras tyrimų skaičius.

Rezultatai ir aptarimas

Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos (LGT) duomenimis (Lietuvos geologijos..., 2020) chromo kiekis tirtuose dirvožemio ėminiuose svyravo nuo 52 iki 1350 mg/kg (2 lentelė). Maksimalus leistinas chromo kiekis dirvožemyje pagal sveikatos apsaugos ministro įsakymą Nr. V-114 (Lietuvos respublikos..., 2004) yra 100 mg/kg. Tirtuose ėminiuose chromo kiekis nuo 6,1 iki 13,5 karto viršijo maksimalų leistiną kiekį.

2 lentelė. Chromo kiekis tirtuose dirvožemio ėminiuose (LGT duomenys)
Table 2. *Chromium content in the tested soil samples (data from the LGS)*

Ėminio Nr. *Sample no.*	Nustatytas chromo kiekis (mg/kg) *Determined chromium content (mg/kg)*	Viršija maksimalų leistiną kiekį (kartais) *Exceeds the maximum allowed amount (times)*
1	52	Neviršija *Does not exceed*
2	730	7,3
3	1350	13,5
4	700	7,0
5	610	6,1

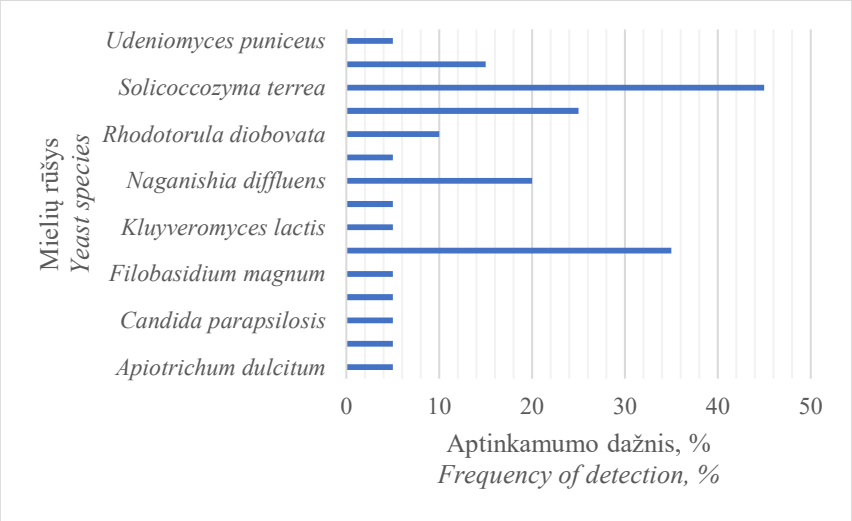
Tyrimo laikotarpiu didelių mielių skaičiaus svyravimų nebuvo stebėta. 2020 metų vasarą paimtuose dirvožemio ėminiuose mielių skaičius svyravo nuo 0,00 iki 7,05×102 KSV/g ir vidutiniškai sudarė 2,54×102 KSV/g, o didžiausias mielių skaičius nustatytas ėminyje Nr. 4. 2020 rudenį paimtuose dirvožemio ėminiuose mielių skaičius svyravo nuo 0,00 iki 12,53×102 KSV/g, vidutinis mielių skaičius buvo 4,08× 102 KSV/g, didžiausias mielių skaičius stebėtas ėminyje Nr. 1. 2021 vasarą paimtuose dirvožemio ėminiuose mielių skaičius svyravo nuo 0,00 iki 9,50×102 KSV/g, vidutinis mielių skaičius buvo 4,00×102 KSV/g, o didžiausias mielių skaičius nustatytas ėminyje Nr. 2. 2021 rudenį tirtuose dirvožemio ėminiuose mielių skaičius svyravo nuo 1,79×102 iki 8,57×102 KSV/g, vidutinis mielių skaičius buvo 4,98×102 KSV/g, o didžiausias mielių skaičius aptiktas ėminyje Nr. 2 (3 lentelė).

3 lentelė. Mielių skaičius skirtingais tyrimo laikotarpiais
Table 3. *The count of yeasts in different study periods*

Ėminio Nr. *Sample no.*	Mielių skaičius 10^2 (KSV/g) *Yeast count 10^2 (CFU/g)*			
	2020 m. vasara *Summer 2020*	2020 m. ruduo *Autumn 2020*	2021 m. vasara *Summer 2021*	2021 m. ruduo *Autumn 2021*
1	4,55±0,00	12,53±0,63	4,00±0,20	5,69±0,00
2	1,09±0,05	3,43±0,00	9,50±0,71	8,57±0,81
3	0,00	2,28±0,00	0,00	3,42±0,00
4	7,05±0,42	2,17±0,00	6,50±0,71	5,42±0,00
5	0,00	0,00	0,00	1,79±0,00

Tyrimo metu buvo išskirti 39 mielių izoliatai ir nustatyta 15 mielių rūšių. Dažniausiai išskirtos mielių rūšys buvo *Solicoccozyma terrea* (45,0 %), *Goffeauzyma gastrica* (35,0 %), *Rhodotorula mucilaginosa* (25,0 %) ir *Naganishia diffluens* (20,0 %) (2 pav.). Literatūros duomenimis, chromu užterštuose dirvožemiuose aptinkamos *Candida, Trichosporon, Cryptococcus, Guehomyces* ir kt. genčių mielės (Hu ir kt., 2018). Al-Battashi et al (2016) duomenimis *Candida* ir *Rhodosporidium* genčių mielės buvo atsparios chromo taršai. Šių autorių teigimu, tokios rūšys kaip *Candida albicans*, *Yarrowia lipolytica* ir *Saccharomyces cerevisiae* yra labai jautrios

chromui, tačiau pačių autorių išskirta nenustatytos rūšies *Candida* sp. mielė pasižymėjo atsparumu chromui ir gebėjo efektyviai dalyvauti chromo junginių redukcijoje (Al-Battashi, 2016).



2 pav. Išskirtų mielių rūšių pasiskirtymas pagal jų aptinkamumo dažnį

Fig 3. *Distribution of isolated yeast species according to their frequency of detection*

2020 metų vasarą paimtuose dirvožemio ėminiuose dažniausiai buvo aptiktos *Goffeauzyma gastrica*, *Naganishia diffluens, Rhodotorula mucilaginosa, Solicoccozyma terrea* ir *Tausonia pullulans* mielių rūšys (visos 40,0 %), 2020 m. rudenį – *Rhodotorula diobovata* (40,0 %), 2021 m. vasarą – *Goffeauzyma gastrica* ir *Solicoccozyma terrea* (po 33,3 %), o 2021 m. rudenį – *Solicoccozyma terrea* (60,0 %) (3 lentelė).

3 lentelė. Mielių rūšių pasiskirstymas pagal jų aptinkamumo dažnį (AD, %) skirtingais tyrimo laikotarpiais

Table 3. *Distribution of yeast species according to the frequency of detection (FD, %) in different study periods*

2020 m. vasara *Summer 2020*	AD, % *FD, %*	2020 m. ruduo *Autumn 2020*	AD, % *FD, %*	2021 m. vasara *Summer 2021*	AD, % *FD, %*	2021 m. ruduo *Autumn 2021*	AD, % *FD, %*
Apiotrichum dulcitum	20,0	*Aureobasidium pullulans*	20,0	*Rhodotorula mucilaginosa*	22,2	*Candida parapsilosis*	20,0
Cyberlindnera jadinii	20,0	*Goffeauzyma gastrica*	20,0	*Goffeauzyma gastrica*	33,3	*Goffeauzyma gastrica*	20,0
Filobasidium magnum	20,0	*Kluyveromyces lactis*	20,0	*Naganishia diffluens*	11,1	*Meyerozyma guilliermondii*	20,0
Goffeauzyma gastrica	40,0	*Pichia fermentans*	20,0	*Solicoccozyma terrea*	33,3	*Naganishia diffluens*	20,0
Naganishia diffluens	40,0	*Rhodotorula diobovata*	40,0			*Solicoccozyma terrea*	60,0
Rhodotorula mucilaginosa	40,0	*Rhodotorula mucilaginosa*	20,0			*Tausonia pullulans*	20,0
Solicoccozyma terrea	40,0	*Solicoccozyma terrea*	20,0			*Udeniomyces puniceus*	20,0
Tausonia pullulans	40,0						

Skirtingais tyrimo laikotarpiais buvo stebėti mielių izoliatų ir rūšių skaičiaus skirtumai. Daugiausia mielių izoliatų ir mielių rūšių buvo išskirta 2020 m. vasarą paimtuose dirvožemio ėminiuose, mažiausiai mielių izoliatų išskirta 2020 m. rudenį, o mažiausiai mielių rūšių – 2021 m. vasarą (4 lentelė).

4 lentelė. Mielių rūšių pasiskirstymas tirtuose dirvožemio ėminiuose skirtingais tyrimo laikotarpiais

Table 4. *Distribution of yeast species in the studied soil samples in different study periods*

Ėminio Nr. *Sample No.*	2020 m. vasara (birželis) Summer 2020 (June)	2020 m. ruduo (rugsėjis) Autumn 2020 (September)	2021 m. vasara (birželis) Summer 2021 (June)	2021 m. ruduo (rugsėjis) Autumn 2021 (September)
1	*Naganishia diffluens*	*Rhodotorula diobovata*	*Rhodotorula mucilaginosa*	*Naganishia diffluens*
	Rhodotorula mucilaginosa	*Solicoccozyma terrea*	*Solicoccozyma terrea*	*Solicoccozyma terrea*
2	*Cyberlindnera jadinii*	*Rhodotorula diobovata*	*Goffeauzyma gastrica*	*Meyerozyma guilliermondii*
	Goffeauzyma gastrica			*Solicoccozyma terrea*
	Rhodotorula mucilaginosa	*Rhodotorula mucilaginosa*	*Rhodotorula mucilaginosa*	*Udeniomyces puniceus*
	Tausonia pullulans			
3	*Solicoccozyma terrea*	*Pichia fermentans*	*Solicoccozyma terrea*	-
4	*Apiotrichum dulcitum*	*Aureobasidium pullulans*	*Goffeauzyma gastrica*	*Goffeauzyma gastrica*
	Filobasidium magnum	*Goffeauzyma gastrica*	*Naganishia diffluens*	*Guehomyces pullulans*
	Naganishia diffluens			
	Solicoccozyma terrea	*Kluyveromyces lactis*	*Solicoccozyma terrea*	*Solicoccozyma terrea*
	Tausonia pullulans			
5	*Goffeauzyma gastrica*	-	*Goffeauzyma gastrica*	*Candida parapsilosis*
Iš viso mielių izoliatų *Total yeast isolates*	13	8	9	9
Iš viso mielių rūšių *Total yeast species*	8	7	4	7

Išvados

1. Nustatyta, jog didžiausias mielių kolonijas sudarančių vienetų skaičius stebėtas dirvožemio ėminyje Nr. 1, o mažiausias ėminiuose Nr. 3 ir Nr. 5. Mielių skaičiui įtakos galėjo turėti chromo kiekio skirtumai ėminiuose. Didžiausias chromo kiekis, viršijantis didžiausią leistiną kiekį net 13,5 karto, nustatytas ėminyje Nr. 3, o mažiausias – ėminyje Nr. 1.
2. Tyrimo rezultatai parodė, jog dažniausiai išskirtos mielių rūšys buvo *Solicoccozyma terre*a, *Goffeauzyma gastrica*, *Rhodotorula mucilaginosa* ir *Naganishia diffluens*. Nustatyta, kad 2020 metų vasarą dažniausiai aptiktos mielių rūšys buvo *Goffeauzyma gastrica, Naganishia diffluens, Rhodotorula mucilaginosa, Solicoccozyma terrea* ir *Tausonia pullulans*, 2020 metų rudenį – *Rhodotorula diobovata*, 2021 metų vasarą – *Goffeauzyma gastrica* ir *Solicoccozyma terrea*, o 2021 metų rudenį – *Solicoccozyma terrea*.

Literatūra

1. Al-Battashi, H., Joshi, S. J., Pracejus, B., & Al-Ansari, A. (2016). The Geomicrobiology of Chromium (VI) Pollution: Microbial Diversity and its Bioremediation Potential. The Open Biotechnology Journal, 10(1), 379–389. https://doi.org/10.2174/1874070701610010379
2. Botanikos institutas, Biodestruktorių tyrimo laboratorija. (2007) Metodinės rekomendacijos. Mikromicetų išskyrimas iš dirvožemio, augalinės ir sintetinės kilmės substratų.
3. Bruker Daltonics. (2008) microflex™ User Manual.
4. HU, J., MENG, D., LIU, X., LIANG, Y., YIN, H., & LIU, H. (2018). Response of soil fungal community to long-term chromium contamination. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 28(9), 1838–1846. https://doi.org/10.1016/S1003-6326(18)64828-9
5. Kutzman, C., P., Fell, J., W., Boekhout, T. (2011) The yeasts: A taxonomic study. Elsevier.
6. Lietuvos geologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos. (2020) Raštas „Dėl dirvožemio taršos chromu Klaipėdoje“.

7. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas. (2004) Dėl Lietuvos higienos normos HN 60:2004 "Pavojingų cheminių medžiagų didžiausios leidžiamos koncentracijos dirvožemyje" patvirtinimo. Prieiga per internetą: https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.228693
8. Mejia, M. P., Rojas, C. A., Curd, E., Renshaw, M. A., Edalati, K., Shih, B., Vincent, N., Lin, M., Nguyen, P. H., Wayne, R., Jessup, K., & Parker, S. S. (2022). Soil Microbial Community Composition and Tolerance to Contaminants in an Urban Brownfield Site. Microbial Ecology. https://doi.org/10.1007/s00248-022-02061-1
9. Standartas ISO 18400-104:2018 (en) (2018) Soil quality — Sampling — Part 104: Strategies. Prieiga per internetą: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18400:-104:ed-1:v1:en
10. Stankevičienė, A. (2012) Mikroskopinių grybų rūšių įvairovė uždarame grunte auginamų augalų rizosferoje. Botanikos sodo raštai / Scripta Horti Botanici. ISSN 1392-3714.

Jonas Žvirgždas, Algimantas Paškevičius, Loreta Levinskaitė

Prevalence and Biodiversity of Yeast in Soil Contaminated with Chromium in the City of Klaipėda

Environmental pollution with heavy metals is one of the most significant environmental problems today. This problem can be suspected by the presence of certain microorganisms in the environment. One such group of microorganisms is yeast. Their properties can help predict environmental pollution and identify its sources. The aim of this study was to determine the prevalence and biodiversity of yeasts in chromium-contaminated soil of the city of Klaipėda. Samples of the soil where chromium pollution was observed were taken, the number of yeasts, species composition, and frequency of detection were determined. During the study, 39 yeast isolates were isolated and 15 yeast species were identified. The results of the study showed that the most commonly isolated yeast species were *Solicoccozyma terrea* (45.0%), *Goffeauzyma gastrica* (35.0%), *Rhodotorula mucilaginosa* (25.0%) and *Naganishia diffluens* (20.0%). The yeast count varied between 10^2–10^3 CFU/g throughout the study.

Yeast, chromium, pollution, soil.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Jonas ŽVIRGŽDAS. Gamtos tyrimų centro Biodestruktorių tyrimo laboratorijos doktorantas, biologas. Adresas: Akademijos g. 2, LT-08412, Vilnius, Tel. +370 5 279 6640, el. paštas: jonas.zvirgzdas@gamtc.lt.
Jonas ŽVIRGŽDAS. Nature Research Centre Laboratory of Biodeterioration Research, PhD student, biologist. Adress: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. +370 5 279 6640, e-mail: jonas.zvirgzdas@gamtc.lt.
Algimantas PAŠKEVIČIUS. Gamtos tyrimų centro Biodestruktorių tyrimo laboratorijos vadovas, vyriausiasis mokslo darbuotojas, biomedicinos mokslų daktaras. Adresas: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius, Tel. +370 5 271 1723, el. paštas: algimantas.paskevicius@gamtc.lt.
Algimantas PAŠKEVIČIUS. Nature Research Centre Laboratory of Biodeterioration Research, Head of Laboratory, Chief Researcher, Doctor of Biomedical Sciences. Adress: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. Phone: +370 5 271 1723, e-mail: algimantas.paskevicius@gamtc.lt.
Loreta LEVINSKAITĖ. Gamtos tyrimų centro Biodestruktorių tyrimo laboratorijos mokslo darbuotoja, biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius, +370 5 279 6640, el. paštas: loreta.levinskaite@gamtc.lt.
Loreta LEVINSKAITĖ. Nature Research Centre Laboratory of Biodeterioration Research, Researcher, Doctor of Biomedical Sciences Adresas: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. +370 5 279 6640, el. paštas: loreta.levinskaite@gamtc.lt

BIOLOGINIŲ PREPARATŲ IR ĮSĖLINIŲ TARPINIŲ PASĖLIŲ ĮTAKA DIRVOŽEMIO FERMENTŲ AKTYVUMUI EKOLOGINĖJE ŽEMDIRBYSTĖJE

Arūnas Čmukas, Aušra Marcinkevičienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Lauko eksperimentas vykdytas 2020–2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje karbonatingame stagniškame išplautžemyje (*Endocalcaric Amphistagnic Luvisol*). Tyrimų tikslas – nustatyti biologinių preparatų ir įsėlinių tarpinių pasėlių įtaką dirvožemio fermentų (sacharazės ir ureazės) aktyvumui vasarinių rapsų agrocenozėje ekologinės žemdirbystės sąlygomis. 2020 m. esmingai mažiausias dirvožemio fermento sacharazės aktyvumas nustatytas vasarinių rapsų įsėlyje auginant žieminius rugius ir naudojant biologinius preparatus. 2021 m. įsėliniai tarpiniai pasėliai ir biologiniai preparatai neturėjo esminės įtakos dirvožemio fermento sacharazės aktyvumui. 2020 m. laukeliuose, kuriuose vasariniai rapsai auginti be tarpinio pasėlio ir biologinių preparatų, fermento ureazės aktyvumas nustatytas esmingai nuo 1,4 iki 3,5 karto didesnis, palyginti su kitais laukeliais. 2021 m. auginant įsėlinius tarpinius pasėlius be biologinių preparatų fermento ureazės aktyvumas nustatytas didesnis negu su biologiniais preparatais.

Ekologinė žemdirbystė, vasariniai rapsai, įsėliniai tarpiniai pasėliai, biologiniai preparatai, dirvožemio fermentai.

Įvadas

Ekologinė žemdirbystė yra laikoma alternatyvia žemės ūkio sistema, kuri gali padėti išspręsti labai daug aplinkos apsaugos ir maisto kokybės problemų (Mie et al., 2017). Rapsai yra svarbūs aliejiniai augalai Europoje. Tačiau jų auginimas ekologinio ūkininkavimo sąlygomis susiduria su daug sunkumų: veislių parinkimas, vieta sėjomainoje, augalų mityba bei piktžolių, ligų ir kenkėjų problema (Charles et al., 2020). Lietuvoje 2022 m. ekologinės gamybos ūkiuose buvo auginama 6111,18 ha rapsų, iš jų 829,66 ha vasarinių ir 5281,52 ha žieminių (VŠĮ „Ekoagros“ duomenys, 2022).

Ekologinėje žemdirbystės sistemoje daug dėmesio skiriama dirvožemio derlingumo bei gyvybingumo išlaikymui. Vienas iš būdų tai padaryti yra tarpinių pasėlių auginimas. Tarpinius pasėlius galima auginti įvairiose žemdirbystės sistemose, tačiau didžiausią vaidmenį jie atlieka ekologinėje ir tausojančiojoje žemdirbystėje (Zuk-Golaszewska et al., 2019). Daugelis autorių nurodo, kad tarpiniai pasėliai gerina dirvožemio kokybę bei didina fermentų aktyvumą (Veres et al., 2015; Ma et al., 2017; Tyler, 2020). Fermentų aktyvumas dirvožemyje – svarbus dirvožemio derlingumo ir jo biologinio aktyvumo rodiklis (Lee et al., 2020). Dažniausiai tiriami fermentai urezė ir sacharazė priklauso hidrolazių klasei. Urezė atsakinga už azoto apykaitą, o sacharazė – už organinių anglies junginių kitimo procesus dirvožemyje (Rao, 2017). Dirvožemio fermentai yra glaudžiai susiję su dirvožemio fizikinėmis, cheminėmis ir biologinėmis savybėmis (Li et al., 2019). Taikydami tausojančiąsias ūkininkavimo sistemas, palikdami daugiau augalinių liekanų galime stimuliuoti fermentų aktyvumą dirvožemyje bei padidindami bendrąjį dirvožemio derlingumą (Nath et al., 2021). Pasaulyje populiarėja biologinių preparatų naudojimas, nes siekiama pagerinti pasėlių augimą, sveikatą ir derlingumą (Dara, 2022). Biologiniai preparatai yra alternatyva cheminėms trąšoms ir pesticidams, siekiant pagerinti dirvožemio derlingumą ir kontroliuoti kenkėjus ir ligas beveik visuose žemės ūkio pasėliuose. D. Maag et al. (2014) pateikia duomenis, kad biologiniai preparatai skatino rapsų augimą: esmingai didėjo antžeminės dalies ir šaknų biomasė.

Tyrimų tikslas – nustatyti biologinių preparatų ir įsėlinių tarpinių pasėlių įtaką dirvožemio fermentų (sacharazės ir ureazės) aktyvumui vasarinių rapsų agrocenozėje ekologinės žemdirbystės sąlygomis.

Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas atliktas 2020 ir 2022 m. Vytauto Didžiojo Universiteto Žemės ūkio akademijos (VDU ŽŪA) Bandymų stotyje (54°53′ N, 23°50′ E). Eksperimento dirvožemis – karbonatingas stagniškas išplautžemis (*Endocalcaric Amphistagnic Luvisol*) (WRB, 2022). Dirvožemio agrocheminės savybės: pH_{KCl} – 6,51–6,92, humuso kiekis – 2,14–2,67 %, judriųjų maisto medžiagų dirvožemyje: P_2O_5 – 226–305 mg kg^{-1}, K_2O – 109–118 mg kg^{-1}.

Dviejų veiksnių lauko eksperimentas įrengtas laukelių skaidymo metodu. Eksperimento variantai: A veiksnys: biologiniai preparatai: 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}). Pradinio laukelio plotas – 72 m^2, apskaitinio laukelio plotas – 20 m^2. Tyrimai atlikti 4 pakartojimais.

2020 ir 2021 m. eksperimento laukas du kartus dirbtas sudėtiniu kultivatoriumi KLG-4.0 ir pasėti vasariniai rapsai (*Brassica napus* L. spp. *oleifera biennis* Metzg.) 'Fenja' (7 kg ha^{-1}) (2020 m. balandžio 22 d., 2021 m. balandžio 28 d.), 48 cm tarpueiliais (sėta kas ketvirta eilutė, tarpuose uždarant po 3 sėklavamzdžius). Rapsų 2–3 lapelių tarpsniu (BBCH 12–13) tarpueiliai purenti purentuvu KOR-4.2-01 su strėliniais noragėliais. Į purentus rapsų tarpueilius įsėti įsėliniai tarpiniai pasėliai po dvi eilutes.

Vasariniai rapsai purkšti biologiniais preparatais Recharge (sudėtyje yra įvairios bakterijos ir grybelis *Metarhisium anisopliae* var. *Anisopliae* 4%) ir Fizimite (paviršiaus aktyviųjų medžiagų ir mikroelementų (Cu 0,7 %, Mn 0,7%, Zn 0,7%.) derinys) (Russel IPM Ltd, Didžioji Britanija). Biologinis preparatas Recharge purkštas sėjos metu ir praėjus mėnesiui po sėjos (1,5 kg ha^{-1}). Biologiniu preparatu Fizimite rapsai purkšti butonizacijos tarpsniu (BBCH 57–59) (1,0 l ha^{-1}). Rapsų sėklų derlius nuimtas kombainu Wintersteiger Delta 2020 m. rugpjūčio 28 d. bei 2021 m. rugsėjo 3 d.

Agrocheminės dirvožemio savybės nustatytos prieš eksperimento įrengimą. Kiekviename eksperimento laukelyje dirvožemio grąžtu paimti ėminiai iš 0–25 cm dirvožemio sluoksnio. Dirvožemio pH nustatytas potenciometriškai 1 N KCl ištraukoje, judrusis fosforas P_2O_5 ir kalis K_2O (mg kg^{-1} dirvožemio) – Egnerio-Rimo-Domingo (A–L) metodu, organinė anglis – Heraeus aparatu, deginant mėginius 900 ºC temperatūroje. Humuso kiekis buvo gautas organinės anglies kiekį padauginus iš 1,724 koeficiento. Tyrimai atlikti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro (LAMMC) Agrocheminių tyrimų laboratorijoje. Dirvožemio fermento ureazės aktyvumas nustatytas pagal Hofmann ir Schmidt (1953) metodus, sacharazės – pagal Hofmann ir Seegerer (1950) metodus, modifikuotus A. I. Čiunderovos (1973) po rapsų derliaus nuėmimo. Dirvožemio ėminiai paimti iš kiekvieno laukelio 15 vietų dirvožemio grąžtu 0–25 cm gyliu. Natūralaus drėgnumo ėminiai išdžiovinti pravertose dėžutėse laboratorijos temperatūroje (20–22 ºC).

Tyrimų duomenys statistiškai įvertinti kiekybinių požymių dviejų veiksnių dispersinės analizės metodu (Raudonius, 2017). Skirtumų tarp variantų vidurkių 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).

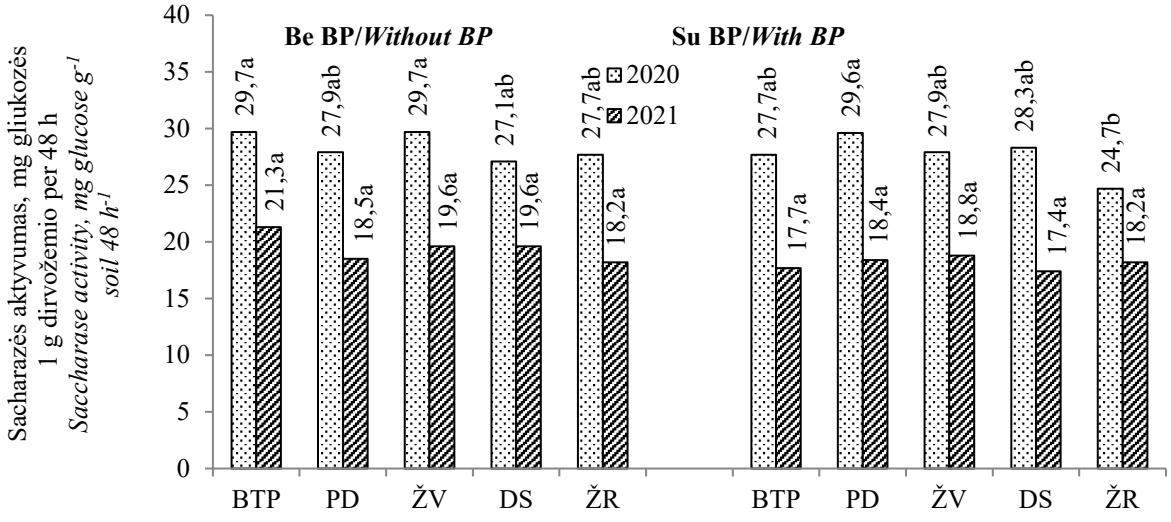
2020 m. augalų vegetacija atsinaujino balandžio mėn. 7 d. Balandžio mėn. buvo labai sausas. Gegužės mėn. buvo šaltas ir drėgnas. Birželio mėn. buvo karštas ir drėgnas. Liepos mėn. buvo vėsesnis ir sausesnis negu įprasta. Rugpjūčio mėn. buvo šiltesnis negu įprasta. Rugsėjo mėn. buvo šiltas ir sausas. Spalio, lapkričio ir gruodžio mėn. buvo šiltesni negu įprasta. 2021 m. augalų vegetacija atsinaujino balandžio mėn. 11 d. Balandžio mėn. buvo šaltesnis ir sausesnis negu įprasta. Gegužės mėn. buvo šaltas ir drėgnas. Birželio ir liepos mėn. buvo karšti ir sausi. Rugpjūčio mėn. buvo vėsesnis ir drėgnesnis negu įprasta.

Rezultatai ir aptarimas

2020 m. vasarinių rapsų agrocenozėje fermento sacharazės aktyvumas dirvožemyje kito nuo 24,7 iki 29,7 mg gliukozės 1 g dirvožemio per 48 h (1 pav.).

Laukeliuose be tarpinio pasėlio, laukeliuose, kuriuose į vasarinius rapsus buvo įsėti žieminiai vikiai ir nenaudoti biologiniai preparatai bei laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėti purpuriniai dobilai ir naudoti biologiniai preparatai, fermento sacharazės aktyvumas nustatytas esmingai 20,2 ir 19,8 % didesnis, palyginti su laukeliais, kuriuose į rapsus buvo įsėti žieminiai rugiai ir naudoti biologiniai preparatai. J. Wei et al. (2018) duomenimis, žieminiai tarpiniai pasėliai dirvožemio fermento sacharazės aktyvumą padidino 17,7 %, o ureazės – 21,7 %, palyginti su laukeliais be tarpinio pasėlio.

Sausais 2021 m. vasarinių rapsų agrocenozėje fermento sacharazės aktyvumas dirvožemyje kito nuo 17,4 iki 21,3 mg gliukozės 1 g dirvožemio per 48 h (1 pav.). Didžiausias, tačiau neesminis fermento sacharazės aktyvumas nustatytas laukeliuose, kuriuose rapsai auginti be įsėlinių augalų bei nenaudoti biologiniai preparatai. Laukeliuose, kuriuose vasariniai rapsai auginti kartu su įsėliniais augalais ir biologiniai preparatai nebuvo naudoti, palyginti su laukeliais, kuriuose jie naudoti, nustatyta fermento sacharazės aktyvumo didėjimo tendencija.



1 pav. Dirvožemio fermento sacharazės aktyvumas vasarinių rapsų agrocenozėje, 2020, 2021 m.

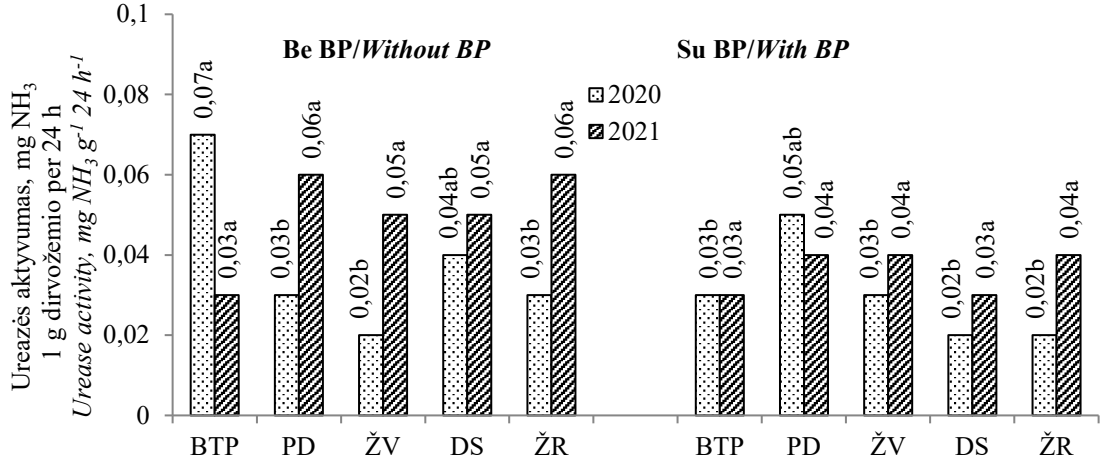
Fig. 1. *Soil enzyme saccharase activity in the spring oilseed rape agrocenosis, 2020, 2021*

Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b), yra esminiai ($P < 0,05$). BP – biologiniai preparatai (veiksnys A). Įsėliniai tarpiniai pasėliai (veiksnys B): BTP – be tarpinio pasėlio, PD – purpuriniai dobilai, ŽV – žieminiai vikiai, DS – daugiametės svidrės; ŽR – žieminiai rugiai.

Note. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b) are significant ($P < 0.05$). BP – biological preparations (Factor A). Undersown cover crops (Factor B): CC – crimson (incarnate) clover, HV – hairy (winter) vetch, PR – perennial ryegrass, WR – winter rye.

Dirvožemio fermentas ureazė vaidina lemiamą vaidmenį veiksmingai naudojant azoto trąšas dirvožemyje, o ureazės aktyvumo pakitimai gali būti naudojami kaip netiesioginis potencialiai prieinamo azoto kiekio dirvožemyje kitimo rodiklis (Farooq et al., 2021). Ureazės aktyvumas priklauso nuo auginamų augalų rūšių (Velmourougane et al., 2013).

2020 m. fermento ureazės aktyvumas dirvožemyje kito nuo 0,02 iki 0,07 mg NH_3 1 g dirvožemio per 24 h (2 pav.). Laukeliuose, kuriuose rapsai auginti be tarpinio pasėlio ir biologinių preparatų, ureazės aktyvumas nustatytas esmingai didesnis negu laukeliuose, kuriuose į rapsus buvo įsėti purpuriniai dobilai, žieminiai vikiai ir žieminiai rugiai ir nenaudoti biologiniai preparatai bei įsėti žieminiai vikiai, daugiametės svidrės ir žieminiai rugiai ir naudoti biologiniai preparatai, atitinkamai nuo 2,3 iki 3,5 karto.



2 pav. Dirvožemio fermento ureazės aktyvumas vasarinių rapsų agrocenozėje, 2020, 2021 m.

Fig. 2. *Soil enzyme urease activity in the spring oilseed rape agrocenosis, 2020, 2021*

Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b), yra esminiai ($P < 0,05$). BP – biologiniai preparatai (veiksnys A). Įsėliniai tarpiniai pasėliai (veiksnys B): BTP – be tarpinio pasėlio, PD – purpuriniai dobilai, ŽV – žieminiai vikiai, DS – daugiametės svidrės; ŽR – žieminiai rugiai.

Note. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b) are significant ($P < 0.05$). BP – biological preparations (Factor A). Undersown cover crops (Factor B): CC – crimson (incarnate) clover, HV – hairy (winter) vetch, PR – perennial ryegrass, WR – winter rye.

Naudojant biologinius preparatus laukeliuose be tarpinio pasėlio fermento ureazės aktyvumas nustatytas esmingai 2,3 karto mažesnis, negu jų nenaudojant.

2021 m. fermento ureazės aktyvumas dirvožemyje kito nuo 0,03 iki 0,06 mg NH_3 1 g dirvožemio per 24 h (2 pav.). Mažiausias fermento ureazės aktyvumas nustatytas laukeliuose be tarpinio pasėlio. Auginant įsėlinius tarpinius pasėlius be biologinių preparatų fermento ureazės aktyvumas nustatytas didesnis negu su biologiniais preparatais, tačiau neesmingai. Matomai, biologiniai preparatai suaktyvino rapsų ir įsėlinių augalų augimą, todėl buvo daugiau išnaudojama dirvožemyje esančių maisto medžiagų, nuo kurių priklauso fermentų aktyvumas. L. M. Rankoth et al. (2019) duomenimis, tarpiniai pasėliai darė nevienodą įtaką dirvožemio fermentų aktyvumui: vienų fermentų aktyvumą didino, kitų mažino, palyginti su laukeliais be tarpinio pasėlio. D. Sanchez de Cima et al. (2016) pateikia duomenis, kad žieminiai tarpiniai pasėliai padidino dirvožemio fermentų aktyvumą tik kartu tręšiant mėšlu (40 t ha^{-1}).

Išvados

1. 2020 m. esmingai mažiausias dirvožemio fermento sacharazės aktyvumas nustatytas vasarinių rapsų įsėlyje auginant žieminius rugius ir naudojant biologinius preparatus. 2021 m. įsėliniai tarpiniai pasėliai ir biologiniai preparatai neturėjo esminės įtakos dirvožemio fermento sacharazės aktyvumui.
2. 2020 m. laukeliuose, kuriuose vasariniai rapsai auginti be tarpinio pasėlio ir biologinių preparatų, fermento ureazės aktyvumas nustatytas esmingai nuo 1,4 iki 3,5 karto didesnis, palyginti su kitais laukeliais. 2021 m. auginant įsėlinius tarpinius pasėlius be biologinių preparatų fermento ureazės aktyvumas nustatytas didesnis negu su biologiniais preparatais.

Literatūra

1. Charles, R., Baux, A., Dierauer, H., Daniel, C. (2020). Organic rapeseed in Switzerland: 20 years of practice. *OCL*, 27, 68.
2. Chunderova, A. I. (1973). *The Enzymatic activity of sod-podzolic soils of the North-Western region*. Doctoral dissertation. Tallinn university, Tallinn, Estonia.
3. Dara, S. K. (2022). Chapter 19 - Biological inoculants and biopesticides in small fruit and vegetable production in California. *Biopesticides*, 2, 277–283.
4. Farooq, T. H., Kumar, U., Mo, J., Shakoor, A., Wang, J., Rashid, M. H. U., Tufail, M. A., Chen, X., Yan, W. (2021). Intercropping of peanut–tea enhances soil enzymatic activity and soil nutrient status at different soil profiles in subtropical southern China. *Plants*, 10, 881.
5. IUSS Working Group WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.
6. Lee, S. H., Kim, M. S., Kim, J. G., Kim, S. O. (2020). Use of soil enzymes as indicators for contaminated soil monitoring and sustainable management. *Sustainability*, 12, 1–14.
7. Li, Y., Nie, C., Liu, Y., Du, W., He, P. (2022). Soil microbial community composition closely associates with specific enzyme activities and soil carbon chemistry in a long-term nitrogen fertilized grassland. *Science of the Total Environment*, 654, 264–274.
8. Maag, D., Kandula, D. R. W., Müller, C., Mendoza-Mendoza, A., Wratten, S. D., Stewart, A., Rostás, M. (2014). *Trichoderma atroviride* LU132 promotes plant growth but not induced systemic resistance to *Plutella xylostella* in oilseed rape. *BioControl*, 59, 241–252.
9. Ma, Y. H., Fu, S. L., Zhang, X. P., Zhao, K., Chen, H. Y. (2017). Intercropping improves soil nutrient availability, soil enzyme activity and tea quantity and quality. *Applied Soil Ecology*, 119, 171–178.
10. Mie, A., Andersen, H. R., Gunnarsson, S., Kahl, J., Kesse-Guyot, E., Rembiałkowska, E., Quaglio, G., Grandjean, P. (2017). Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review. *Environmental Health*, 16, 111.
11. Nath, C. P., Kumar, N., Das, K., Hazra, K. K., Praharaj, C. S., Singh, N. P. (2021). Impact of variable tillage based residue management and legume based cropping for seven years on enzymes activity, soil quality index and crop productivity in rice eology. *Environmental and Sustainability Indicators*, 10, 1–11.
12. Parewa, H. P., Joshi, N., Meena, V. S., Joshi, S., Choudhary, A., Ram, M., Meena, S. C., Jain, L. K. (2021). In *Advances in Organic Farming: Agronomic Soil Management Practices*. Chapter 9 – Role of biofertilizers and biopesticides in organic farming. India, Woodhead Publishing, 133–159.
13. Rankoth, L. M., Udawatta, R. P., Veum, K. S., Jose, S., Alagele, S. (2019). Cover crop influence on soil enzymes and selected chemical parameters for a claypan corn–soybean rotation. *Agriculture*, 9, 1–13.

14. Rao, C. S., Grover, M., Kundu, S., Desai, S. (2017). *Soil Enzymes*. *Encyclopedia of Soil Science*. Taylor and Francis, 2100–2107.
15. Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(4), 377–382.
16. Sanchez De Cima, D., Tein, B., Eremeev, V., Luik, A., Kauer, K., Reintam, E., Kahu, G. (2016). Winter cover crop effects on soil structural stability and microbiological activity in organic farming. *Biological Agriculture and Horticulture*, 32(3), 170–181.
17. Tarakanovas, P., Raudonius, S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT, iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija.
18. Tyler, H. L. (2020). Winter cover crops and no till management enhance enzyme activities in soybean field soils. *Pedobiologia*, 81–82, 150666.
19. Velmourougane, K., Venugopalan, M. V., Bhattacharyya, T., Sarkar, D., Pal, D. K., Sahu, A., Chandran, P., Ray, S. K., Mandal, C., Nair, K. M. (2013). Urease activity in various agro-ecological sub-regions of black soil regions of India. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B – Biological Sciences*, 83, 513–524.
20. Veres, Z., Kotroczó, Z., Fekete, I., Tóth, J. A., Lajtha, K., Townsend, K., Tóthmérész, B. (2015). Soil extracellular enzyme activities are sensitive indicators of detrital inputs and carbon availability. *Applied Soil Ecology*, 92, 18–23.
21. Wei, J., Sun, B.-H., Zhai, L.-M., Guo, S.-F. (2018). Effects of winter cover crops on soil nutrients and microbial properties of cinnamon soil. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 34(5), 426–432.
22. Zk-Golaszewska, K., Wanic, M., Orzech, K. (2019). The role of catch crops in in the field plant production-a review. *Journal of Elementology*, 24(2), 575–587.

Arūnas Čmukas, Aušra Marcinkevičienė

The Influence of Undersown Cover Crops on Soil Enzymes Activity in the Organic Farming System

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 influence of biological preparations and undersown cover crops on soil enzymes activity in the spring oilseed agrocenosis under organic farming conditions. In 2020, significantly lowest activity of the soil enzyme saccharase was determined in the spring oilseed rape plots with undersown winter rye cover crop and using biological preparations. In 2021, undersown cover crops and biological preparations did not significantly affect the activity of the soil enzyme saccharase. In 2020, in the spring oilseed rape plots without cover crop and biological preparations, the activity of the enzyme urease was obtained significantly from 1.4 to 3.5 times higher, compared to other plots. In 2021, in the undersown cover crops without biological preparations, the activity of the enzyme urease was found higher than with biological preparations.

Organic farming, spring oilseed rape, undersown cover crops, biological preparations, soil enzymes.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

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. 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. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, PhD student of agriculture sciences. Adress: Studentu st. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr. Phone: +370 37 78 81 65, e-mail: 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. Adress: Studentu st. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr. Phone: +370 37 78 81 65, e-mail: ausra.marcinkeviciene@vdu.lt

DAUGIAFUNKCIŲ PASĖLIŲ PRODUKTYVUMAS

Aušra Rudinskienė, Aušra Marcinkevičienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Per pastaruosius penkis dešimtmečius technologinė pažanga žemės ūkyje leido patenkinti aukščiausius pasaulio žmonių populiacijos maisto, pašarų ir ląstelienos poreikius. Tačiau išlaikyti nuolat didėjančio gyventojų skaičiaus poreikius yra sudėtinga dėl plačios urbanizacijos, stiprios žemės degradacijos ir klimato kaitos. Atsiradęs ekologinės pusiausvyros disbalansas ir blogėjanti dirvožemio būklė skatina ieškoti naujų technologinių sprendimų. Daugiafunkciniai pasėliai, dar kitaip vadinami mišriais (daugianariais) pasėliais – tai dviejų ar daugiau žemės ūkio augalų, besiskiriančių savo vegetacijos trukme, biologinėmis ir agrotechninėmis savybėmis, auginimas tame pačiame lauke. Pagrindinis mišriųjų pasėlių modelio taikymo tikslas – nustatyti sinergiją tarp skirtingų, tačiau vienas kitą papildančių, augalų, kai jie gali augti kartu, o gautas rezultatas yra geresnis, nei jiems augant atskirai. Geresnis ekologinių ir fiziologinių procesų, turinčių įtakos piktžolių, kenkėjų ir ligų dinamikai, suvokimas galėtų gerokai padidinti pasėlių produktyvumą ir paskatinti priimti tvaresnius ūkininkavimo metodus. Esmingai didžiausias kmynų (*Carum carvi* L.) sėklų derlingumas 2018 ir 2020 m. susiformavo juos auginant po žirnių (0,94 ir 0,59 t ha^{-1}), o sausais 2019 m. – po vasarinių miežių (0,90 t ha^{-1}). Trečiaisiais metais esmingai didžiausias kmynų sėklų derlingumas (vidutiniškai 0,83 t ha^{-1}) susiformavo juos auginant po vasarinių miežių kartu su baltaisiais dobilais. Antrųjų ir trečiųjų metų kmynų sėklų derlingumas daugeliu atvejų priklausė nuo pasėlio tankumo.

Kmynai, derlingumas, daugiafunkciniai pasėliai, pasėlio tankumas.

Įvadas

Siekiant veiksmingai prisitaikyti prie klimato kaitos ir ją sušvelninti žemės ūkio valdymu, reikia sukurti paprastus, ekonomiškus ir iš esmės pritaikomus metodus (Naulleau ir kt., 2021), kurie užtikrintų ilgalaikį tvarų išteklių naudojimą ir ekologinį efektyvumą (Wang ir kt., 2022). Daugiafunkcinių pasėlių auginimas galėtų būti veiksminga žemės ūkio veikla, kuri pagerintų dirvožemį, subalansuotų maisto medžiagų apykaitą ir kartu padidintų kmynų sėklų derlių, kai jie auginami kaip įsėlis. Dirvožemio sveikatos, kokybės ir biologinės įvairovės tyrimai, orientuoti į agroekosistemų tvarumą, yra plačiai pripažįstami kaip svarbūs (Lehmann et al., 2020), ir tokio tipo tyrimų trūksta Lietuvoje.

Derlingumas laikomas vienu svarbiausių aspektų vertinant daugiafunkcinių pasėlių auginimo pritaikomumą ir produktyvumą (Mahapatra, 2011). Daugianarių pasėlių auginimo sistema yra naudingesnė, palyginti su vienanarių pasėlių auginimu, nes susidaro teigiamą komponentų tarpusavio sąveika. Sumažėja konkurencija dėl augimo aplinkoje esančių išteklių (Moghbeli ir kt., 2019). Kai kurie tyrėjai pažymi, kad gautas daugianarių pasėlių derlingumas yra stabilesnis (Corre-Hellou ir kt., 2006) ir dažnai didesnis (Gill ir kt., 2009), negu auginant vienos rūšies vienanarius pasėlius. Pagrindinė didesnio derliaus daugianariuose pasėliuose priežastis yra tai, kad augalai, geriau panaudoja natūralius aplinkos išteklius, nei tuomet, kai jie yra auginami atskirai (Eskandari ir kt., 2009). Didesnis derlius suformuojamas todėl, kad augimo ištekliai (šviesa, vanduo ir maisto medžiagos) yra daug geriau pasisavinami. Daugianariuose pasėliuose augalai tarpusavyje skiriasi lapų pločiu, taigi, jų fotosintetinis potencialas yra nevienodas, skiriasi lapų išsidėstymo architektūra bei jų vystymosi greitis, augalo šaknų sistemos tipas bei įsiskverbimo į dirvožemį gylis (Lulie, 2017). Skirtingos šaknų ir lapų sistemos gali pasisavinti daugiau šviesos ir daugiau vandens bei maistinių medžiagų nei tada, kai pasėlyje auga tik vienos rūšies augalai (Dusa, Stan, 2013). Pavyzdžiui, miglinių bei pupinių augalų mišinių derlius stabilesnis, o pasėlių nesėkmės rizika, kuri dažniausiai siejama su vienanarių pasėlių auginimu, yra mažesnė (Taddese ir kt., 2019).

Mokslinių tyrimų rezultatai atskleidžia, kad produktyviausi daugianariai pasėliai yra tie, kurių skirtingų augalų augimo trukmė labai skiriasi. Nuėmus anksti subrendusių rūšių derlių, vėliau brėstančios rūšys gali kompensuoti sumažėjusį maistinių medžiagų pasisavinimą ir išauginti gausų derlių (Bedoussac, Justes, 2010). Svarbiausias principas yra tas, kad dėl skirtingų sudedamųjų augalų augimo modelių išteklių kaupimas (taigi ir konkurencija) per vegetacijos sezoną pasiskirsto tolygiau, o didžiausias maistinių medžiagų poreikis susidaro skirtingais augimo etapais. Ilgainiui konkurencija iš esmės išvengiama (Li ir kt., 2003).

Konkurencija dėl šviesos, vandens, maisto medžiagų ir alelopatinis poveikis gali sumažinti daugianarių pasėlių augalų derlingumą (Taddese ir kt., 2019). Tačiau parinkus tinkamus augalus, sėjos normas bei keičiant pasėlio erdvinį išdėstymą, konkurencija gali sumažėti. Launay ir kt. (2009) nustatė, kad žemės ūkio augalų rūšių tankumas ir jų santykis daugianariuose pasėliuose turėjo nedidelį poveikį bendram augalų derlingumui. Kitų tyrėjų atlikti tyrimai rodo, kad du kartus padidinus sėklos normą, padidėjo grūdų derlingumas ir piktžolių

stelbimas (Mason ir kt., 2007). Malézieux ir kt. (2009) teigia, kad daugianarių pasėlių auginimo sėkmė, labiausiai priklauso nuo tokių pagrindinių faktorių: žemės ūkio augalų veislės, sėjos normos santykis, pasėlio tankumas, sėjos schemos parinkimas bei vietovės aplinkos sąlygos.

Tyrimo tikslas – palyginti kmynų pasėlio tankumą ir derlingumą auginant vienanarius, dvinarius bei trinarius pasėlius.

Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas atliktas 2017–2021 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje. Eksperimento lauko dirvožemis pagal tarptautinę klasifikaciją IUSS Working Group WRB – *Endocalcaric Amphistagnic Luvisol* (WRB, 2022). Dirvožemio agrocheminės savybės: pH – 6,70, organinės anglies – 0,91–1,08 %, judriųjų maisto medžiagų dirvožemyje: P_2O_5 – 213–318 mg kg^{-1}, K_2O – 103–125 mg kg^{-1}. Vieno veiksnio lauko eksperimentas įrengtas 2017 m. rendomizuotų pakartojimų blokų metodu. Pradinio laukelio dydis – 60 m^2, o apskaitinio – 20 m^2. Tyrimai atlikti 4 pakartojimais.

Eksperimento variantai. Vienanariai vasarinių miežių, vasarinių kviečių, žirnių ir kmynų pasėliai, dvinariai su kmynų įsėliu pasėliai, trinariai su kmynų ir baltųjų dobilų įsėliu pasėliai (10 variantų).

Daugiafunkciniai pasėliai buvo suformuoti trijų skirtingų sėjų (2017, 2018 ir 2019 m.). Kiekvienos sėjos daugiafunkciniai pasėliai auginti trejus metus. Eksperimento laukas 2016–2018 m. rudenį giliai suartas, o 2017–2019 m. pavasarį du kartus įdirbtas germinatoriumi KLG-4.0 bei tręštas kompleksinėmis trąšomis NPK 8-20-30 (300 kg ha^{-1}) trąšų bastomąja Amazone Zam 1201: 2017 m. (gegužės 5 d.), 2018 m. (balandžio 20 d.), 2019 m. (balandžio 30 d.) pasėti vasariniai miežiai (*Hordeum vulgare* L.) 'Orphelia KWS' (160 kg ha^{-1}), vasariniai kviečiai (*Triticum aestivum* L.) 'Quintus' (250 kg ha^{-1}) (2017 m.) ir 'Wicki' (250 kg ha^{-1}) (2018, 2019 m.), žirniai (*Pisum sativum* L.) 'Salamanca' (280 kg ha^{-1}), kmynai (*Carum carvi* L.) 'Gintaras' (7 kg ha^{-1}) 12 cm tarpueiliais. Dvinariuose ir trinariuose pasėliuose kmynai pasėti 24 cm tarpueiliais priešinga kryptimi pagrindiniam pasėliui. Baltieji dobilai (*Trifolium repens* L.) 'Sūduviai' (2 kg ha^{-1}) trinariuose pasėliuose įsėti į vasarinius miežius, vasarinius kviečius ir žirnius 12 cm tarpueiliais priešinga kryptimi pagrindiniam pasėliui. Augalų apsaugos produktai naudoti pagal įprastą technologiją vienanariams pasėliams, o dvinariuose ir trinariuose pasėliuose pagal poreikį. Antsėlių auginimo metais (2017, 2018, 2019 m.) vegetacijos metu vienanariai kmynų, vasarinių miežių ir vasarinių kviečių ir jų su kmynų įsėliu pasėliai tręšti amonio salietra 180 kg ha^{-1}, o pasėliai su kmynų ir baltųjų dobilų įsėliu – 150 kg ha^{-1}. Po antsėlinių augalų vasarinių miežių, vasarinių kviečių ir žirnių 2017, 2018, 2019 m. ir po vienanario kmyno pasėlio 2018, 2019, 2020 m. derliaus nuėmimo laukeliai sulėkščiuoti ir giliai suarti. Antraisiais kmynų auginimo metais, 2018 m. balandžio 20 d., pasėtas išlyginamasis pasėlis – vasariniai miežiai 'Orphelia KWS' (180 kg ha^{-1}), 2019 m. balandžio 18 d. – vasariniai kviečiai 'Wicki' (250 kg ha^{-1}) ir rugsėjo 11 d. žiemiai kviečiai 'Skagen', 2020 m. balandžio 8 d. – vasariniai miežiai 'Crescendo' (180 kg ha^{-1}). Trečiaisiais kmynų auginimo metais (2019 m. balandžio 18 d., 2021 m. balandžio 19 d.) pasėtas išlyginamasis pasėlis – vasariniai miežiai 'Crescendo' (180 kg ha^{-1}). Šie pasėliai, kaip ir vienanariai, buvo purkšti herbicidais bei tręšti mineralinėmis trąšomis.

Antraisiais ir trečiaisiais auginimo metais kmynai mineralinėmis trąšomis netręšti, augalų apsaugos priemonės nenaudotos. Nuėmus vienanario kmynų pasėlio derlių 2018, 2019, 2020 m. paliktas juodasis pūdymas. Kmynų derlius nuimtas kombainu Wintersteiger Delta (Austrija): 2018 m. liepos 9 d., 2019 m. liepos 5 d. ir 2020 m. liepos 9 d.

Kmynų pasėlio tankumo nustatymas. Antsėlių (vasarinių miežių, vasarinių kviečių ir žirnių), kmynų pasėlio tankumas įvertintas prieš jų derliaus nuėmimą. Augalai buvo skaičiuoti kiekvieno laukelio ilginiame metre dešimtyje atsitiktinai pasirinktų vietų. Pasėlio tankumas apskaičiuotas vnt. m^{-2}.

Derlingumo nustatymas. Kmynų sėklų derlingumas apskaičiuotas standartinio 12 % drėgnio ir absoliučiai švarių sėklų kiekiu (t ha^{-1}).

Statistinė analizė. Tyrimų duomenų statistinė analizė atlikta naudojantis kompiuterine programa ANOVA iš programų paketo SELEKCIJA. Skirtumų vertintinimui naudotas Dunkano kriterijus (Raudonius, 2017).

Rezultatai ir aptarimas

Kmynų pasėlio tankumas. 2017 metų sėjos kmynai. 2018 m. (II kmynų auginimo metais) vienanariame pasėlyje ir dvinariame pasėlyje po žirnių augusių produktyvių kmynų pasėlio tankumas nustatytas esmingai didesnis negu augusių po miežių be baltųjų dobilų bei žirnių kartu su dobilais, atitinkamai 1,4 ir 3,0 karto.

Trinariame pasėlyje po žirnių kartu su baltaisiais dobilais augusių kmynų pasėlio tankumas nustatytas esmingai 2,1 karto mažesnis negu augusių po miežių (dvinaris pasėlis) (1 lent.).

1 lentelė. Produktyvių kmynų tankumas daugiafunkciniuose pasėliuose, 2018–2021 m.
Table 1. *Density of productive caraway in multifunctional crops, 2018–2021*

Kmynų auginimo metai *Year of caraway production*	Metai *Years*	Kmynų pasėlio tankumas, vnt. m^{-2} *Density of caraway crop, pcs. m^{-2}*						
		Vienanaris Sole	*Dvinariai Binary*			*Trinariai Trinary*		
	Variantai *Treatments*	*KM*	*VM-KM*	*VK-KM*	*Ž-KM*	*VM-KM-BD*	*VK-KM-BD*	*Ž-KM-BD*
II	2018	69,0a	48,0b	0	69,0a	0	0	23,0c
III	2019	0	46,0a	45,0a	15,0d	22,0bc	25,0b	13,0d
II	2019	41,0b	56,0a	35,0b	52,0a	21,0c	14,0c	20,0c
III	2020	0	9,00b	14,0a	5,00c	15,0a	13,0a	5,00c
II	2020	23,0bc	36,0a	27,0b	41,0a	19,0c	24,0bc	23,0bc
III	2021	0	50,0b	33,0c	22,0d	62,0a	38,0c	39,0c

Pastaba: KM – kmynai, VM – vasariniai miežiai, VK – vasariniai kviečiai, Ž – žirniai, BD – baltieji dobilai. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d), skirtumai yra esminiai ($P < 0,05$).
Note: KM – caraway, VM – spring barley, VK – spring wheat, Ž – peas, BD – white clover. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c, d) are significant ($P < 0.05$).

2019 m. (III kmynų auginimo metais) prieš derliaus nuėmimą dvinariuose pasėliuose po miežių ir kviečių augusių kmynų pasėlių tankumas nustatytas esmingai didesnis negu augusių kituose pasėliuose, atitinkamai nuo 1,8 iki 3,5 karto (1 lent.). Mažiausias produktyvių kmynų skaičius nustatytas juos auginant trinariame pasėlyje po žirnių. Trinariuose pasėliuose tarp produktyvių kmynų pasėlio tankumo ir baltųjų dobilų antžeminės dalies biomasės nustatytas neigiamas, labai stiprus ir statistiškai patikimas koreliacinis priklausomumas ($r = -0,99$, $y = 46,4–10,7x$, $P < 0,05$).

2018 metų sėjos kmynai. 2019 m. (II kmynų auginimo metais) dvinariuose kmynų pasėliuose po miežių ir žirnių augusių produktyvių kmynų tankumas nustatytas esmingai didesnis negu augusių vienanariame pasėlyje, po kviečių be ir kartu su baltaisiais dobilais bei po vasarinių miežių ir kviečių su baltaisiais dobilais, atitinkamai nuo 1,4 iki 4,0 karto bei nuo 1,3 iki 3,7 karto (1 lent.).

2020 m. (III kmynų auginimo metais) prieš derliaus nuėmimą dvinariame pasėlyje po vasarinių kviečių bei trinariuose pasėliuose po vasarinių miežių ir kviečių augusių kmynų pasėlių tankumas nustatytas esmingai didesnis negu augusių kituose pasėliuose, atitinkamai nuo 1,4 iki 3,0 karto. Mažiausias produktyvių kmynų tankumas nustatytas juos auginant dvinariame ir trinariame pasėlyje po žirnių (1 lent.).

2019 metų sėjos kmynai. 2020 m. (II kmynų auginimo metais) dvinariame pasėlyje po vasarinių miežių ir žirnių augusių produktyvių kmynų pasėlio tankumas nustatytas esmingai didesnis negu augusių vienanariame pasėlyje, dvinariame vasarinių kviečių bei trinariuose pasėliuose po vasarinių miežių, kviečių ir žirnių kartu su baltaisiais dobilais, atitinkamai nuo 1,3 iki 2,2 karto (1 lent.). Mažiausias produktyvių kmynų tankumas nustatytas juos auginant trinariame pasėlyje po vasarinių miežių.

2021 m. (III kmynų auginimo metais) palankios meteorologinės sąlygos lėmė, kad didžiausias pasėlio tankumas susiformavo kmynus auginat trinariame vasarinių miežių pasėlyje. Palyginti su dvinariais ir trinariais pasėliais tankumas esmingai padidėjo nuo 1,2 iki 2,8 karto. Mažiausias produktyvių kmynų tankumas nustatytas juos auginant dvinariame pasėlyje po žirnių (1 lent.). Trinariuose pasėliuose produktyvių kmynų pasėlio tankumas priklausė nuo baltųjų dobilų antžeminės dalies biomasės ($r = -0,99$, $y = 157,6–40,7x$, $P < 0,05$).

Kmynų sėklų derlingumas. **2017 metų sėjos kmynai. 2018 m.** (II kmynų auginimo metais) dvinariuose kviečių, miežių bei trinariame kviečių pasėliuose augę kmynai nesuformavo reikiamo dydžio skrotelės, kad galėtų žydėti ir subrandinti sėklas. Tam įtakos galėjo turėti augalų tarprūšinė konkurencija, antsėlių nuėmimo laikas ir su tuo susijęs mažesnis saulės apšviestumas. Kmynai yra ilgos dienos augalai. Dėl mažo apšvietimo vėluoja ir mažėja jų derlingumas. Didžiausias kmynų sėklų derlingumas susiformavo juos auginant po žirnių dvinariame pasėlyje – 0,94 t ha^{-1} (2 lent.). Trinariuose pasėliuose po miežių ir žirnių kartu su baltaisiais dobilais augusių kmynų sėklų derlingumas nustatytas esmingai 2,6 ir 1,9 karto mažesnis negu augusių dvinariame pasėlyje po žirnių. Vienanariame kmynų pasėlyje sėklų derlingumas susiformavo mažesnis negu kai jie augo dvinariame pasėlyje po žirnių, tačiau esminio skirtumo nenustatyta.

2019 m. (III kmynų auginimo metais) dvinariame pasėlyje po miežių kmynų sėklų derlingumas nustatytas toks pat kaip ir antraisiais metais (2018 m.). Dvinariame pasėlyje po žirnių augusių kmynų sėklų derlingumas susiformavo ryškiai mažesnis negu antraisiais metais. Po žirnių kartu su dobilais augusių kmynų sėklų derlingumas nustatytas 1,9 karto didesnis negu antraisiais metais. Trinariame pasėlyje po kviečių kartu su dobilais augę kmynai sėklų derlių suformavo esmingai nuo 2,0 iki 16,0 karto didesnį negu kituose daugianariuose pasėliuose (2 lent.).

2 lentelė. Kmynų sėklų derlingumas, 2018–2021 m.
Table 2. *Caraway seed yield, 2018–2021*

Kmynų auginimo metai *Year of caraway production*	Metai *Years*	Kmynų sėklų derlingumas, t ha^{-1} *Seed yield of caraway crop, t ha^{-1}*						
		Vienanaris Sole	*Dvinariai Binary*			*Trinariai Trinary*		
	Variantai *Treatments*	*KM*	*VM-KM*	*VK-KM*	*Ž-KM*	*VM-KM-BD*	*VK-KM-BD*	*Ž-KM-BD*
II	2018	0,61ab	0,36b	0	0,94a	0	0	0,49b
III	2019	0	0,36b	0,47b	0,06c	0,47b	0,96a	0,26bc
Bendras *Total*		**0,61ab**	**0,72ab**	**0,47b**	**1,00a**	**0,47b**	**0,96a**	**0,74ab**
II	2019	0,50bc	0,90a	0,47bc	0,63b	0,36cd	0,20d	0,26d
III	2020	0	0,07bc	0,13ab	0,01c	0,17a	0,17a	0,05bc
Bendras *Total*		**0,50bc**	**0,97a**	**0,60b**	**0,64b**	**0,53bc**	**0,37c**	**0,31c**
II	2020	0,33b	0,42ab	0,35b	0,59a	0,27bc	0,33b	0,16c
III	2021	0	0,47bc	0,29c	0,12c	1,84a	0,84b	0,89b
Bendras *Total*		**0,33c**	**0,88b**	**0,64bc**	**0,71bc**	**2,11a**	**1,17b**	**1,05b**

Pastaba: KM – kmynai, VM – vasariniai miežiai, VK – vasariniai kviečiai, Ž – žirniai, BD – baltieji dobilai. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d), skirtumai yra esminiai ($P < 0,05$).
Note: KM – caraway, VM – spring barley, VK – spring wheat, Ž – peas, BD – white clover. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c, d) are significant ($P < 0.05$).

Didžiausias bendras kmynų sėklų derlingumas nustatytas juos auginant dvinariame pasėlyje po žirnių bei trinariame pasėlyje kartu su baltaisiais dobilais po kviečių. Mažiausias sėklų derlingumas susiformavo juos auginant dvinariame pasėlyje po kviečių bei trinariame pasėlyje kartu su dobilais po miežių.

2018 metų sėjos kmynai. 2019 m. (II kmynų auginimo metais) didžiausias sėklų derlingumas gautas juos auginant dvinariame pasėlyje po miežių (2 lent.). Tikėtina, jog gausiau augalinėmis lieknomis padengtame dirvožemyje buvo daugiau drėgmės. Vienanariame kmynų pasėlyje ir kituose dvinariuose bei trinariuose pasėliuose kmynų sėklų derlingumas nustatytas esmingai nuo1,4 iki 4,5 karto mažesnis negu augusių dvinariame pasėlyje po miežių. Dvinariame pasėlyje po žirnių augę kmynai suformavo esmingai nuo 1,8 iki 3,2 karto didesnį sėklų derlingumą negu augę trinariuose pasėliuose kartu su dobilais. Kmynų sėklų derlingumas priklausė nuo pasėlio tankumo ($r = 0,95$, $y = 0,005+0,01x$, $P < 0,01$).

2020 m. (III kmynų auginimo metais) dvinariuose ir trinariuose pasėliuose kmynų sėklų derlingumas susiformavo ryškiai mažesnis negu antraisiais metais. Tikėtina, kad tai lėmė nepalankios meteorologinės sąlygos žiemos ir pavasario laikotarpiais bei gausiai kmynų pasėlyje išplitusios piktžolės. Po miežių ir kviečių kartu su dobilais augę kmynai sėklų derlių suformavo nuo 2,4 iki 17,0 karto didesnį negu tie, kurie augo po miežių ir žirnių be baltųjų dobilų, t. p. augę po žirnių su baltaisiais dobilais. Didžiausias bendras kmynų sėklų derlingumas nustatytas juos auginant po miežių be baltųjų dobilų. Mažiausias sėklų derlingumas susiformavo juos auginant po kviečių ir žirnių kartu su baltaisiais dobilais (2 lent.).

Tarp kmynų sėklų derlingumo ir pasėlio tankumo nustatytas teigiamas, labai stiprus ir statistiškai patikimas koreliacinis priklausomumas ($r = 0,94$, $y = -0,04+0,01x$, $P < 0,01$).

2019 metų sėjos kmynai. 2020 m. (II kmynų auginimo metais) didžiausias kmynų sėklų derlingumas susiformavo juos auginant dvinariuose pasėliuose po žirnių be baltųjų dobilų (2 lent.). Vienanariame kmynų pasėlyje ir kituose dvinariuose bei trinariuose pasėliuose, išskyrus dvinarį vasarinių miežių pasėlį, kmynų sėklų derlingumas nustatytas esmingai nuo 1,7 iki 3,7 karto mažesnis negu augusių po žirnių. Dvinariuose pasėliuose

po vasarinių miežių ir vasarinių kviečių augę kmynai suformavo didesnį sėklų derlingumą negu kai jie augo trinariuose pasėliuose kartu su baltaisiais dobilais, tačiau esminių skirtumų nenustatyta. Kmynų sėklų derlingumą lėmė pasėlio tankumas (r = 0,87, y = -0,05+0,02x, P < 0,05).

2021 m. (III kmynų auginimo metais) dvinariuose pasėliuose po miežių ir kviečių be baltųjų dobilų augusių kmynų sėklų derlingumas nustatytas panašus kaip ir antraisiais metais (2020 m.). Trinariuose pasėliuose po miežių, kviečių ir žirnių kartu su baltaisiais dobilais augusių kmynų sėklų derlingumas susiformavo 6,8, 2,5 ir 5,6 karto didesnis negu antraisiais metais. Mažiausias kmynų sėklų derlingumas susiformavo juos auginant dvinariame pasėlyje po žirnių. Esmingai nuo 2,1 iki 15,3 karto didesnis kmynų sėklų derlingumas susiformavo juos auginant trinariame pasėlyje kartu su dobilais po miežių, palyginti su kitais dvinariais ir trinariais pasėliais. Trinariuose pasėliuose po kviečių ir žirnių augę kmynai kartu su dobilais suformavo 2,9 ir 7,4 karto didesnį sėklų derlingumą negu dvinarių pasėlių, auginamų be dobilų. Iš esmės nuo 1,8 iki 6,4 didesnis bendras kmynų sėklų derlingumas nustatytas juos auginant trinariame pasėlyje kartu su dobilais po miežių, palyginti su kitais dvinariais ir trinariais pasėliais (2 lentelė). Nustatytas teigiamas, stiprus ir statistiškai patikimas priklausomumas tarp kmynų sėklų derlingumo ir pasėlio tankumo: r=0,83, y = -0,76+40,7x, P < 0,05.

Išvados

1. Didžiausias produktyvių kmynų pasėlio tankumas antraisiais metais susiformavo auginant juos po žirnių, o trečiaisiais metais – po vasarinių miežių kartu ir ne kartu su baltaisiais dobilais. Antraisiais kmynų auginimo metais trinariuose pasėliuose produktyvių kmynų pasėlio tankumas susiformavo žymiai mažesnis negu vienanariame ir dvinariuose pasėliuose, nes buvo konkuruojama su baltaisiais dobilais. Trinariuose pasėliuose trečiųjų metų produktyvių kmynų pasėlio tankumas priklausė nuo baltųjų dobilų antžeminės dalies biomasės (r = -0,99, P < 0,05).
2. Esmingai didžiausias kmynų sėklų derlingumas 2018 m. ir 2020 m. (atitinkamai 0,94 ir 0,59 t ha^{-1}) buvo juos auginant po žirnių, o sausais 2019 metais – po vasarinių miežių (0,90 t ha^{-1}). Trečiaisiais metais didžiausias kmynų sėklų derlingumas (vidutiniškai 0,83 t ha^{-1}) susiformavo juos auginant po vasarinių miežių kartu su baltaisiais dobilais.
3. Antrųjų ir trečiųjų metų kmynų sėklų derlingumas daugeliu atvejų priklausė nuo pasėlio tankumo. Nustatyti tiesioginiai stiprūs ir labai stiprūs bei statistiškai patikimi koreliaciniai priklausomumai.

Literatūra

1. Bedoussac, L.; Justes, E. (2010). The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth. Plant and Soil, 330, 19–35.
2. Corre-hellou, G.; Fustec, J.; Crozat, Y. (2006). Interspecific competition for soil N and its interaction with N_2 fixation, leaf expansion and crop growth in pea–barley intercrops. Plant and Soil, 282, 195–208.
3. Dusa, E. M.; Stan, V. (2013).The effect of intercropping on crop productivity and yield quality of oat (*Avena sativa* L.)/ grain leguminous species (pea – *Pissum sativum* L., lentil – *Lens culinaris* L.) cultivated in pure stand and mixtures, in the organic agriculture system. European Scientific Journal, 9(21), 69–78.
4. Eskandari, H.; Ghanbari-Bonjar, A.; Galavi, M.; Salari, M. (2009). Forage quality of cow pea (*Vigna sinensis*) intercropped with corn (*Zea mays*) as affected by nutrient uptake and light interception. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 37(1), 171–174.
5. Gill, S.; Abid, M.; Azam, F. (2009). Mixed cropping effects on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietenum* L.). Pakistan Journal of Botany, 41(3), 1029–1036.
6. IUSS Working Group WRB. (2022). World reference base for soil resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. Prieiga per internetą: https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-classification/universal-soil-classification/en/
7. Launay, M.; Brisson, N.; Satger, S.; Hauggaard-Nielsen, H.; Corre-Hellou, G.; Kasynova, E.; Ruske, R.; Jensen, E. S.; Gooding, M. J. (2009). Exploring options for managing strategies for pea–barley intercropping using a modeling approach. European Journal of Agronomy, 31(2), 85–98.
8. Lehmann, J.; Bossio, D. A.; Kögel-knabner, I.; Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. Nature Reviews Earth and Environment, 1(10), 544–553.
9. Li, L.; Zhang, F.; Li, X.; Christie, P.; Sun, J.; Yang, S.; Tang, C. (2003). Interspecific facilitation of nutrient uptake by intercropped maize and faba bean. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 65, 61–71.

10. Lulie, B. (2017). Intercropping practice as an alternative pathway for sustainable agriculture: A review. Academic Research Journal of Agricultural Science and Research, 5(6), 440–452.
11. Mahapatra, S. C. (2011). Study of grass-legume intercropping system in terms of competition indices and monetary advantage index under acid lateritic soil of India. American Journal of Experimental Agriculture, 1(1), 1–6.
12. Malézieux, E.; Crozat, Y.; Dupraz, C.; Laurans, M.; Makowski, D.; Ozier-Lafontaine, H.; Rapidel, B.; De Tourdonnet, S.; Valantin-Morison, M. (2009). Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models: a review. Agronomy for Sustainable Development, 29, 43–62.
13. Mason, H.; Navabi, A.; Frick, B.; O'Donovan, J.; Spaner, D. (2007). Cultivar and seeding rate effects on the competitive ability of spring cereals grown under organic production in northern Canada. Agronomy Journal, 99(5), 1199–1207.
14. Moghbeli, T.; Bolandnazar, S.; Panahande, J.; Raei, Y. (2019). Evaluation of yield and its components on onion and fenugreek intercropping ratios in different planting densities. Journal of Cleaner Production, 213, 634–641.
15. 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, 11(607859), 1–20.
16. Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: important issues. Žemdirbystė–Agriculture, 104 (4), 377–382.
17. Taddese, G.; Eshete, A.; Wondaferew, D.; Ababu, K.; Gashaw, S. (2019). Effect of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fababean (*Vicia fabae* L.) intercropping on barley and fababean yield components. Forestry Research and Engineering, 3, 7–13.
18. Wang, G.; Shi, R.; Mi, L.; Hu, J. (2022). Agricultural Eco-Efficiency: Challenges and Progress. Sustainability, 14(3), 1051.

Aušra Rudinskienė, Aušra Marcinkevičienė

Productivity of Multifunctional Crops

Over the past five decades, technological advances in agriculture have made it possible to meet the world's human population's highest demands for food, feed and fibre. However, sustaining the needs of an ever-increasing population is challenging due to widespread urbanisation, severe land degradation and climate change. The resulting ecological imbalances and deteriorating soil conditions are driving the search for new technological solutions. Multifunctional crops, also known as mixed crops, are the cultivation of two or more agricultural crops on the same field, differing in their length of growing season, biological and agrotechnical characteristics. The main objective of the mixed cropping model is to identify synergies between different but complementary crops, where they can grow together with better results than when grown separately. A better understanding of the ecological and physiological processes that influence the dynamics of weeds, pests and diseases could lead to a significant increase in crop productivity and encourage the adoption of more sustainable farming practices. Caraway (*Carum carvi* L.) seed yields are significantly highest in 2018 and 2020 when grown after peas (0.94 and 0.59 t ha^{-1}) and in dry 2019 after spring barley (0.90 t ha^{-1}). In the third year, caraway seed yields were significantly highest (on average 0.83 t ha^{-1}) when grown after spring barley together with white clover. In the second and third years, the yield of caraway seeds depended in most cases on the density of the crop.

Caraway, yield, multifunctional crops, crop density.

Gauta 2023 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2023 m. balandžio mėn.

Aušra RUDINSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Agronomijos fakulteto, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų srities jaunesnioji mokslo darbuotoja, Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r., el. paštas: ausra.rudinskiene@vdu.lt
Aušra RUDINSKIENĖ. Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Junior Research Assistant of Agriculture Science. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno distr., Lithuania, e-mail: ausra.rudinskiene@vdu.lt
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 37 788 165, el. paštas: ausra.marcinkeviciene@vdu.lt
Aušra MARCINKEVIČIENĖ 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. Phone: +370 37 788 165, e-mail: ausra.marcinkeviciene@vdu.lt

ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA 2023

HUMAN AND NATURE SAFETY 2023

Leidinį maketavo: Rasa Švobaitė

2023 05 02. Tiražas 20 egz. Užsakymo Nr. K23-017.

Išleido
Vytauto Didžiojo universitetas
K. Donelaičio g. 58, LT–44248, Kaunas
www.vdu.lt | leidyba@vdu.lt