

Ilgalaikės augalų kaitos įtaka žieminių ir vasarinių javų produktyvumui

Lina Marija Butkevičienė,

Ingė Auželienė,

Vaclovas Bogužas

Vytauto Didžiojo universiteto
Žemės ūkio akademija,
Studentų g. 11,
53361 Akademija, Kauno r.
El. paštas vaclovas.boguzas@vdu.lt

Lauko eksperimentas buvo atliekamas 2015–2017 m. VDU Žemės ūkio akademijos (anksčiau Aleksandro Stulginskio universitetas) bandymų stotyje, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų instituto sėjomainų kolekcijoje, 1966 m. įkurtoje prof. A. Stancevičiaus. Dirvožemis – drenuotas, giliau karbonatingas sekliu glėjiškas rudžemis (*Endocalcari-Epihypogleyic Cambisol*). Tyrimai vykdyti žieminio rugio (*Secale cereale* L.) ‘Matador’, žieminio kviečio (*Triticum aestivum* L.) ‘Skagen’ ir vasarinio miežio (*Hordeum vulgare* L.) ‘Orphelija’ pasėliuose, kurie buvo pasėti aštuoniuose skirtinguose sėjomainose po skirtingų priešėlių ir rugių monopasėlyje. Tyrimo tikslas – ištirti ilgalaikės augalų kaitos derinių poveikį tiriamų žemės ūkio augalų derlingumui ir derliaus struktūros elementams. Daugeliu atvejų rugių derliaus produktyvumo elementai buvo mažesni juos auginant 50 metų monopasėlyje. Geriausi produktyvumo rodikliai nustatyti rugius auginant žolinėje ir pūdiminėje grandyse, o kviečius – užimtame pūdyme ir tręšiant galvijų mėšlu. Šie rodikliai rugių pasėliuose labiau priklausė nuo kritulių kiekio ir temperatūrų sumos, kai formavosi generatyviniai organai. Tarp šių rodiklių ir produktyvių stiebų skaičiaus nustatyti statistiškai patikimai stiprūs ir vidutinio stiprumo koreliaciniai ryšiai: $r = 0,83, P \leq 0,01$; $r = 0,90, P \leq 0,05$; $r = 0,58, P \leq 0,05$; $r = 0,85, P < 0,01$, o žieminių kviečių – $r = 0,87, P \leq 0,01$; $r = 0,89, P \leq 0,01$. Geriausia žieminiai kviečiai dera auginami sėjomainoje po daugiamečių žolių ir ankštinių augalų. Augalų derlingumas monopasėlyje mažėja, tačiau optimalus tręšimas mineralinėmis trąšomis palaiko nors ir mažesnę negu sėjomainose, tačiau stabilų derlingumą. Vasariniai miežiai ne tokie reiklūs priešėliams, todėl juos galima auginti ir po žieminių javų, tačiau jie būna derlingesni, kai pasėjami po kaupiamųjų ir sėjomainose, kuriose vienas iš rotacijos narių tręšiamas organinėmis trąšomis.

Raktažodžiai: sėjomainos, priešėlių vertė, monopasėliai, javų derlingumas, žieminiai rugiai, žieminiai kviečiai, vasariniai miežiai

ĮVADAS

Vienas iš pagrindinių 21-ojo amžiaus iššūkių mūsų besivystančioje visuomenėje – pagaminti pakankamai maisto saugant aplinką ir žemės ūkio ekonominę gerovę (Roberttson, Swinton, 2005; Foley et al., 2011). Per pastarąjį pusę amžiaus tra-

dicinės augalininkystės metodai daugiausia priklausė nuo naudojamų trąšų ir pesticidų siekiant išauginti kuo didesnę derlių, tačiau pablogėjo vandens kokybė ir iškilo grėsmė žmonių sveikatai bei aplinkai, laukinė gamta atsidūrė pavojuje (Dubrovsky et al., 2010; Rohr, McCoy, 2010). Kuriant augalininkystės sistemas, daugiausia dėmesio

reikia skirti dirvožemio naudojimo efektyvumo gerinimui ir poveikio aplinkai mažinimui, mažiau naudoti pesticidų, o ieškoti alternatyvių priemonių, ligų bei piktžolių kontrolės metodų (Tilman et al., 2002; Foley et al., 2011). Tinkamas dirvožemio naudojimas yra vienas iš svarbiausių veiksnių siekiant išlaikyti ar pagerinti žemės ūkio augalų produktyvumą, kovoti su dirvožemio ir aplinkos būklės blogėjimu (Lal, 2000).

Dirvožemio derlingumo išsaugojimas labiausiai priklauso nuo jo naudojimo, tai yra auginamų augalų. Skirtingos augalų rūšys derliui formuoti nevienodai efektyviai naudoja trąšas, todėl nuo jų paskirstymo sėjomainoje didele dalimi priklauso pačios sėjomainos efektyvumas (Janušauskaitė, Mašauskas, 2006). Atsėliuojami pasėliai kur kas labiau nualina dirvožemį, palyginti su auginamais taikant sėjomainas (Denef et al., 2001; Franzluebbers, 2002a, b). Sudarant sėjomainą svarbu, kad augalai ne tik užaugintų gausų derlių, bet ir tausotų dirvožemį. Yra žinoma, kad žemės ūkio augalų auginimas taikant sėjomainą ne tik padeda palaikyti dirvos derlingumą, bet ir leidžia išvengti masinio žaladarių plitimo (Ball et al., 2005; Bennett et al., 2011). Intensyviuose ūkiuose daug naudojama mineralinių trąšų, pesticidų, o tai neigiamai veikia ne tik aplinką, bet kenkia ir žmonių sveikatai. Tinkamai parinkta augalų kaita sėjomainoje ne blogiau negu pesticidai padeda išvengti augalų ligų ir kenkėjų, mažina pasėlių piktžolėtumą (Šarūnaitė ir kt., 2008).

Teisingai pasirinkus priešsėlį, galima racionaliai išspręsti augalų mitybos problemas, ligų ir kenkėjų plitimą, taip pat sumažinti piktžolėtumą. Augalų įvairovė ūkyje, tinkamai parinkta sėjomaina padeda išlaikyti stabilų dirvos derlingumą. Auginant įvairius augalus ir juos kaitaliojant, mažiau reikia mineralinių trąšų ir pesticidų, tai padeda sumažinti produkcijos savikainą bei išsaugoti sveiką aplinką (Ball et al., 2005; Arlauskienė, Maikštėnienė, 2006). Nuolatinis dviejų ar trijų rūšių augalų auginimas gali sumažinti pasėlių derlių. Siaura sėjomainos specializacija didina darbų įtampą pasėlių sėjos, priežiūros ir derliaus nuėmimo metu (Seibutis ir kt., 2015). Sėjomainų supaprastinimas tiek Lietuvoje, tiek visame pasaulyje paprastai padidina javų dalį pasėlių struktūroje. Javai neigiamai veikia dirvožemio savybes, didina vienaskilčių piktžolių plitimą, taip pat pagausėja įvairių patogenų, todėl nukenčia javų derlingumas (Velykis, Satkus, 2006; Adamiak, 2007; Smith et al., 2008).

Su javų grūdų ir šiaudų derliumi iš dirvožemio pasišalina didžiuliai kiekiai maisto medžiagų (Jodaugienė ir kt., 2015). Intensyviai ūkininkaujant dažniausiai vienintelės organinės medžiagos, kurios patenka į dirvožemį, yra tik augalinės liekanos, likusios po derliaus nuėmimo. Nuo to, kokią masę palieka kiekvienas augalas, priklauso ne tik humuso atsargos dirvožemyje, bet ir jo cheminė sudėtis (Bakšienė ir kt., 2013). Taikant sėjomainą nereikėtų pamiršti ir tarpinių augalų – esant galimybei tręšti mėšlu ir bent kas trečius metus įterpti ant dirvos likusius šiaudus (Balnytė, 2010). VDU Žemės ūkio akademijos bandymų laukuose atlikti tyrimai parodė, kad pasėlių auginimas žaliajai trąšai neigiamą azoto balansą gali sumažinti 3,7–38,8 %. Sėjomainose su trumpa rotacija, ypač ten, kur daugiametės žolės auginamos vienus metus, tarpinių pasėlių žaliajai trąšai auginimas bei tręšimas mėšlu sėkmingai palaiko dirvožemio potencialų derlingumą (Balnytė, 2010). S. Gužio ir Z. Petrokienės (2006) tyrimų rezultatai įrodo, kad teisingas sėjomainų parinkimas gali sėkmingai sustabdyti dirvožemio degradaciją, aprūpinti augalus maisto medžiagomis nenaudojant mineralinių trąšų arba jų naudojant žymiai mažiau. A. S. Davisas (2012) su mokslininkų grupe, atlikęs aštuonerių metų eksperimentą, teigia, kad grūdų derlius, išaugintų produktų masė ir pelnas įvairiose sistemose taikant sėjomainas, į kurias įtraukti ankštiniai augalai, ir tręšimas galvijų mėšlu buvo panašūs arba didesni nei tradicinėse sėjomainose gausiai naudojant pesticidus ir trąšas.

Taigi, tinkama augalų kaita užtikrina geresnes augalų vystymosi sąlygas, didina pasėlių produktyvumą. Kol kas trūksta žinių apie augalų kaitos poveikį šiuolaikinėmis ūkininkavimo sąlygomis, stokojama įvairių augalų kaitos derinių palyginimo tyrimų. Ypač pasigendama ilgalaikio sėjomainų poveikio tyrimų. Šio darbo tikslas – ištirti ilgalaikės augalų kaitos derinių poveikį plačiausiai auginamų javų derlingumui ir derliaus struktūros elementams.

METODAI IR SĄLYGOS

Ilgalaikis stacionarus lauko eksperimentas atliktas 2015–2017 m. VDU Žemės ūkio akademijos (buvęs Aleksandro Stulginskio universitetas (ASU)) bandymų stotyje, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų instituto sėjomainų kolekcijoje, įkurtoje

1966 metais. Dirvožemis drenuotas, giliau karbonatingas sekliai glėjiškas rudžemis (*Endocalcari-Epithypogleyic Cambisol*). Granuliometrinė sudėtis – dulkiškas priemolis ant priemolio ir molio. Vidutiniai maisto medžiagų kiekiai tirtame dirvožemyje (2014, 2015 ir 2016 m. duomenys): pH – 6,6–7,0; P₂O₅ – 131–206,7 mg kg⁻¹; K₂O – 72,0–126,9 mg kg⁻¹.

Tyrimai vykdyti praėjus 50 metų nuo eksperimento įrengimo žieminio rugio (*Secale cereale* L.) 'Matador', žieminio kviečio (*Triticum aestivum* L.) 'Skagen' ir vasarinio miežio (*Hordeum vulgare* L.) 'Orphelija' pasėliuose, kurie buvo pasėti taikant aštuonias skirtingas sėjomainas po skirtingų priešė-

lių, ir rugių monopasėlyje (1 lentelė). Pradinis laukelių dydis – 182 m², apskaitomojo laukelio plotas – 32 m², jis suskirstytas į tris pakartojimus.

Rugių, kviečių ir miežių produktyvūs stiebai suskaičiuoti išilgai eilutės, naudojant vieno metro ilgio abipusę liniuotę, penkiose vietose. Stiebų skaičius perskaičiuotas vnt. m⁻².

Rugių, kviečių ir miežių biometrinių (augalo aukštis) **ir derliaus struktūros elementų** (grūdų skaičius varpoje, varpos grūdų masė, 1 000 grūdų masė) tyrimai prieš derliaus nuėmimą atlikti kiekviename eksperimento pakartojimo laukelyje išpjauant po 50 produktyvių stiebų (BBCH 99). 1 000 grūdų masė buvo nustatoma tiksliaja sėklų

1 lentelė. Augalų kaita sėjomainose

Table 1. Crop rotation sequence

Sėjomaina Crop rotation	Sėjomainos komponentai Crop rotation sequence
Javų Cereal	1) vikių ir avižų mišinys žaliajam pašarui / <i>Vetch-oat mixture</i> ; 2) žieminiai kviečiai / <i>Winter wheat</i> ; 3) sėjamosios avižos / <i>Oat</i> ; 4) vasariniai miežiai / <i>Spring barley</i>
Trilaukė Three-course	1) juodasis pūdymas / <i>Black fallow</i> ; 2) žieminiai rugiai / <i>Winter rye</i> ; 3) sėjamosios avižos / <i>Oat</i>
Rugių monopasėlis <i>Winter rye monoculture</i>	1) žieminiai rugiai / <i>Winter rye</i>
Lauko sėjomaina su kaupiamaisiais <i>Field rotation with row crops</i>	1) žieminiai kviečiai + įsėlis / <i>Winter wheat + undersown crop</i> ; 2) daugiametės žolės I n. m. / <i>Perennial grasses in the 1st year of use</i> ; 3) daugiametės žolės II n. m. / <i>Perennial grasses in the 2nd year of use</i> ; 4) žieminiai rugiai / <i>Winter rye</i> ; 5) cukriniai runkeliai / <i>Sugar beet</i> ; 6) vasariniai miežiai / <i>Spring barley</i> ; 7) sėjamosios avižos / <i>Oat</i> ; 8) juodasis pūdymas / <i>Black fallow</i>
Pašarinė <i>Fodder</i>	1) daugiametės žolės I n. m. / <i>Perennial grasses in the 1st year of use</i> ; 2) daugiametės žolės II n. m. / <i>Perennial grasses in the 2nd year of use</i> ; 3) daugiametės žolės III n. m. / <i>Perennial grasses in the 3rd year of use</i> ; 4) daugiametės žolės IV n. m. / <i>Perennial grasses in the 4th year of use</i> ; 5) linai / <i>Flax</i> ; 6) kukurūzai / <i>Corn</i> ; 7) pašariniai runkeliai / <i>Fodder beet</i> ; 8) vasariniai miežiai + įsėlis / <i>Spring barley + undersown crop</i>
Norfolko <i>Norfolk</i>	1) raudonieji dobilai / <i>Clover</i> ; 2) žieminiai kviečiai / <i>Winter wheat</i> ; 3) kaupiamieji / <i>Raw crop</i> ; 4) vasariniai miežiai + įsėlis / <i>Spring barley + undersown crop</i>
Sideracinė <i>For green manure</i>	1) lubinai žaliajai trąšai / <i>Lupines for green manure</i> ; 2) žieminiai rugiai / <i>Winter rye</i> ; 3) žieminiai rapsai žaliajai trąšai / <i>Winter rape for green manure</i> ; 5) žieminiai rugiai / <i>Winter rye</i> ; 6) bulvės / <i>Potatoes</i> ; 7) vasariniai miežiai / <i>Spring barley</i>
Intensyvioji <i>Intensive</i>	1) vikių ir avižų mišinys žaliajam pašarui + įsėlis / <i>Vetch-oat mixture for fodder + undersown</i> ; 2) daugiametės žolės I n. m. / <i>Perennial grasses in the 1st year of use</i> ; 3) žieminiai rugiai ir po jų tarpinis pasėlis – žieminiai rapsai / <i>Winter rye and after them intermediate crop – winter rape</i> ; 4) bulvės ir po jų tarpinis pasėlis – žieminiai rugiai žaliajam pašarui / <i>Potatoes and after them intermediate crop – winter rye for fodder</i> ; 5) kukurūzai / <i>Corn</i> ; 6) vasariniai miežiai ir po jų tarpinis pasėlis – aliejiniai ridikai / <i>Spring barley and after them intermediate crop – oil radishes</i>

skaičiuokle *Elmor C1*, paėmus iš kiekvieno eksperimento laukelio po 1 kg grūdų. Koreliaciniai ryšiai tarp derliaus struktūros elementų ir kritulių kiekio bei temperatūros sumos vertinti remiantis periodo nuo pavasario vegetacijos (vidutinė 3 parų temperatūra + 4°C) pradžios iki žydėjimo pradžios (BBCH 56–61) meteorologiniais duomenimis.

Rugių, kviečių ir miežių grūdų derlingumas apskaičiuotas nuimant juos kombainu *Winterteiger* su svėrimo ir drėgnumo nustatymo sistema. Nustatytas grūdų derlius perskaičiuotas į standartinį 14 % drėgnumo ir 100 % švarumo sėklų derlingumą t ha⁻¹.

Požymių tarpusavio ryšiai įvertinti koreliacijos ir regresijos metodais naudojant tyrimų duomenų statistinio vertinimo programą STAT iš kompiuterinių programų paketo „Selekcija“ (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

2014–2016 m. žemės dirbimas eksperimente buvo atliktas pagal įprastas žieminių ir vasarinių javų auginimo technologijas. Daugiametės žolės sulėkščiutos nupjovus pirmų metų žolę lauko su kaupiamaisiais, intensyviojoje ir Norfolkio sėjomainose. Sideracinėje sėjomainoje žieminiai rapsai žaliajai trąšai sulėkščiuoti rugpjūčio mėn. pradžioje. Laukai žieminiams javams galvijų mėšlu (55 t ha⁻¹) patręšti lauko su kaupiamaisiais, intensyviojoje, trilaukėje ir Norfolkio sėjomainose. Organinės trąšos užartos 15–20 cm gyliu. Monopaselyje gilus arimas atliktas 10–15 dienų po rugių derliaus nuėmimo. Visose sėjomainose šiaudai palikti ir įterpti kaip organinė trąša. Rugsėjo pradžioje kultivuota du kartus, prieš pirmą kultivavimą žieminių rugių pasėlyje išbertos trąšos 300 kg/ha N₅P₁₅K₂₅, o žieminių kviečių – 400 kg/ha N₉P₁₅K₂₈S₆. Pasėti žieminiai rugiai 180 kg ha⁻¹ (4 mln. ha⁻¹) ir žieminiai kviečiai 200 kg ha⁻¹ (4,5 mln. ha⁻¹). Žieminiai kviečiai spalio mėn. pradžioje nupurkšti herbicidu *Logran 20 WG* (veiklioji medžiaga (v. m.) triasulfuronas 200 g kg⁻¹) 0,3 l ha⁻¹. Prasidėjus žieminių javų pavasario vegetacijai laukeliai tręšti 200 kg ha⁻¹ amonio salietra, po dviejų savaičių papildomai tręšta 250 kg ha⁻¹. Pasėliai nupurkšti augimo reguliatoriais *Cycocel 750 SL1* (v. m. chlormekvatchloridas 750 g l⁻¹) 1,2 l ha⁻¹ ir *Stabilan 750 SL* (v. m. chlormekvatchloridas 750 g l⁻¹) 1,2 l ha⁻¹. Žieminiai rugiai pavasarį purkšti herbicidu *Arelon flussig* (v. m. izoproturonas 50 g l⁻¹) 2,0 l ha⁻¹, fungicidais *INPUT 460 EC* (v. m. protiokonazolas 160 g l⁻¹, spiroksaminas 300 g l⁻¹) 1,0 l ha⁻¹ ir *Fandango*

(v. m. protiokonazolas 100 g l⁻¹, fluoksastrobinas 100 g l⁻¹) 1,0 l ha⁻¹. Lauko sėjomainoje su kaupiamaisiais į žieminius kviečius kovo mėn. pabaigoje įsėtas dobilų motiejukų įsėlis, naudotas herbicidas *MCPA Super* (v. m. MCPA 500 g l⁻¹) 1,2 l ha⁻¹.

2014–2016 m. nuėmus miežių priešsėlius dirva suarta 15–20 cm gyliu. Pavasarį miežiams dirva kultivuota du kartus, įterpta 300 kg ha⁻¹ N₁₆P₁₆K₁₆ ir papildomai 3–4 lapelių tarpsniu tręšta salietra (N₃₄) 100 kg ha⁻¹. Vasarinių miežių norma 190 kg ha⁻¹ (4,5–5 mln. ha⁻¹). Pasirodžius piktžolėms 2015 m. miežių pasėliai nupurkšti herbicidu *Mustang* (v. m. florasulamas 6,25 g l⁻¹, 2,4-D 2-etiloheksilo-esteris 452,5 g l⁻¹) 0,6 l ha⁻¹, fungicidu *Bumper Super 490* (v. m. prochlorazas 400 g l⁻¹ + propikonazolas 90 g l⁻¹) 0,5 g l⁻¹. 2017 m. nupurkšta *Lontrel* (v. m. klopivalidas 720 g kg⁻¹) 125 g ha⁻¹ ir fungicidu *Amistar* (v. m. azoksistrobinas 250 g l⁻¹) 0,75 l ha⁻¹. Pagal poreikį naudotas insekticidas *Karate Zeon* (v. m. lambda cihalotrinas 50 g l⁻¹) 0,12 g l⁻¹.

Meteorologinės sąlygos. Tyrimų vykdymo laikotarpio meteorologinėms sąlygoms apibūdinti naudoti Kauno meteorologinės stoties duomenys. 2014 m. rugpjūčio mėn. vidutinė paros oro temperatūra buvo apie 17,8 °C, t. y. 1,3 °C aukštesnė už daugiametę. Šiuo laikotarpiu iškrito 111,3 mm kritulių, t. y. 32,8 mm mažiau negu įprasta. Oras buvo palankus žieminių javų sėjai ir dygimui. Lapkričio mėn. vidutinė temperatūra buvo 1,3 °C, o 2015 m. sausio mėn. 4,4 °C aukštesnė už daugiametę. Kritulių kiekis viršijo daugiametę kritulių sumą 44 mm. Šilta (vid. mėnesio temperatūra 0,4–0,2 °C) ir drėgna (sausio mėn. iškrito 74,4 mm kritulių) žiema augalams buvo palanki. Nors dėl šilumos nesusiformavo stora sniego danga, pasėlis neiššalo, anksti prasidėjo vegetacija. 2015 m. kovo mėn. vidutinė temperatūra siekė 5,3 °C, o balandžio mėn. 1,0 °C viršijo daugiametę šio mėn. temperatūrą. Gegužės mėn. buvo 0,9 °C šaltesnis negu įprasta. Mėnesio HTK – 1,50 (optimalus drėkinimas). Birželio mėn. kritulių iškrito 46,2 mm mažiau negu įprasta, mėnesio HTK – 0,35 (sausas). Liepos mėn. HTK – 1,34 (optimalus drėkinimas). Prieš derliaus nuėmimą vidutinė paros temperatūra siekė apie 20 °C ir buvo 3,7 °C aukštesnė už daugiametę. Tai turėjo teigiamą įtaką derliaus kokybei. Rugpjūčio mėn. iškrito tik 6,9 mm kritulių. Mėnesio HTK – 0,11 (labai sausas). Rugsėjo mėn. iškrito 56 mm kritulių, o vidutinė oro temperatūra siekė 14,3 °C, t. y.

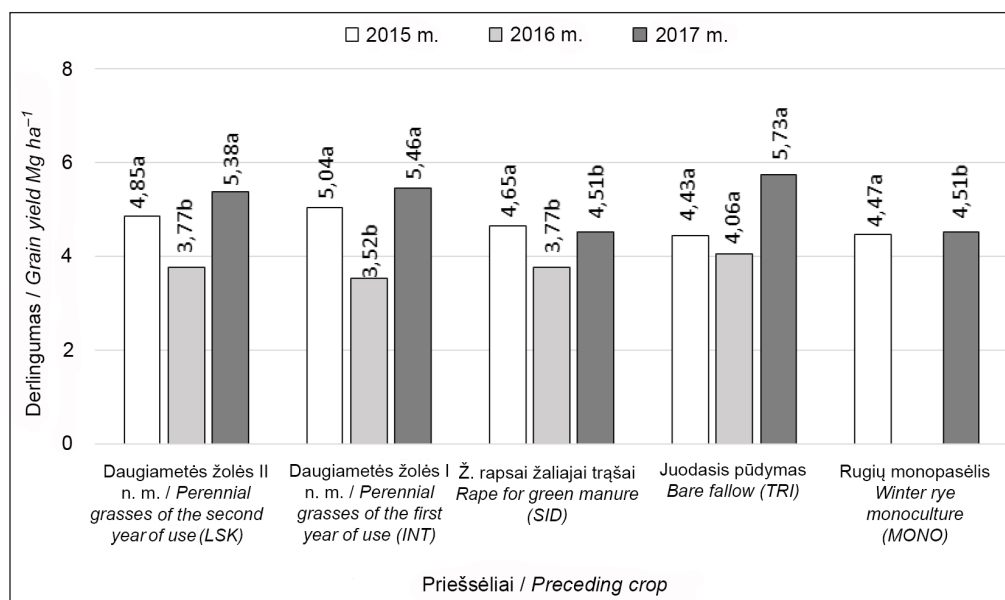
buvo 2,1 °C aukštesnė negu įprasta. Lapkričio mėn. temperatūra buvo 3,3 °C aukštesnė, palyginti su daugiamete, o kritulių iškrito 49,5 mm daugiau negu įprasta. Dėl šilto ir drėgno rudens žieminių javų vegetacija tęsėsi beveik visą lapkričio mėnesį. Tuo metu oro temperatūra buvo 1,7 karto aukštesnė, palyginti su daugiamečiu vidurkiu. Gruodžio mėn. vyravo teigiamos temperatūros, gausus kritulių kiekis iškrito lietaus pavidalu, todėl sausio mėn. pirmą dekadą, temperatūroms nukritus iki -13,4 °C, žieminiai javai buvo be sniego dangos. Sausio mėn. trečioje dekadėje jau vyravo teigiamos temperatūros, kurios tęsėsi iki pat vegetacijos pradžios.

2016 m. pavasarį sąlygos žieminių javų vegetacijos pradžia buvo palankios. Gegužės mėn. HTK – 1,09 (optimalus drėkinimas). Birželio mėn. HTK – 1,62 (perteklinis drėkinimas), temperatūra 1,6 °C aukštesnė negu daugiamečių vidutinė. Liepos mėn. kritulių iškrito 2 kartus daugiau negu įprasta. Mėnesio HTK – 2,93 (perteklinis drėkinimas), todėl susidarė nepalankios sąlygos normaliam javų brendimui, javapjūtei. 2016 m. rugsėjo mėn. temperatūra buvo 1,3 °C aukštesnė už daugiamečių, o kritulių iškrito 30,1 mm mažiau negu įprasta, tačiau ruduo buvo vėsus ir labai lietingas. Spalio mėn. temperatūra buvo 1,5 °C žemesnė už daugiamečių, o kritulių kiekis viršijo daugiamečių kritulių sumą net 81,9 mm. Lapkričio mėn. kritulių iškrito 20,7 mm daugiau negu įprasta.

2017 m. sausio mėn. (-3,67 °C) sulaukta žymesnės neigiamos temperatūros, tačiau dideli šalčiai taip ir neatėjo, sniego danga nesusiformavo. Žiemą kritulių kiekis laikėsi artimas daugiamečių vidurkiui, tačiau dirvos buvo labai šlapios dėl drėgmės pertekliaus rudenį. Kovo mėn. vidutinė temperatūra buvo 4,4 °C aukštesnė už daugiamečių, tačiau kritulių iškrito ženkliai daugiau, ypač balandžio mėn. – 73,7 mm, 35,3 mm daugiau negu įprasta. Augalai kentėjo dėl drėgmės pertekliaus. Gegužės mėn. HTK – 0,29 (labai sausa), o temperatūra buvo 0,6 °C aukštesnė už daugiamečių. Birželio mėn. HTK – 1,78 (perteklinis drėgnumas). Liepos mėn. HTK – 1,53 (optimalus drėgnumas), o temperatūra 0,8 °C žemesnė už daugiamečių. Vasara buvo palanki vegetacijai ir derliui nuimti. Rugsėjo mėn. kritulių iškrito 25,3 mm mažiau negu įprasta, o temperatūra buvo 0,9 °C aukštesnė už daugiamečių, HTK – 1,02 (optimalus drėgnumas).

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Žieminiai rugiai buvo auginami taikant šešias skirtingas sėjomainas ir monopasėlyje. Nustatyta, kad 2015 m. priešėliai neturėjo esminės įtakos žieminių rugių derlingumui, tirtų sėjomainos grandžių ir monopasėlių efektyvumas buvo panašus (1 pav.). Kai kurias tendencijas galima įvardyti. Didžiausias žieminių rugių derlius gautas auginant po daugiamečių žolių patręšus galvijų



1 pav. Žieminių rugių derlingumas po skirtingų priešėlių
Fig. 1. Winter rye yield after different preceding crops

Pastaba: tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai, $P \leq 0,05$.

Note: Means not sharing a common letter are significantly different ($P \leq 0,05$).

mėšlu. Žieminių rapsų, augintų žaliajai trąšai, kaip priešsėlio poveikis prilygo daugiamečių žolių poveikiui. Žieminių rugių derlingumas, auginant juos monopasėlyje ir taikant įprastinę agrotechniką, prilygo po juodojo pūdymo gautam derlingumui.

2016 m. žieminių rugių derlingumas svyravo nuo 3,52 iki 4,06 t ha⁻¹, iš esmės derlingumas didesnis buvo tik sėjant rugius į juodąjį pūdymą. Tokiems rezultatams įtakos turėjo ypač šlapias vegetacijos periodas, todėl šiais metais monopasėlio derlingumo įvertinti nepavyko.

2017 m. didžiausi žieminių rugių derliai gauti po pirmųjų ir antrųjų metų daugiamečių žolių, patręšus galvijų mėšlu ir pasėjus į po mėšlu tręštą juodąjį pūdymą. Palyginus su augintais monopasėlyje, vidutiniškai gauti 21,0 % didesni derliai. Rugių derlingumas po rapsų žaliajai trąšai gautas toks pat, kaip monopasėlyje. Mokslininkų nuomone, auginant žemės ūkio augalus monopasėliuose ar trumpalaikėse rotacijose, jų derlingumas sumažėja (Nix, Hill, Edwards, 2006). Mūsų tyrimų rezultatai tik iš dalies patvirtino šį teiginį, nes žieminiai rugiai nėra reiklūs priešsėliams. Esant palankioms sąlygoms, rugių derlingumas monopasėlyje nemažėja, netgi prilygsta augintiems taikant sėjomainas. Būtina pažymėti, kad iš Lietuvoje auginamų žemės ūkio augalų atsėliavimą ar net monopasėlį labiausiai pakenčia kukurūzai ir žieminiai rugiai, o kiti augalai tam yra ypač jautrūs.

Derlingumas, augalo biologiniai parametrai priklauso nuo genetinių savybių. Derlių lemia produktyviųjų stiebų skaičius, 1 000 grūdų masė ir grūdų skaičius varpoje. Produktyviųjų stiebų formavimui įtakos turi individualus augalo aprūpinimas maistu. Grūdo masė priklauso nuo klimato sąlygų, maisto medžiagų ir veislės genetinių savybių. Grūdo masės didėjimas vyksta nepertraukiamai nuo jo užsimezgimo iki visiškos brandos (Triboi, Triboi-Blondel, 2002).

2015 m. didžiausias produktyviųjų stiebų skaičius prieš derliaus nuėmimą nustatytas žieminių rugių pasėliuose, kurie buvo tręšti galvijų mėšlu ir auginti po daugiamečių žolių, sėti į pūdymą, t. y. taikant intensyviają, lauko su kaupiamaisiais ir trilaukę sėjomainas (2 lentelė). Monopasėlyje žieminių rugių produktyviųjų stiebų skaičius buvo iš esmės (17,0 %) mažesnis, palyginti su augintais taikant intensyviają ir trilaukę (12,5 %) sėjomainas, bet mažai skyrėsi pasėjus po daugiamečių

žolių II n. m. lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje ir po žieminio rapsu, užarto žaliajai trąšai, sideracinėje sėjomainoje.

Didžiausią grūdų skaičių varpoje suformavo javai, auginti lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje po II n. m. daugiamečių žolių, bet šis skirtumas nereikšmingas, palyginti su augintais tiek sėjomainose, tiek ir monopasėlyje, išskyrus trilaukę sėjomainą. Šioje sėjomainoje augintų žieminių rugių varpose grūdų buvo vidutiniškai 15,6 % mažiau, nei šiuos rugius auginant sėjomainose, ir 9,8 %, palyginti su augintais monopasėlyje. Grūdų masė taikant trilaukę sėjomainą, sėjant rugius juodajame pūdyme, buvo didžiausia, bet 20,6 % esminis skirtumas gautas tik palyginus su lauko su kaupiamaisiais sėjomaina, kur jie pasėti po daugiamečių žolių. 1 000 grūdų masė, žieminius rugius auginant sėjomainose po skirtingų priešsėlių, iš esmės nesiskyrė, o monopasėlio vidutiniškai 11,6 % buvo mažesnė.

2015 m. rudenio buvo ypač šiltas, teigiamos temperatūros vyravo iki gruodžio vidurio, vidutinės paros temperatūros rugsėjo–gruodžio mėn. buvo aukštesnės už daugiamečių vidurkį 2,7 °C. Žieminiai rugiai pradėjo krūmytis jau pasiruošimo žiemojimui laikotarpiu, o 2016 m. įvertinus produktyviųjų stiebų skaičių prieš derliaus nuėmimą paaiškėjo, kad jų vidutiniškai buvo 47,8 % daugiau nei 2015 metais. Šis rodiklis iš esmės nesiskyrė juos auginant tiek taikant skirtingų priešsėlių sėjomainas, tiek ir monopasėlyje (2 lentelė). 2015 m. rugių krūmijimosi periodu teigiamos temperatūros (per +10 °C) vyravo iki spalio mėn. I dekados. Šilta buvo ir visą lapkritį. Gautas stiprus, statistškai patikimas priklausomumas tarp produktyviųjų stiebų skaičiaus (2016) ir aktyviųjų temperatūrų – $y = 8585,4 + 40,28x - 0,044x^2$, $r = 0,93$, $P \leq 0,01$ – bei kritulių kiekio – $y = 279,4 - 13,48x - 0,11x^2$, $r = 0,94$, $P \leq 0,01$ – rudens vegetacijos pabaigoje (2015). Augalų aukščiui priešsėlis taip pat esminės įtakos neturėjo.

Auginant rugius sėjomainose, priešsėlis neturėjo esminės įtakos ir grūdų skaičiui varpoje, o monopasėlyje buvo iš esmės 20,8 % mažesnis, palyginti su augintais po II n. m. daugiamečių žolių priešsėlio lauko sėjomainoje su kaupiamaisiais, ir 14,0 %, palyginti su augintais po I n. m. daugiamečių žolių priešsėlio intensyviojoje sėjomainoje. Monopasėlyje grūdų masė varpoje buvo mažiausia, palyginti su augintų sėjomainose, tačiau iš esmės 34,8 %

skyrėsi tik su augintų lauko su kaupiamaisiais po II n. m. daugiamečių žolių (2 lentelė). Žieminių rugių 1 000 grūdų masė, juos auginant monopasėlyje, taip pat buvo mažesnė, palyginti su visų rugių, augintų taikant sėjomainas, masė, bet esminis skirtumas buvo tik palyginus su pasėtais į tręštą mėšlu juodąjį pūdymą trilaukėje sėjomainoje. Amerikiečių mokslininkas A. S. Davis (2012) su bendraautorium kolektivu teigia, kad augalų produktyvumas padidėja, jei taikoma bent trejų ar ketverių metų sėjomainos rotacija, palyginti su trumpalaikė dvejų metų augalų kaita.

2017 m. didžiausias produktyvių žieminių rugių stiebų skaičius buvo lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje po daugiamečių žolių priešsėlio ir sideracinėje sėjomainoje po rapso žaliajai trąšai priešsėlio. Monopasėlyje produktyvių stiebų skaičius buvo vidutiniškai 19,6 % mažesnis nei augintų sėjomainose, tačiau iš esmės nesiskyrė, palyginti

su sėtais į pūdymą trilaukėje sėjomainoje (2 lentelė). Grūdų skaičius varpoje monopasėlyje buvo vidutiniškai 24,1 % mažesnis, nei juos auginant po daugiamečių žolių intensyviojoje sėjomainoje ir sėjant į pūdymą trilaukėje sėjomainoje. Auginat po kitų priešsėlių, esminių skirtumų nebuvo. Vidutinė grūdų masė varpoje iš esmės mažiausia buvo monopasėlyje, vidutiniškai 17,8 %, palyginti su sėtais intensyviojoje sėjomainoje po bulvių, trilaukėje, kurioje sėta į juodąjį pūdymą, ir lauko su kaupiamaisiais, kai rugiai buvo sėti po daugiamečių žolių. 1 000 grūdų masė monopasėlyje taip pat buvo 12,3 % mažesnė, palyginti su sideracine (priesėlis rapsas žaliajai trąšai), trilauke (sėta į pūdymą) ir lauko su kaupiamaisiais (priesėlis daugiametės žolės) sėjomainomis.

Daugeliu atveju rugių derliaus produktyvumo elementai buvo mažesni juos auginant 50 metų monopasėlyje, o geriausi – lauko su kaupiamaisiais

2 lentelė. Žieminių rugių derliaus struktūros elementai taikant įvairias sėjomainas

Table 2. Winter rye productivity indicators in different crop rotations

Sėjomaina <i>Crop rotation</i>	Metai <i>Year</i>	Derliaus struktūros elementai / <i>The productivity indicators</i>				
		Produktyvių stiebų skaičius m^{-2} <i>Productive stems number, m^{-2}</i>	Augalų aukštis cm <i>Plant height, cm</i>	Grūdų skaičius varpoje vnt. <i>The number of cereals in the crop range, pcs</i>	Grūdų masė varpoje g <i>The cereals mass in the crop range, g</i>	1 000 grūdų masė g <i>1000 cereals mass, g</i>
Lauko sėjomaina su kaupiamaisiais <i>Field rotation with row crops</i>	2015	473ab	159 a	46,5 a	1,55b	38,3 a
	2016	726a	115 a	45,6 a	1,37a	36,8 ab
	2017	593 a	87 a	32,2 b	1,17b	36,3 a
Intensyvioji <i>Intensive</i>	2015	522 a	158 a	45,1 a	1,75 a	38,8 a
	2016	684 a	102 b	42,0 a	1,04 b	36,7 ab
	2017	520 b	82 ab	44,9 a	1,47 a	32,8 ab
Sideracinė / <i>For green manure</i>	2015	456 b	166 a	42,8 a	1,68 ab	37,3 a
	2016	676 a	103 ab	36,2 ab	1,05 b	36,3 ab
	2017	562 a	80 b	35,4 ab	1,09 c	33,6 a
Trilaukė / <i>Three-course</i>	2015	495 a	159 a	37,8 b	1,87 a	40,2 a
	2016	722 a	100 ab	40,1 ab	1,15 ab	39,1 a
	2017	507 bc	77 b	40,6 ab	1,25 b	35,8 a
Rugių monopasėlis <i>Winter rye monoculture</i>	2015	433 b	153 a	41,9 a	1,79 a	33,7 b
	2016	706 a	108 ab	36,1 b	1,03 b	32,4 b
	2017	449c	85 ab	32,4 b	1,06 c	31,0 b

Pastaba: tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai, $P \leq 0,05$.

Note: Means not sharing a common letter are significantly different ($P \leq 0.05$).

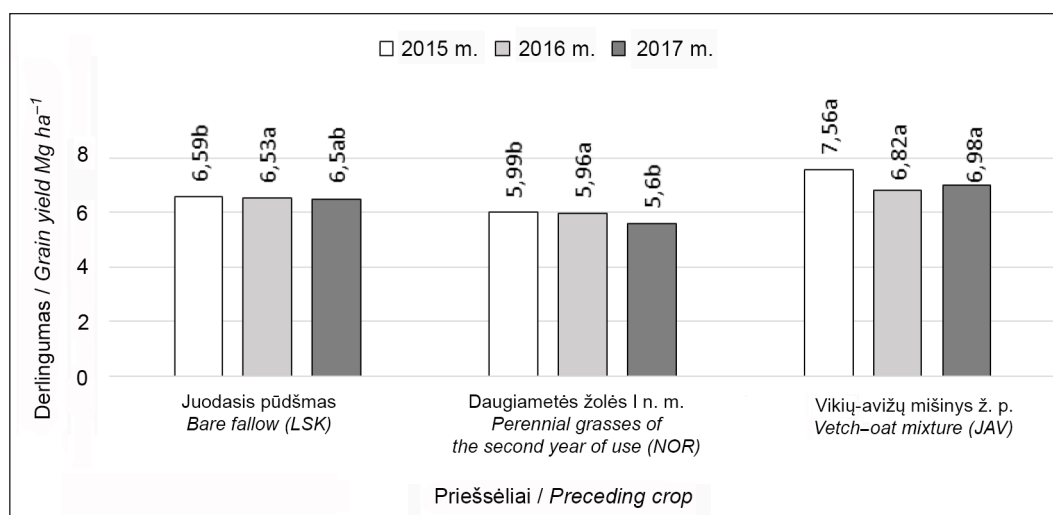
sėjomainoje, kurioje jie auginami po dvejus metus augusių daugiamečių žolių ir dar patręšti mėšlu. R. Skuodienė ir N. Daugėlienė (2008) nurodo, kad įvairios daugiamečių žolės ir skirtingi maisto medžiagų kiekiai dirvožemyje turi esminės įtakos žieminių javų derliaus produktyvumo elementų formavimuisi. Baltieji dobilai ir mėlynžiedės liucernos lemia palankesnes dirvožemio savybes žieminių kvietrugių, o raudonieji dobilai – žieminių rugių vystymuisi. LAMMC institute selekcininkai, tirdami žieminių rugių linijas, nustatė, kad grūdų skaičius varpoje priklauso nuo varpučių skaičiaus varpoje ir grūdų skaičiaus varputėse. Varpučių skaičius varpoje gali priklausyti nuo sėjos laiko, tręšimo ir pasėlių tankumo. Grūdų skaičius varputėse labiausiai priklauso nuo varpų fertilumo ir oro sąlygų, generatyvinių organų formavimosi žydėjimo periodu (Plyčiavaitė, Ruzgas, 2007). Mūsų tirtuose pasėliuose vidutinis rugių grūdų skaičius, masė varpoje bei 1 000 grūdų masė priklauso nuo kritulių kiekio ir temperatūrų sumos generatyvinių organų formavimosi metu. Gauti tarp šių rodiklių statistiškai patikimai stiprūs ir vidutinio stiprumo koreliaciniai ryšiai: $y = 2,26 - 0,02x$, $r = 0,83$, $P \leq 0,01$; $y = 4,22 - 0,18x$, $r = 0,90$, $P \leq 0,05$; $y = 41,60 - 0,125x$, $r = 0,58$, $P \leq 0,05$.

Sėjomainų kolekcijoje žieminiai kviečiai auginami ankštinėje (po vikių-avižių mišinio), pūdyninėje (po juodojo pūdyno) ir žolinėje (po I n. m. daugiamečių žolių) grandyje. 2015 m. didžiausias

žieminių kviečių derlingumas gautas po vikių-avižių mišinio, kuris iš rudens buvo patręstas mėšlu (2 pav.). Po šio priešėlio kviečių derlingumas buvo vidutiniškai 1,5 karto didesnis, nei juos auginant juodajame pūdyne ar po daugiamečių žolių. Juodojo pūdyno ir I n. m. daugiamečių žolių poveikis iš esmės nesiskyrė.

2016 m. žieminiai kviečiai taip pat buvo derlingiausi juos pasėjus po mėšlu tręšto vikių-avižių mišinio, tačiau jų derlingumas 28,9 % buvo mažesnis nei 2015 m. ir iš esmės nesiskyrė auginant juodajame pūdyne bei po daugiamečių žolių. Kaip rašo S. Balnytė (2010), stabilų žieminių kviečių derlių, ypač ūkininkaujant ekologinėmis sąlygomis, galima išauginti žolinėje, kaupiamųjų ir ankštinėje grandyse po dirvos derlingumą gerinančių augalų. Autorė taip pat nurodo, kad ankštinė grandis mažiausia turi įtakos kviečių produktyvumui, tačiau mūsų sąlygomis ankštinėje grandyje gautas derlius buvo didžiausias.

2017 m. kartojosi praėjusių dvejų metų tendencijos: geriausiai žieminiai kviečiai derėjo ankštinėje grandyje, auginti užimtame pūdyne po tręšto mėšlu vikių-avižių mišinio. Po metus augintų daugiamečių žolių kviečių derlingumas buvo mažiausias ir skyrėsi 19,8 %, palyginti su augintais užimtame pūdyne. Žieminių kviečių, augintų juodajame pūdyne, derlingumas iš esmės nesiskyrė, palyginti su augintais tiek ankštinėje, tiek ir žolinėje grandyje.



2 pav. Žieminių kviečių derlingumas įvairiose sėjomainose po skirtingų priešėlių

Fig. 2. Winter wheat yield after different preceding crops

Pastaba: tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai, $P < 0,05$.

Note: Means not sharing a common letter are significantly different ($P < 0.05$).

S. Balnytė (2010) teigia, kad tręšimas mėšlu javų derlingumą didina dvejus metus. Per aštuonerius rotacijos metus lauko sėjomainoje su kaupiamaisiais vienas laukas buvo tręštas organinėmis trąšomis, kas taip pat turėjo teigiamos įtakos augalų derlingumui. Tyrimų duomenys rodo mėšlo teigiamą poveikį ne tik augalų derliui, bet ir dirvožemio agrocheminėms, fizikinėms ir mikrobiologinėms savybėms bei drėgmės ir oro režimui (Čiurberkienė, Ežerinskas, 2000; Repšienė ir kt., 2005).

Veislės nekintamumą, ištvėringumą ir atsparumą nepalankioms aplinkos sąlygoms, kaip svarbiausią derliaus veiksnį, mokslininkai nurodo produktyvių stiebų skaičių ploto vienetu (Plyčiavaitė, Ruzgas, 2007). Žieminių kviečių produktyvių stiebų skaičius, auginant juos sėjomainose po skirtingų priešsėlių, esmingai nesiskyrė. 2015–2017 m. daugiausia produktyvių stiebų suskaičiuota javų sėjomainoje, kur priešsėlis – vikių-avižų mišinys, o mažiausia – Norfolkko po daugiamečių žolių (3 lentelė). Po vikių-avižų mišinio priešsėlio žieminių kviečių aukštis buvo didžiausias, bet iš esmės nesiskyrė nuo kviečių, augintų juodajame pūdyme, ir po daugiamečių žolių priešsėlio.

2015 m. žieminių kviečių vidutinis grūdų skaičius vienoje varpoje buvo iš esmės didesnis po tręšto mėšlu vikių-avižų mišinio priešsėlio javų sėjomainoje, t. y. vidutiniškai 12,6 % lauko su kau-

piamaisiais sėjomainoje, sėjant į juodąjį pūdymą ir 24,8 % Norfolkko sėjomainoje po daugiamečių žolių priešsėlio. 1 000 grūdų masė taip pat didžiausia buvo po vikių-avižų mišinio, tačiau skirtumai neesminiai.

2016 m. žieminių kviečių grūdų skaičiui varpoje skirtingi priešsėliai esminės įtakos neturėjo (3 lentelė). Grūdų masė varpoje po vikių-avižų mišinio priešsėlio javų sėjomainoje buvo 10,1 % mažesnė, palyginti su augintais po daugiamečių žolių priešsėlio Norfolkko sėjomainoje, ir 6,4 %, palyginti su sėtais į juodąjį pūdymą lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje. Kviečių 1 000 grūdų masė po vikių-avižų mišinio priešsėlio javų sėjomainoje buvo iš esmės 3,25 % didesnė nei po daugiamečių žolių priešsėlio Norfolkko sėjomainoje, o pastarojoje – 4,1 % didesnė, nei sėjant į juodąjį pūdymą lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje. Auginant kviečius po vikių-avižų mišinio priešsėlio, 1 000 grūdų masė taip pat buvo 7,4 % didesnė, nei sėjant į juodąjį pūdymą, kur kviečių 1 000 grūdų masė buvo mažiausia.

2017 m. auginant žieminius kviečius taikant skirtingas sėjomainas, vidutiniam kviečių grūdų skaičiui ir masei vienoje varpoje bei 1 000 grūdų masei esminė priešsėlio įtaka nenustatyta (3 lentelė). Kaip nurodo V. Plyčiavaitė ir V. Ruzgas (2007), 1 000 grūdų masė kinta dėl skirtingų oro sąlygų grūdų

3 lentelė. Žieminių kviečių derliaus struktūros elementai taikant įvairias sėjomainas

Table 3. Winter wheat productivity indicators in different crop rotations

Sėjomaina Crop rotation	Metai Year	Derliaus struktūros elementai / The productivity indicators				
		Produktyvių stiebų skaičius m^{-2} Productive stems number, m^{-2}	Augalų aukštis cm Plant height, cm	Grūdų skaičius varpoje vnt. The number of cereals in the crop range, pcs	Grūdų masė varpoje g The cereals mass in the crop range, g	1 000 grūdų masė g 1000 cereals mass, g
Lauko sėjomaina su kaupiamaisiais Field rotation with row crops	2015	742 b	62 a	41,5 b	1,07 b	45,8 a
	2016	722 a	73 a	33,8 a	1,37 ab	38,4 c
	2017	568 a	69 a	41,6 a	1,52 a	48,1 a
Norfolkko Norfolk	2015	645 b	64 a	38,7 c	1,07 b	48,3 a
	2016	597 a	67 a	29,1 a	1,37 ab	40,0 b
	2017	544 b	71 a	39,8 a	1,52 a	46,7 a
Javų Cereal	2015	865 a	55 b	51,4 a	1,27 a	49,3 a
	2016	766 a	75 a	31,7 a	1,28 b	41,3 a
	2017	606 a	66 a	43,6 a	1,44 a	47,2 a

Pastaba: tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai, $P < 0,05$.

Note: Means not sharing a common letter are significantly different ($P < 0.05$).

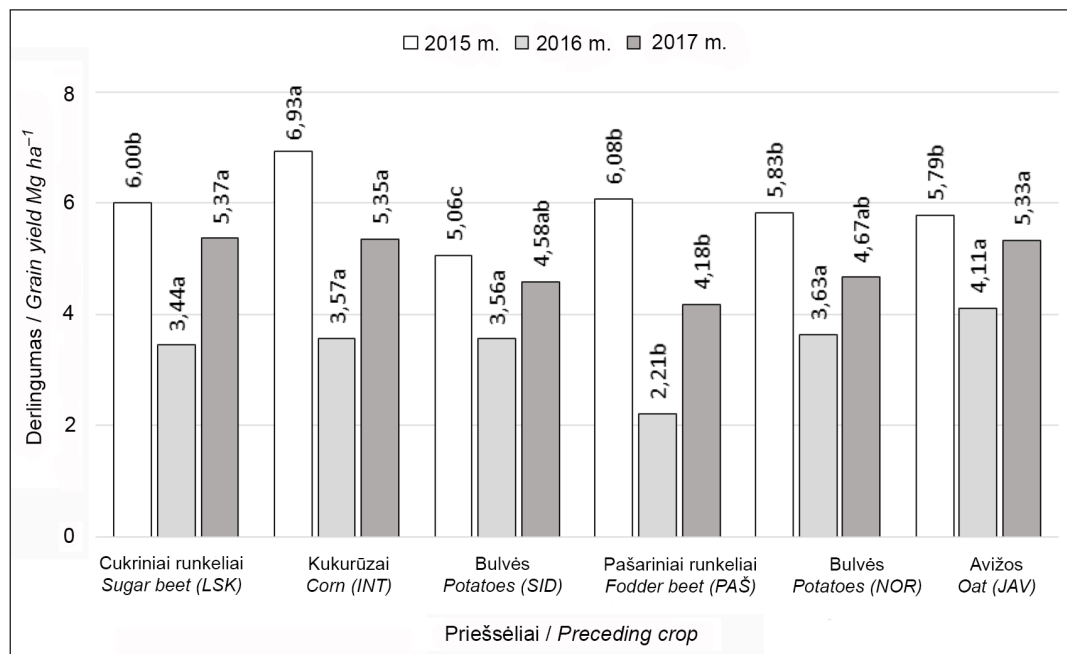
formavimosi, brendimo laikotarpiu, dėl tręšimo ir augalų skaičiaus ploto vienetu, bet labiausiai priklausomuo veislės. Mūsų tyrime didžiausią įtaką derliaus elementų formavimuisi turėjo priešėlis ir skirtingos meteorologinės sąlygos. Tarp šių rodiklių ir skirtingų meteorologinių sąlygų grūdų formavimosi metu nustatyti stiprūs koreliaciniai ryšiai: 1 000 grūdų masės $y = 56,89 - 0,26x$, $r = 0,85$, $P \leq 0,01$; grūdų skaičiaus varpoje $y = 57,53 - 0,41x^2$, $r = 0,87$, $P \leq 0,01$; grūdų masės varpoje $y = -1,381 + 0,12x - 0,001x^2$, $r = 0,89$, $P \leq 0,01$.

Siauros specializacijos augalininkystės ūkiuose dažniausiai auginami varpiniai javai – tai derlingiausi, didžiausią pelną duodantys augalai. Vienos rūšies dominavimas mažina ekosistemų įvairovę, didina piktžolėtumą ir patogenų plitimą (Bučienė, 2003; Balnytė, 2010). Šiame tyrime miežiai auginami net po šešių skirtingų priešėlių: kaupiamųjų grandyse po kukurūzų, cukrinių ir pašarinių runkelių, bulvių, taip pat atsėliuoti po kitų miglinių.

Sausringais 2015 m. priešėlių poveikis miežių derlingumui, skirtingai nei žieminių rugių, buvo esminis. Geriausias priešėlis vasariniams miežiams – kukurūzai intensyviojoje sėjomainoje (3 pav.). Panašus miežių derlingumas gautas ir po cukrinių runkelių lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje,

o po pašarinių runkelių miežių derlingumas buvo 0,87 t ha⁻¹, t. y. 12,5 % mažesnis nei po kukurūzų. Dar mažesnis miežių derlingumas gautas po avižų javų sėjomainoje. Kaip nurodo S. Balnytė (2010), kaupiamųjų grandis turi teigiamos įtakos javų derliaus stabilumui, tačiau 2015 m. mažiausias miežių derlingumas buvo juos auginant po bulvių Norfolko ir sideracinėje sėjomainose.

2016 m. miežių derlingumas buvo 42,5 % mažesnis, palyginti su 2015 metų derliumi. Juos auginant po pašarinių runkelių pašarinėje sėjomainoje, derlingumas buvo vidutiniškai 39,6 % mažesnis, palyginti su augintais po kitų priešėlių. Pastarųjų poveikis buvo panašus. Pašarinėje sėjomainoje į miežius buvo įsėtas dobilų ir motiejukų daugiamečių žolių mišinys. Tų metų vegetacijos laikotarpis buvo ypač drėgnas, todėl susidarė palankios sąlygos intensyviai išsėlio augimui. Produktyvių stiebų skaičius šioje sėjomainoje taip pat buvo mažiausias. Nustatytas stiprus tiesioginis ryšys tarp produktyvių stiebų skaičiaus ir miežių derlingumo: $y = -0,92 + 0,01x$, $r = 0,87$, $P \leq 0,05$. Antrąją vasaros pusę išsėlis pradėjo konkuruoti su miežiais ir juos peraugo. Norfolko sėjomainoje tokio poveikio nepastebėta, nors taip pat buvo įsėtas daugiamečių žolių mišinys.



3 pav. Miežių derlingumas įvairiose sėjomainose po skirtingų priešėlių

Fig. 3. Spring barley yield after different preceding crops

Pastaba: tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai, $P < 0,05$.

Note: Means not sharing a common letter are significantly different ($P < 0.05$).

2017 m. priešsėliai vasarinių miežių derlingumui ryškesnės įtakos neturėjo, išskyrus kai jie buvo pasėti po kukurūzų pašarinėje sėjomainoje. Kukurūzų priešsėlis miežių derlingumą sumažino vidutiniškai 17,4 %, palyginti su augintais po kitų priešsėlių, tačiau avižų priešsėlis miežių derlingumo nemažino. Mokslininkai, atlikdami eksperimentus, įrodė, kad pupiniai, ypač daugiamečiai, yra svarbiausi sėjomainos augalai ne tik tausojančioje ar ekologinėje žemdirbystėje (Younie, 2000; Wilkins, Vidrih, 2000; Arlauskienė, Maikštėnienė, 2006). Jie taip pat nurodo, kad daugiametės žolės sėjomainos grandyje teigiamai veikia ir miežių produktyvumą. Dėl netinkamų priešsėlių miežių grūdų derlingumas gali sumažėti 20–30 %. Pašarinėje sėjomainoje dirvos derlingumą palaiko daugiametės žolės, auginamos ketverius metus.

Jos sėjamos į miežių paselį, todėl drėgnais metais konkuruoja su javais.

2015 m. produktyvių stiebų prieš derliaus nuėmimą daugiausia (8,2 %) buvo intensyviojoje sėjomainoje, miežius auginant po kukurūzų priešsėlio, bet esminis 4,6 % skirtumas gautas palyginus tik su Norfolko sėjomaina, kur jie auginti po bulvių (4 lentelė). Pastarojoje net 26,2 % buvo didesnis grūdų skaičius varpoje, palyginti su kitomis sėjomainomis, o javų sėjomainoje didžiausia buvo 1 000 sėklų masė. Abi sėjomainos keturlaukės, todėl per ketverius metus vienas laukas buvo tręštas mėšlu.

2016 m. vegetacijos laikotarpis pasižymėjo drėgmės pertekliumi, ypač drėgna buvo liepa. Produktivių stiebų miežiai suformavo 17,0 % mažiau nei 2015 m. ir skirtingose sėjomainose svyravo nuo

4 lentelė. Vasarinių miežių derliaus struktūros elementai taikant įvairias sėjomainas

Table 4. Spring barley productivity indicators in different crop rotations

Sėjomaina Crop rotation	Metai Year	Derliaus struktūros elementai / The productivity indicators				
		Produktyvių stiebų skaičius m ⁻² Productive stems number, m ⁻²	Augalų aukštis cm Plant height, cm	Grūdų skaičius varpoje vnt. The number of cereals in the crop range, pcs	Grūdų masė varpoje g The cereals mass in the crop range, g	1 000 grūdų masė g 1000 cereals mass, g
Lauko sėjomaina su kaupiamaisiais Field rotation with row crops	2015	521 ab	61 a	21,5 b	1,10a	45,5 ab
	2016	428 b	43 a	17,4 a	1,07a	45,9 b
	2017	561 a	47 b	17,0 b	1,01a	44,6 b
Intensyvioji Intensive	2015	545 a	59 a	21,2 b	1,12a	48,8 a
	2016	424 b	44 a	16,7 b	1,18a	52,1 a
	2017	485 b	47 b	22,7 a	0,90b	46,9 ab
Pašarinė Fodder	2015	513 ab	64 a	19,0 c	1,14a	42,5 b
	2016	321 c	44 a	13,8 d	1,06a	51,7 a
	2017	400 c	49 a	20,5 ab	0,89b	42,5 d
Norfolko Norfolk	2015	480 b	58 a	26,2 a	1,04ab	41,7 b
	2016	482 a	42 a	14,6 d	1,20a	51,1 a
	2017	400 c	42 c	23,5 a	0,90ab	42,3 c
Sideracinė For green manure	2015	502 ab	65 a	19,9 bc	0,94b	47,2 a
	2016	422 b	42 a	14,8 c	0,98b	48,2 ab
	2017	416 c	41 c	20,4 ab	0,86b	43,6 d
Javų Cereal	2015	502 ab	52 a	22,2 b	1,10a	49,5 a
	2016	451 ab	49 a	17,8 a	1,07a	49,3 a
	2017	430 c	44 bc	21,7 ab	1,09 a	49,5 a

Pastaba: tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai, $P \leq 0,05$.

Note: Means not sharing a common letter are significantly different ($P \leq 0.05$).

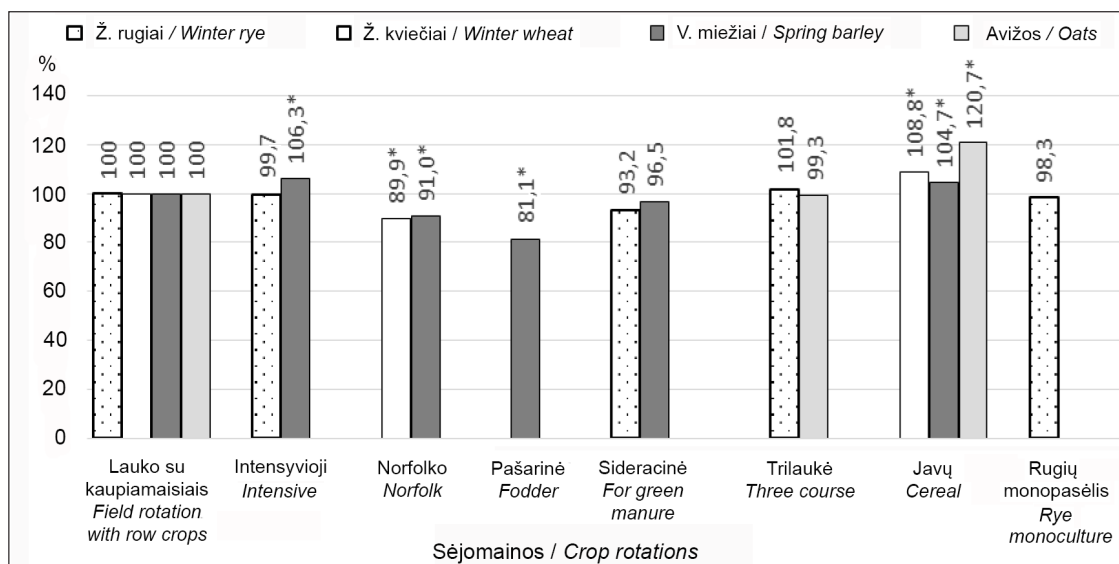
321 vnt. m⁻² (pašarinė) iki 482 vnt. m⁻² (Norfolko). Vidutinis grūdų skaičius varpoje buvo 26,8 % mažesnis, bet grūdai stambesni. Vidutinė grūdų masė varpoje – 1,9 %, o 1 000 sėklų masė buvo 8,3 % didesnė, palyginti su 2015 m. užaugintais grūdais. Grūdų masė varpoje iš esmės mažesnė buvo tik sideracinėje sėjomainoje, o 1 000 grūdų – lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje, lyginant šiuos rodiklius su kitose sėjomainose augintais miežiais.

2017 m. produktyvių stiebų skaičius svyravo nuo 399,7 vnt. m⁻² (pašarinėje) iki 561,0 vnt. m⁻² (lauko su kaupiamaisiais). Pasikartoję 2016 m. tendencija, kai pašarinėje sėjomainoje produktyvių stiebų skaičius buvo mažiausias. Kiti produktyvumo rodikliai taip pat buvo mažesni: vidutinis grūdų skaičius varpoje – 17,1 %, grūdų masė varpoje – 8,7 %, o 1 000 grūdų masė – 7,8 %.

Mokslininkės R. Repšienė ir D. Ožeraitienė (2006), tyrinėdamos mėšlo įtaką ilgalaikėms sėjomainoms, nustatė, kad dirvožemyje, kurio pH_{KCl} nuo 5,8 iki 6,0–6,1, sėjomainos augalų derlingumas didėjo nepriklausomai nuo mėšlo normų, o su žemu pH_{KCl} (nuo 4,1 iki 4,3–4,4) – tik nuo didžiausių: 80 ir 120 t ha⁻¹. Mūsų eksperimento dirvožemio pH_{KCl} buvo 6,6–6,8. Organinėmis trąšo-

mis netrešiamos sideracinė ir pašarinė sėjomainos, o kitose per rotaciją vienas laukas patrešiamas. Stebint javų derlingumą skirtingose sėjomainose, pastebėta galvijų mėšlo įtaka derlingumui, tačiau norint užtikrinti palankų augalų mitybos režimą tręšti vien mėšlu nepakanka. R. Repšienė su bendraautoriais (2005) nurodo, kad geriausi rezultatai gaunami derinant tręšimą organinėmis ir mineralinėmis trąšomis.

Lauko su kaupiamaisiais aštuonlaukėje sėjomainoje dirvos derlingumas palaikomas dvejus metus auginant daugiametes žoles, po kurių laukas patrešiamas galvijų mėšlu ir sėjami žieminiai rugiai (4 pav.). Kviečiai sėjami į juodąjį pūdymą, o miežiai – po cukrinių runkelių. Trejų metų rezultatai parodė, kad produktyviausi žieminiai rugiai buvo trumpos rotacijos trilaukėje sėjomainoje, kurioje jie sėjami į galvijų mėšlu tręštą juodąjį pūdymą, ir intensyvioje – rugius sėjant po tręštų mėšlu vienu metų daugiamečių žolių, tačiau šis skirtumas nereikšmingas, palyginti su rugiais, augintais taikant lauko su kaupiamaisiais sėjomainą. Rugiai neįturi atsėliavimui, todėl sėjomainos įtaka nebuvo reikšminga. Juos auginant monopasėlyje derlingumas mažėjo, tačiau taikant



4 pav. Žieminių ir vasarinių javų vidutinis 2015–2017 m. produktyvumas taikant skirtingas sėjomainas, palyginti su lauko su kaupiamaisiais sėjomaina

Fig. 4. 2015–2017 average productivity of winter and spring cereals in different crop rotations to compare with field rotation with row crops

Pastaba: javų produktyvumo esminiai skirtumai, kai buvo lyginta lauko su kaupiamaisiais sėjomaina, pažymėti žvaigždute (*), $P < 0,05$.

Note: significant differences of cereal productivity as compared with field rotation with row crops are marked by *, $P < 0.05$.

intensyvias technologijas išliko pakankamai stabilus. Žieminiams rugiams didesnę įtaką turėjo metų meteorologinės sąlygos. Lyginant su 2016 ir 2015 m., iš esmės derlingesni buvo 2017 metai.

Žieminiai kviečiai jautresni prieššėliui, todėl sėjomainos įtaka buvo reikšminga visais eksperimento vykdymo metais. Javų sėjomainoje po mėšlu tręšto vikių-avižų mišinio žieminių kviečių derlingumas buvo 8,8 % didesnis, palyginti su lauko, kuriame taikyta sėjomaina su kaupiamaisiais, kviečių derlingumu. Mažiausia produktyvūs kviečiai buvo auginti po I n. m. daugiamečių žolių Norfolko sėjomainoje, t. y. derliaus gauta 10,1 % mažiau nei lauko su kaupiamaisiais sėjomainoje. Mokslinių tyrimų rezultatai ir ūkininkų patirtis rodo, kad biologškai subalansavus rotaciją galima pasiekti aukštą augalų derlingumą, kai pasėlių struktūroje yra 40–50 % miglinių javų, o šakniavaisių ir ankštinių – 20–30 % (Kocjanacko, Santavec, 2010). Pupinių augalų naudą dirvožemio derlingumui palaikyti ir jų fitosanitarinę svarbą sėjomainoje atspindi simbiozė su *Rhizobium* pps. bakterijomis, sumenkęs piktžolėtumas, mažiau infekcijos šaltinių (Kocjanacko, Santavec, 2010). Javų keturlaukės sėjomainos pasėlių struktūroje 75 % sudaro javai ir 25 % tręštas mėšlu vikių-avižų mišinys. Toks derinys patvirtina minėtą mokslininkų teiginį, kad biologškai subalansavus rotaciją galima gauti aukštą javų derlingumą.

Derlingiausi miežiai buvo lauko su kaupiamaisiais (aštuonlaukė), intensyviojoje (šešialaukė) ir javų (keturlaukė) sėjomainose. Taikant Norfolko sėjomainą per ketverių metų rotaciją taip pat buvo tręšiama mėšlu, tačiau miežių derlingumas buvo 14,9 % mažesnis nei kitų sėjomainų. Sėjomainos poveikis miežių derlingumui buvo esminis. Lyginant su lauko su kaupiamaisiais sėjomaina, geriausia miežiai derėjo taikant intensyviają (6,3 %) ir javų (4,7 %) sėjomainas. Javų sėjomainoje miežių prieššėlis buvo avižos, tačiau per rotaciją vieną lauką patręšus organinėmis trąšomis poveikis išliko, ir javų prieššėlis derlingumo nemažino.

IŠVADOS

1. Geriausia žieminiai rugiai dera patręšti galvijų mėšlu, auginami žolinėje ir pūdyminėje grandyse. Rugiai nereiklūs prieššėliui, tačiau auginant monopasėlyje jų derlingumas (nekaitant augalų ma-

žėja. Optimalus tręšimas mineralinėmis trąšomis palaiko nors ir mažesnę negu sėjomainose, tačiau stabilų derlingumą.

2. Žieminiai kviečiai jautresni prieššėliui, todėl sėjomainos įtaka buvo esminė visais eksperimento vykdymo metais. Geriausias kviečių prieššėlis yra galvijų mėšlu tręštas vikių-avižų mišinys javų sėjomainoje. Jis yra 8,8 % didesnis, palyginti su lauko su kaupiamaisiais sėjomainos kviečių derlingumu.

3. Geriausi produktyvumo rodikliai gauti rugius auginant žolinėje ir pūdyminėje grandyse, o kviečius – užimto pūdyimo ir tręšiant galvijų mėšlu. Daugeliu atveju rugių derliaus produktyvumo elementai buvo mažesni juos auginant 50 metų monopasėlyje. Šie rodikliai rugių pasėliuose labiau priklausė nuo kritulių kiekio ir temperatūrų sumos generatyvinių organų formavimosi metu. Tarp šių rodiklių nustatyti statistiškai patikimai stiprūs ir vidutinio stiprumo koreliaciniai ryšiai: $r = 0,83$, $P \leq 0,01$; $r = 0,90$, $P \leq 0,05$; $r = 0,58$, $P \leq 0,05$; $r = 0,85$, $P \leq 0,01$, žieminių kviečių – $r = 0,87$, $P \leq 0,01$; $r = 0,89$, $P \leq 0,01$.

4. Vasarojus ne toks reiklus prieššėliams, todėl jį galima auginti ir po javų, tačiau didesnis produktyvumas būna pasėjus po kaupiamųjų augalų ir kai sėjomainoje per rotaciją vienas narys tręštas organinėmis trąšomis.

Gauta 2019 06 14
Priimta 2019 09 30

LITERATŪRA

1. Adamiak E. 2007. Weed infestation structure and productivity of chosen winter and spring crop agrocenoses depending on vegetal succession and standing corn protection. *Rozprawy i monografie*. Vol. 129. P. 1–146.
2. Arlauskienė A., Maikštėnienė S. 2006. The influence of different legume crops on the nitrogen circulation cycle in the agrocenoses. *Grassland Science in Europe*. Vol. 11. P. 330–332.
3. Bakšienė E., Asakavičiūtė R., Ražukas A., Kačergius A. 2013. Effects of ecological farming systems and five-year crop rotations on crop productivity and properties of haplic luvisol. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. Vol. 11(3–4). P. 1137–1142.
4. Ball B. C., Bingham I., Rees R. M., Watson C. A., Litterick A. 2005. The role of crop rotations in determining soil structure and crop growth conditions. *Canadian Journal of Soil Science*. Vol. 85. P. 557–577.

5. Balnytė S. 2010. *Agroekosistemų optimizavimas augalų kaita, tarpiniais pasėliais ir organinėmis trąšomis ekologinėje žemdirbystėje: daktaro disertacija*. 106 p.
6. Bennett A. J., Bending G. D., Chandler D., Hilton S., Mills P. 2011. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews*. Vol. 87(1). P. 52–71.
7. Bučienė A. 2003. *Žemdirbystės sistemų ekologiniai ryšiai*: monografija. Klaipėda. 176 p.
8. Čiuberkienė D., Ežerinskas V. 2000. Agrocheminių rodiklių ir maisto medžiagų migracijos kitiškai įvairiai kalkintame ir tręštame dirvožemyje. *Žemdirbystė. Mokslo darbai*. T. 71. P. 32–48.
9. Davis A. S., Hill J. D., Chase C. A., Johanns A. M., Liebman M. 2012. Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health. *Cropping Systems Diversification*. Vol. 7. P. 1–8.
10. Deneff K., Six J., Bossuyt H., Frey S. D., Elliott E. T., Merckx R., Paustian K. 2001. Influence of dry-wet cycles on the interrelationship between aggregate, particulate organic matter, and microbial community dynamics. *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 33. P. 1599–1611.
11. Dubrovsky N. M., Burow K. R., Clark G. M., Gronber J. M., Hamilton P. A. 2010. *The Quality of Our Nation's Waters: Nutrients in the Nation's Streams and Groundwater, 1992–2004. Circular 1350*. Reston, VA: U.S. Geological Survey. Prieiga per internetą: <http://pubs.usgs.gov/circ/1350/>
12. Younie D. 2000. The role and management of grassland in organic farming. In: *Grass: Its Production and Utilization*. UK: Blackwell Science. P. 365–393.
13. Foley J. A., Ramankutty N., Brauman K. A., Cassidy E. S., Gerber J. S. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. Vol. 478. P. 337–342.
14. Franzluebbers A. J. 2002a. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil and Tillage Research*. Vol. 66. P. 95–106.
15. Franzluebbers A. J. 2002b. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research*. Vol. 66. P. 197–205.
16. Gužys S., Petrokienė Z. 2006. Skirtingai tręštų sėjomainos kultūrinių augalų įtaka fosforo migracijai agroekosistemoje. *Žemdirbystė. Mokslo darbai*. T. 93. Nr. 3. P. 75–88.
17. Janušauskaitė D., Mašauskas V. 2006. Periodiško tręšimo fosforu ir kaliu įtaka sėjomainos produktyvumui ir dirvožemio biologinėms savybėms. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 4. P. 11–21.
18. Jodaugienė D., Bogužas V., Mikučionienė R., Auželienė I., Romualdas Z. 2015. Sėjomainų ir priešėlių poveikis su auginamu javų derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekiui. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 1. P. 26–35.
19. Kocjanacko D., Santavec I. 2010. Crop rotation on arable and livestock farms in Slovenia. *Acta Agriculturae Slovenica*. Vol. 95(3). P. 245–251.
20. Lal R. 2000. Physical management of the soils of the tropics: priorities for the 21st century. *Soil Science*. Vol. 165(3). P. 191–207.
21. Nix J., Hill P., Edwards A. 2006. *Farm Management Pocketbook*. 36th edn. London, UK: The Andersons Centre.
22. Repšienė R., Plesevičienė A. K., Čiuberkis S. 2005. Mėšlo normų įtaka dirvožemio savybėms ir agroecozės produktyvumui. *Žemdirbystė. Mokslo darbai*. 1(89). P. 18–30.
23. Repšienė R., Ožeraitienė D. 2006. Manuring effect on the soil properties and crop rotation yield. *Žemdirbystė–Agriculture*. Vol. 93(4). P. 199–209.
24. Robertson G. P., Swinton S. M. 2005. Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*. Vol. 3. P. 38–46.
25. Rohr J. R., McCoy K. A. 2010. A qualitative meta-analysis reveals consistent effects of atrazine on freshwater fish and amphibians. *Environmental Health Perspectives*. Vol. 118. P. 20–32.
26. Plyčiavaitė V., Ruzgas V. 2007. Naujų žieminių rugių linijų agronominiai tyrimai. *Žemdirbystė. Mokslo darbai*. T. 94(1). P. 160–170.
27. Seibutis V., Feiza V., Deveikytė I., Kadžienė G. 2015. Trumpų sėjomainos rotacijų agronominis bei ekonominis įvertinimas taikant ariminį ir berimį žemės dirbimą. *Agariniai ir miškininkystės mokslai: naujausių tyrimų rezultatai ir inovatyvūs sprendimai*. Mokslinės konferencijos pranešimai. Nr. 5. P. 35–36.
28. Skuodienė R., Daugėlienė N. 2008. Daugiamečių žolių, panaudotų kaip žalioji trąša, įtaka žieminių kvietrugių ir rugių produktyvumui. *Žemdirbystė–Agriculture*. T. 95(2). P. 72–87.
29. Smith R. G., Gross K. L., Robertson G. P. 2008. Effect of crop diversity on agroecosystem function: crop yield response. *Ecosystems*. Vol. 11. P. 355–366.
30. Šarūnaitė L., Kadžiulienė Ž., Kadžiulis L. 2008. Ankštinių augalų įtaka varpiniams javams sėjomainos grandyje ir dvinariame žolių-javų pasėlyje. *Žemės ūkio mokslai*. T. 15(1). P. 10–16.
31. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. *Agrominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPILIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRISTAT*. Akademija. P. 32–57.
32. Tilman D., Cassman K. G., Matson P. A., Naylor R., Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. Vol. 418. P. 671–677.

33. Triboi E., Triboi-Blondel A. M. 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem – invited paper. *European Journal of Agronomy*. Vol. 16. P. 163–186.
34. Velykis A., Satkus A. 2006. Influence of crop rotations and reduced tillage on weed population dynamics under Lithuania's heavy conditions. *Agronomy Research*. Vol. 4. Special issue. P. 441–445.
35. Wilkins R. J., Vidrih T. 2000. Grassland for and beyond 2000. *Grassland Science in Europe*. Vol. 5. P. 9–17.

**Lina Marija Butkevičienė, Ingė Auželienė,
Vaclovas Bogužas**

LONG-TERM CROP ROTATION EFFECTS ON WINTER AND SPRING CEREALS PRODUCTIVITY

S u m m a r y

A long-term field experiment was carried out at the Experimental Station of the VDU Agriculture Academy (formerly Aleksandras Stulginskis University), Institute of Agroecosystems crop rotation collection (equipped in 1967), during 2015–2017. The soil of the Experimental site is moderately fine textured *Calc(ar)i-Endohypogleyic Luvisol*. The research was carried out on winter rye (*Secale cereale* L.) 'Matador', winter wheat (*Triticum aestivum* L.) 'Skagen' and

spring barley (*Hordeum vulgare* L.) 'Orphelija', which were sown in 8 different crop rotations after different preceding crops and rye monoculture. The aim of the experiment was to investigate the effect of long-term crop rotation combinations on testing crops yield and productivity indicators.

In many cases, rye productivity indicators were lower during 50-year monocropping. The best productivity indicators were obtained by growing rye in them in grass and fallow crop sequences, and for winter wheat in fallow with vetch–oat mixture for fodder and after manure application. In rye these indicators were more dependent on the precipitation amount and the amount of the sum of temperature during the period of generative organ formation. Among these indicators and the number of productive stems, a statistically strong and medium strength correlation interaction was identified: $r = 0.83$, $P \leq 0.01$; $r = 0.90$, $P \leq 0.05$; $r = 0.58$, $P \leq 0.05$; $r = 0.85$, $P \leq 0.01$; and winter wheat $r = 0.87$, $P \leq 0.01$; $r = 0.89$, $P \leq 0.01$. The highest winter wheat productivity was established in crop rotation after perennial grasses and leguminous crops. Crop yield in monoculture decreases, but the optimal amount of mineral fertilizers saves lower but stable yields. Spring barley is less dependent on preceding crop, so it can be grown after winter cereals. However, they are more productive when sown after row crops and in crop rotations where one of the rotation members is fertilized with organic fertilizers.

Keywords: crop rotation, preceding crop, monoculture, cereal productivity, winter rye, winter wheat, spring barley