

Sėjomainų ir priešsėlių poveikis su auginamų javų derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekiui

Darija Jodaugienė,

Vaclovas Bogužas,

Romutė Mikučionienė,

Ingė Auželienė,

Romualdas Zemeckis

*Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų g. 11,
LT-53361 Akademija, Kauno r.
El. paštas: darija.jodaugiene@asu.lt*

Lauko eksperimentas atliktas 1967–2012 m. Aleksandro Stulginskio universiteto Bandyamų stotyje, vidutinio sunkumo karbonatingame giliau glėžiškame išplautžemyje.

Javai auginami aštuoniose sėjomainose: trilaukėje, javų, Norfolko, pašarinėje, sideracinėje, intensyviojoje, lauko be kaupiamųjų ir lauko su kaupiamaisiais augalais bei rugių monopasėlyje. Žieminiai rugiai auginami penkiose sėjomainose po šių priešsėlių: juodojo pūdymo, lubinų ir rapsų žaliajai trąšai, daugiamečių žolių I ir II naudojimo metų (toliau – I ir II n. m.) ir monopasėlyje; žieminiai kviečiai – keturiose sėjomainose: po juodojo pūdymo, vikių ir avižų mišinio ir po daugiamečių žolių I n. m.; vasariniai miežiai – septyniose sėjomainose: po avižų, žieminių rugių, bulvių, kukurūzų, pašarinių bei cukrinių runkelių; avižos – trijose sėjomainose: po vasarinių miežių, žieminių rugių ir kviečių.

Nustatyta, kad išnešamų maisto medžiagų kiekiai priklausė nuo javų derlingumo ir skyrėsi auginant juos po įvairių priešsėlių. Atlikta koreliacinė ir regresinė analizė parodė, kad augalų pagrindinės ir šalutinės produkcijos derliuje sukauptas maisto medžiagų kiekis buvo skirtingas žieminių ir vasarinių javų pasėliuose. Didėjant žieminių rugių ir žieminių kviečių grūdų derlingumui ($t\ ha^{-1}$) patikimai didesni azoto ($r = 0,429^*$, $r = 0,836^*$), fosforo ($r = 0,516^*$, $r = 0,918^*$) ir kalio ($r = 0,681^{**}$, $r = 0,735^*$) kiekiai ($kg\ t^{-1}$) buvo sukaupti šių javų grūduose. Didėjant šiaudų derlingumui juose patikimai didėjo azoto ($r = 0,413^*$, $r = 0,930^{**}$) ir fosforo ($r = 0,425^*$, $r = 0,773^*$) kaupimas, tačiau mažėjo kalio ($r = -0,327^*$, $r = -0,379^*$). Azoto ($r = -0,716^*$, $r = -0,998^{**}$), fosforo ($r = -0,322^*$, $r = -0,873^*$) ir kalio ($r = -0,302^*$, $r = -0,517^*$) kiekiai vasarinių miežių ir avižų grūduose buvo atvirkščiai proporcingi jų derlingumui. Didėjant vasarinių miežių ir avižų šiaudų derlingumui azoto kiekis mažėjo ($r = -0,594^*$, $r = -0,991^{**}$). Fosforo ($r = -0,341^*$) ir kalio ($r = -0,390^*$) kiekiai mažėjo didėjant avižų šiaudų derlingumui. Patikimų priklausomumų tarp vasarinių miežių šiaudų derlingumo ir fosforo bei kalio kiekių juose nebuvo nustatyta.

Raktažodžiai: sėjomainos, priešsėliai, javai, derlingumas, su derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekis

ĮVADAS

Pagrindinis maisto medžiagų šaltinis augalams yra dirvožemis, trąšos ir atmosfera. Nūdienos ūkininkavimo sąlygas lemia ne tik naujos žemės dirbimo ir augalų auginimo technologijos, bet ir dirvožemio derlingumas bei jo degradacija. Dirvožemio derlingumą nulemia organinių medžiagų kiekis dirvožemyje, nes būtent humusas yra žemės ūkio

augalų maisto medžiagų (N, P, K ir mikroelementų) šaltinis. Pastaraisiais metais Lietuvoje ypač sumažėjo augalininkystės-gyvulininkystės ūkių, tačiau padaugėjo prekinių augalininkystės ūkių. Vykdam aktyvią žemės ūkio veiklą, dirvožemyje sparčiai mažėja organinės medžiagos (humuso), nes jos šaltiniu tampa tik augalinės liekanos. Šių liekanų masė ir cheminė sudėtis veikia ne tik humuso atsargas, bet ir jo kokybinę sudėtį (Bakšienė

ir kt., 2013; Tripolskaja ir kt., 2014). Dirvožemio naudojimas lemia humuso C:N santykį (Šlepetienė ir kt., 2007; Feizienė ir kt., 2008; Aleinikovienė, 2009; Breuning-Madsen et al., 2009; Lagomarsino et al., 2009). Tyrimai rodo, kad sėjomainoje vyraujant javams per metus dirvožemyje netenkama apie 40–100 kg ha⁻¹ organinės anglies. Jei šiaudai išvežami iš lauko ir tręšiama tik mineralinėmis trąšomis, šie nuostoliai siekia net 200 kg ha⁻¹. Labai svarbu išsaugoti dirvožemio derlingumą, todėl augalų mitybai paimtas maisto medžiagas būtina grąžinti į dirvožemį organinių ir mineralinių trąšų pavidalu.

Skirtingos augalų rūšys derliui formuoti nevienodai efektyviai naudoja trąšas, todėl nuo jų paskirstymo sėjomainoje didele dalimi priklauso sėjomainos produktyvumas (Janušauskaitė, Mašauskas, 2006). Lietuvoje šiuo klausimu yra sukaupta daug tyrimų medžiagos (Greimas, Janušienė, 1994; Tripolskaja, 1994; Pleševičienė, Gužys, 1997; Zakarauskaitė, Grigaliūnienė, 2001; Krikštaponytė, 2002; Greimas, 2003, Mažvila ir kt., 2006). Griežtėjant gamtos saugos reikalavimams, ypač aktualu išnaudoti visus potencialius veiksnius, kad būtų išaugintas optimalus augalų derlius, tinkamai sureguliuotas dirvožemio našumas, maisto medžiagų apykaita ir balansas. Norint kuo tiksliau nustatyti optimalias tręšimo normas, reikia gerai apskaičiuoti maisto medžiagų išteklius dirvožemyje, jų sunaudojimą derliui gauti, taip pat iširti, kiek jų į dirvą patenka su krituliais ir kiek nuostolių susidaro per ištisą metų ciklą. Todėl žemdirbiams rekomenduojama skaičiuoti maisto medžiagų balansą. ES aplinkosaugos politikoje („Nitratų“ direktyva 91/676/EEC, Tarybos reglamentas 1782/2003/EC) į maisto medžiagų balansą žiūrima kaip į priemonę, galinčią sumažinti vandenų taršą, reikalaujama skaičiuoti tik azoto balansą, o fosforo balansą skaičiuoti rekomenduojama. Sudarant tręšimo planus nustatyti azoto, fosforo ir kalio balansai gali būti kaip priemonė racionaliau ir taupiau naudoti organines bei mineralines trąšas.

Tyrimų tikslas – nustatyti sėjomainų ir priešėlių poveikį azoto, fosforo ir kalio išnešimui su javų grūdų ir šiaudų derliumi.

METODAI IR SĄLYGOS

Su javų grūdų ir šiaudų derliumi iš dirvožemio išneštų maisto medžiagų kiekio dinamikai įvertinti panaudoti unikalūs ASU Bandymų stotyje nuo

1967 m. vykdomų augalų kaitos tyrimų (sėjomainų kolekcijos) duomenys. Šis stacionarus lauko eksperimentas įrengtas prof. Antano Stancevičiaus iniciatyva ir tęsiamas iki šiol. Lyginamos devynios skirtingos sėjomainos ir skirtingai prižiūrimi rugių bei kukurūzų monopasėliai.

Pati paprasčiausia sėjomaina – trilaukė: 1) juodasis pūdymas, 2) žieminiai rugiai, 3) avižos.

Javų sėjomainoje 75 % sudaro javai: 1) vikių-avižų mišinys žaliajam pašarui, 2) žieminiai kviečiai, 3) avižos, 4) vasariniai miežiai.

Norfolko sėjomaina: 1) daugiametės žolės I n. m., 2) žieminiai kviečiai, 3) bulvės, 4) vasariniai miežiai su įsėliu.

Pašarinę sėjomainą sudaro 50 % daugiamečių žolių ir kiti augalai, skirti pašarui (išskyrus linus, auginamus kaip prekinis augalus): 1) daugiametės žolės I n. m., 2) daugiametės žolės II n. m., 3) daugiametės žolės III n. m., 4) daugiametės žolės IV n. m., 5) linai, 6) kukurūzai, 7) pašariniai runkeliai, 8) miežiai su įsėliu.

Sideracinėje sėjomainoje 33,3 % augalų (rapsai ir lubinai) auginami žaliajai trąšai: 1) lubinai žaliajai trąšai, 2) žieminiai rugiai, 3) žieminiai rapsai žaliajai trąšai, 4) žieminiai rugiai, 5) bulvės, 6) vasariniai miežiai.

Intensyviojoje sėjomainoje šešiuose laukuose per metus gaunami devynių augalų derliai: 1) daugiametės žolės I n. m., 2) žieminiai rugiai → žieminiai rapsai žaliajai trąšai, 3) ankstyvosios bulvės, 4) žieminiai rugiai žaliajam pašarui → kukurūzai, 5) vasariniai miežiai → baltoji garstyčia, 6) vikių-avižų mišinys žaliajam pašarui su įsėliu.

Lauko sėjomainą be kaupiamųjų augalų sudaro šeši rotacijos nariai: 1) juodasis pūdymas, 2) žieminiai kviečiai su įsėliu, 3) daugiametės žolės I n. m., 4) daugiametės žolės II n. m., 5) žieminiai rugiai, 6) vasariniai miežiai.

Lauko sėjomainą su kaupiamaisiais augalais sudaro aštuoni rotacijos nariai: 1) juodasis pūdymas, 2) žieminiai kviečiai su įsėliu, 3) daugiametės žolės I n. m., 4) daugiametės žolės II n. m., 5) žieminiai rugiai, 6) cukriniai runkeliai, 7) vasariniai miežiai, 8) avižos.

Žieminių rugių monopasėlis auginamas taip pat nuo 1967 m. pagal keturias skirtingas technologijas: 1) žieminiai rugiai netręšti ir nepurkšti, 2) žieminiai rugiai netręšti, bet purkšti herbicidais, 3) žieminiai rugiai nepurkšti herbicidais, bet tręšti, 4) žieminiai rugiai tręšti ir purkšti herbicidais.

Kasmet auginami visi augalai visose sėjomainose. Javai auginami aštuoniose sėjomainose: trilaukėje, javų, Norfolko, pašarinėje, sideracinėje, intensyviojoje, lauko be kaupiamųjų ir lauko su kaupiamaisiais augalais bei rugių monopselyje. Straipsnyje pateikiami žieminių rugių, augintų sėjomainose, duomenys ir jie lyginami su monopselyje augintais žieminiiais rugiais, tręštais tomis pačiomis trąšomis ir purkštais herbicidais, kaip ir žieminiai rugiai sėjomainose.

Tyrimai vykdyti 46 metus, laikytasi tam laikotarpiui įprastos kultūrinių augalų auginimo technologijos. Tos pačios rūšies augalams visose sėjomainose taikytas vienodas žemės dirbimas, tręšimas, augalų apsaugos priemonės. Miežiai ir avižos tręštos $N_{80}P_{65}K_{150}$, miežiai su išėliu – $N_{50}P_{65}K_{150}$, žieminiai rugiai – $N_{90}P_{65}K_{75}$, žieminiai kviečiai – $N_{70}P_{60}K_{75}$, žieminiai kviečiai su išėliu – $N_{50}P_{60}K_{75}$.

Maisto medžiagų kiekiai javų grūduose ir šiauduose nustatyti remiantis direktyvomis: azoto – 72/199/EEB, fosforo – 71/393/EEB, kalio – 71/250/EEB.

Apskaičiuoti 46 metų javų derlingumo vidurkiai ir jų paklaidos naudojant kompiuterinę programą SYSTAT10. Tyrimų duomenų tarpusavio priklausomumams įvertinti atlikta koreliacinė ir regresinė analizė taikant kompiuterinę programą STAT iš programų paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003), kur priklausomumas vertintas pagal Fišerio kriterijų, kai: * – statistiškai patikimas pri-

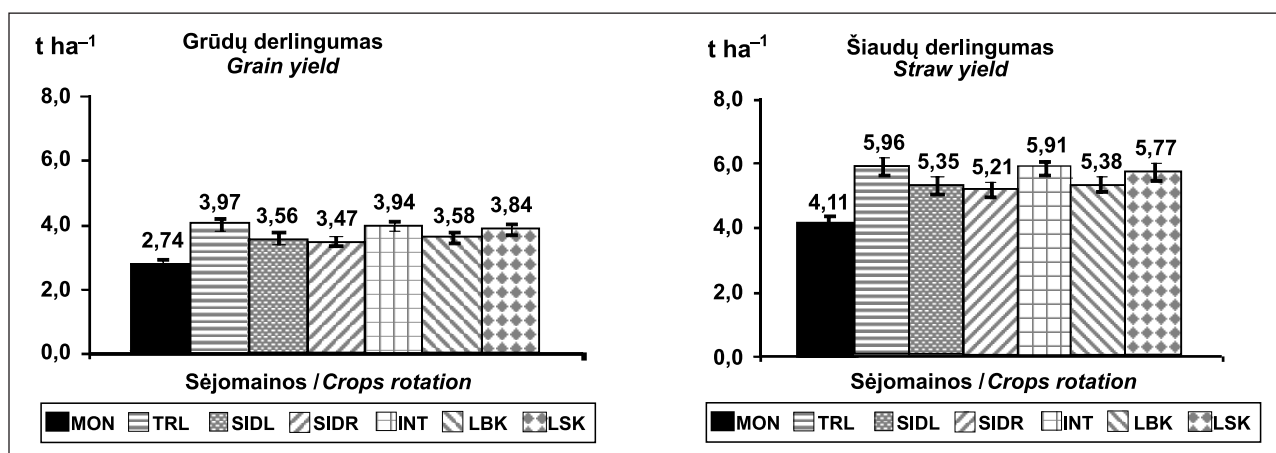
klausomumas esant 95 %, ($P \leq 0,01$), o ** – 99 % ($P \leq 0,01$) tikimybės lygiui.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Žieminiai rugiai. Ilgalaikiai tyrimai įrodo sėjomainos svarbą žemės ūkio augalų derlingumui. Žieminių rugių grūdų ir šiaudų derlingumas, auginant juos monopselyje ir skirtingose sėjomainose, ženkliai skyrėsi. Mažiausias derlingumas buvo žieminių rugių, augintų 46 metus monopselyje. Vidutiniais 1967–2012 m. duomenimis, žieminių rugių grūdų derlingumas minėtame monopselyje siekė tik $2,74 \text{ t ha}^{-1}$, o rugius auginant sėjomainose svyravo nuo $3,47$ iki $3,97 \text{ t ha}^{-1}$ (1 pav.).

Geriausiai rugiai derėjo auginant juos trilaukėje sėjomainoje po juodojo pūdymo, intensyviojoje – po daugiamečių žolių I n. m. ir lauko sėjomainoje su kaupiamaisiais – po daugiamečių žolių II n. m. Kiek mažesnis žieminių rugių grūdų ir šiaudų derlingumas buvo lauko sėjomainoje be kaupiamųjų, auginant juos po daugiamečių žolių II n. m. ir sideracinėje sėjomainoje – po lubinų ir po rapsų.

Sukaupti maisto medžiagų kiekiai, didėjant žieminių rugių grūdų derlingumui, didėjo. Nustatyti teigiami tiesiniai priklausomumai tarp rugių grūdų derlingumo (t ha^{-1}) ir grūduose sukauptų azoto ($r = 0,429^*$), fosforo ($r = 0,516^*$) bei kalio



1 pav. Sėjomainų poveikis žieminių rugių derlingumui, 1967–2012 m. Sėjomainos: MON – monopselis, TRI – trilaukė, SIDL – sideracinė po lubinų, SIDR – sideracinė po rapsų, INT – intensyvi, LBK – lauko sėjomaina be kaupiamųjų, LSK – lauko sėjomaina su kaupiamaisiais augalais

Fig. 1. Effect of crop rotation on winter rye yield, 1967–2012. Crop rotation: MON – monoculture, TRI – three-course, SIDL – green manure rotation after lupine, SIDR – green manure rotation after rape, INT – intensive, LBK – field rotation without row crops, LSK – field rotation with row crops

($r = 0,681^{**}$) kiekių (kg t^{-1}). Monopasėlyje azoto kiekis, išnešamas su žieminių rugių grūdų derliumi, nustatytas mažiausias ($37,8 \text{ kg ha}^{-1}$), o auginant rugius po įvairių priešėlių – 14,0–66,9 % didesnis (1 lentelė). Fosforo ir kalio taip pat mažiausia sukaupta žieminių rugių grūduose, augintuose monopasėlyje. Daugiausia fosforo susikaupė rugių grūduose, auginant juos intensyviojoje sėjomainoje po daugiamečių žolių I n. m., o kalio – trilaukėje sėjomainoje po juodojo pūdymo.

Azoto ir fosforo kiekiai žieminių rugių šiauduose, didėjant jų derlingumui, didėjo, tačiau kalio kiekis mažėjo. Kalis skatina varpinių javų ląstelių medėjimą, todėl manoma, kad dėl to augalo šalutinėje produkcijoje jo mažėjo.

Nustatyti teigiami tiesiniai priklausomumai tarp žieminių rugių šiaudų derlingumo (t ha^{-1}) ir azoto ($r = 0,413^*$) bei fosforo ($r = 0,425^*$) kiekių (kg t^{-1}) šiauduose, tačiau neigiamas tiesinis priklausomumas tarp rugių šiaudų derlingumo

1 lentelė. Sėjomainų ir priešėlių poveikis su žieminių rugių derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekiui, 1967–2012 m.

Table 1. Effect of crop rotation and preceding crop on nutrient content taken out with winter rye yield, 1967–2012

Sėjomaina Crop rotation	Priešėlis Preceding crop	Maisto medžiagų kiekiai kg ha^{-1} Nutrient content, kg ha^{-1}		
		Azotas \pm Sx Nitrogen \pm SE	Fosforas \pm Sx Phosphorus \pm SE	Kalis \pm Sx Potassium \pm SE
Su grūdais / with grain				
Monopasėlis / Monoculture	Žieminiai rugiai / Winter rye	37,8 \pm 2,47	5,8 \pm 0,38	8,0 \pm 0,52
Trilaukė / Three-course	Juodasis pūdymas / Black fallow	63,1 \pm 2,86	13,9 \pm 0,63	15,9 \pm 0,72
Sideracinė / Green manure	Lubiniai žaliajai trąšai Lupine for green manure	43,1 \pm 2,17	15,9 \pm 0,81	12,9 \pm 0,65
Sideracinė / Green manure	Rapsai žaliajai trąšai Rape for green manure	48,0 \pm 2,34	15,6 \pm 0,76	13,2 \pm 0,64
Intensyvioji / Intensive	Daugiametės žolės I n. m. Perennial grasses of the first year of use	59,1 \pm 2,24	17,3 \pm 0,66	14,2 \pm 0,54
Lauko be kaupiamųjų / Field rotation without row crops	Daugiametės žolės II n. m. Perennial grasses of the second year of use	57,4 \pm 2,60	11,5 \pm 0,52	15,4 \pm 0,70
Lauko su kaupiamaisiais / Field rotation with row crops	Daugiametės žolės II n. m. Perennial grasses of the second year of use	56,9 \pm 2,46	11,2 \pm 0,48	14,2 \pm 0,61
Vidutiniškai / Average		52,2 \pm 1,84	13,0 \pm 0,44	13,4 \pm 0,47
Su šiaudais / with straw				
Monopasėlis / Monoculture	Žieminiai rugiai / Winter rye	23,0 \pm 1,50	3,7 \pm 0,24	17,7 \pm 1,16
Trilaukė / Three-course	Juodasis pūdymas / Black fallow	38,1 \pm 1,73	6,0 \pm 0,27	25,6 \pm 1,16
Sideracinė / Green manure	Lubiniai žaliajai trąšai Lupine for green manure	35,4 \pm 1,78	6,4 \pm 0,32	23,1 \pm 1,16
Sideracinė / Green manure	Rapsai žaliajai trąšai Rape for green manure	29,2 \pm 1,42	6,8 \pm 0,33	27,6 \pm 1,35
Intensyvioji / Intensive	Daugiametės žolės I n. m. Perennial grasses of the first year of use	36,6 \pm 1,39	10,6 \pm 0,40	18,3 \pm 0,70
Lauko be kaupiamųjų / Field rotation without row crops	Daugiametės žolės II n. m. Perennial grasses of the second year of use	41,9 \pm 1,90	5,9 \pm 0,27	26,9 \pm 1,22
Lauko su kaupiamaisiais / Field rotation with row crops	Daugiametės žolės II n. m. Perennial grasses of the second year of use	39,2 \pm 1,69	5,5 \pm 0,24	27,7 \pm 1,19
Vidutiniškai / Average		34,7 \pm 1,20	6,4 \pm 0,22	23,8 \pm 0,84

(t ha⁻¹) ir kalio ($r = -0,327^*$) kiekio. Mažiausi maisto medžiagų kiekiai susikaupė monopasėlyje augintų žieminių rugių šiauduose. Su sėjomainose augintų rugių šiaudais maisto medžiagų kiekiai išnešami didesni: azoto – 1,27–1,82 karto, fosforo – 1,49–2,87 karto, o kalio – nuo 3,4 % iki 1,57 karto. Didžiausi azoto kiekiai išnešami su žieminių rugių šiaudais, augintais lauko sėjomainoje be kaupiamųjų po daugiamečių žolių II n. m., fosforo – intensyviojoje sėjomainoje po daugiamečių žolių I n. m., kalio – lauko sėjomainoje su kaupiamaisiais po daugiamečių žolių II n. m.

Žieminiai kviečiai. Grūdų ir šiaudų derlingumas auginant žieminius kviečius įvairiose sėjomainose skyrėsi. Vidutiniais 1967–2012 m. duomenimis, mažiausias derlingumas gautas juos auginant javų sėjomainoje po vikių ir avižų mišinio žaliajam pašarui (2 pav.). Viena iš priežasčių, kad šioje sėjomainoje javai sudaro 75 % ir nepakanka vieno dirvą gerinančio sėjomainos nario (vikių ir avižų mišinio), kad užtikrintų didesnę žieminių kviečių derlingumą. Didžiausias kviečių derlingumas (4,07 t ha⁻¹ grūdų ir 5,7 t ha⁻¹ šiaudų) gautas Norfolkko sėjomainoje auginant juos po daugiamečių žolių I n. m. Kiek mažesnis juodojo pūdymo poveikis lauko sėjomainose su ir be kaupiamųjų augalų.

Maisto medžiagų kiekiai pagrindinėje produkcijoje, didėjant žieminių kviečių grūdų derlingumui, taip pat didėjo. Nustatyti teigiami tiesiniai priklausomumai tarp žieminių kviečių grūdų derlingumo (t ha⁻¹) ir azoto ($r = 0,836^{**}$), fosforo

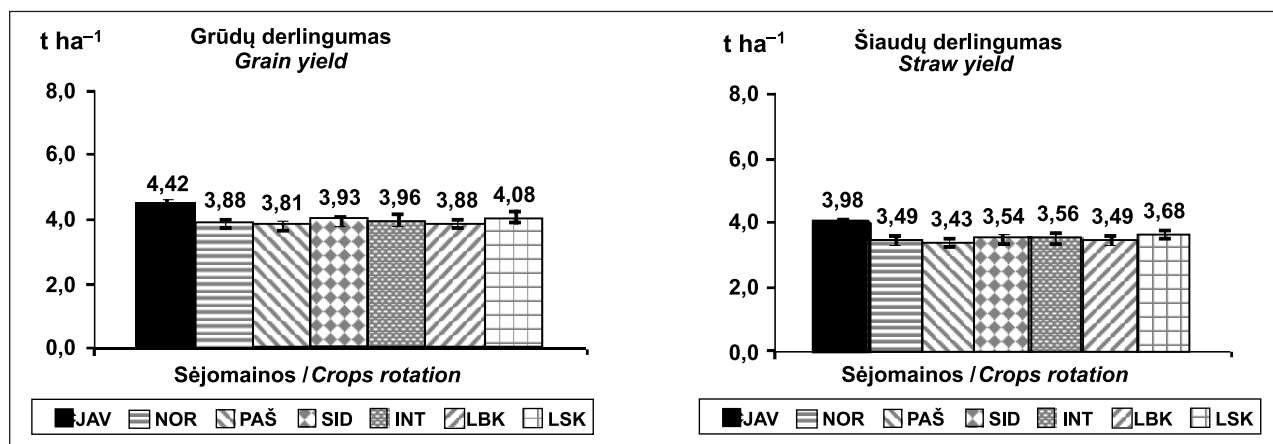
($r = 0,918^{**}$) bei kalio ($r = 0,735^*$) kiekių (kg t⁻¹) grūduose. Dėl šios priežasties su derliumi išnešamų medžiagų kiekis (kg ha⁻¹) buvo tiesiogiai proporcingas žieminių kviečių grūdų derlingumui.

Didžiausi azoto, fosforo ir kalio kiekiai buvo išnešami su žieminių kviečių grūdais, augintais Norfolkko sėjomainoje po daugiamečių žolių I n. m.

Azoto ir fosforo kiekiai žieminių kviečių šiauduose, didėjant jų derlingumui, taip pat didėjo, tačiau kalio kiekis mažėjo. Nustatyti teigiami tiesiniai priklausomumai tarp žieminių kviečių šiaudų derlingumo (t ha⁻¹) ir azoto ($r = 0,930^{**}$) bei fosforo ($r = 0,773^*$) kiekių (kg t⁻¹) šiauduose, tačiau neigiamas tiesinis priklausomumas tarp žieminių kviečių šiaudų derlingumo (t ha⁻¹) ir kalio ($r = -0,379^*$) kiekio. Didžiausi azoto ir fosforo kiekiai buvo išnešami su žieminių kviečių šiaudais, augintais Norfolkko sėjomainoje po daugiamečių žolių I n. m., o kalio – lauko sėjomainoje be kaupiamųjų augalų po juodojo pūdymo.

Vasariniai miežiai. Grūdų ir šiaudų derlingumas auginant vasarinius miežius įvairiose sėjomainose skyrėsi nežymiai. Vidutiniais 1967–2012 m. duomenimis, didžiausias (4,42 t ha⁻¹) miežių derlingumas gautas juos auginant javų sėjomainoje po avižų (3 pav.).

Sukaupti maisto medžiagų kiekiai, didėjant vasarinių miežių grūdų derlingumui, priešingai nei rugių bei žieminių kviečių, mažėjo. Nustatyti neigiami tiesiniai priklausomumai tarp vasarinių miežių grūdų derlingumo (t ha⁻¹) ir azoto



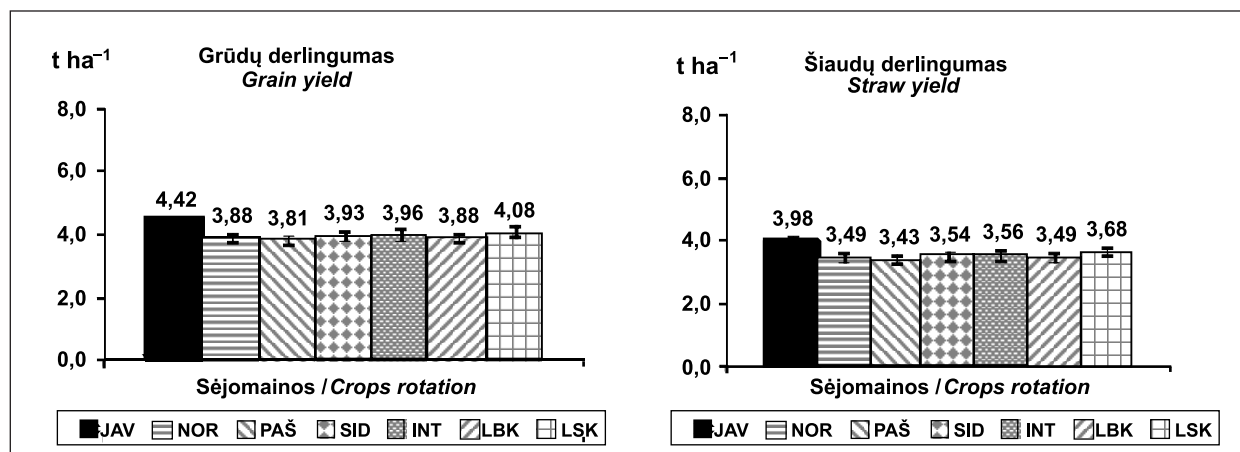
2 pav. Sėjomainų poveikis žieminių kviečių derlingumui, 1967–2012 m. Sėjomainos: JAV – javų, NOR – Norfolkko, LBK – lauko sėjomaina be kaupiamųjų, LSK – lauko sėjomaina su kaupiamaisiais augalais

Fig. 2. Effect of crop rotation on winter wheat yield, 1967–2012. Crop rotation: JAV – cereal, NOR – Norfolk, LBK – field rotation without row crops, LSK – field rotation with row crops

2 lentelė. Sėjomainų ir priešėlių poveikis su žieminių kviečių derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekiui, 1967–2012 m.

Table 2. Effect of crop rotation and preceding crop on nutrient content taken out with winter wheat yield, 1967–2012

Sėjomaina Crop rotation	Priešėlis Preceding crop	Maisto medžiagų kiekiai kg ha ⁻¹ Nutrient content, kg ha ⁻¹		
		Azotas ± Sx Nitrogen ± SE	Fosforas ± Sx Phosphorus ± SE	Kalis ± Sx Potassium ± SE
Su grūdais / with grain				
Javų / Cereal	Vikių ir avižų mišinys Vetch-oat mixture	48,5 ± 6,80	10,1 ± 1,41	11,4 ± 1,59
Norfolko / Norfolk	Daugiametės žolės I n. m. Perennial grasses of the first year of use	80,0 ± 3,54	15,5 ± 0,68	18,1 ± 0,80
Lauko be kaupiamųjų / Field rotation without row crops	Juodasis pūdymas / Black fallow	74,4 ± 3,36	14,1 ± 0,64	15,8 ± 0,71
Lauko su kaupiamaisiais Field rotation with row crops	Juodasis pūdymas / Black fallow	71,6 ± 3,98	13,6 ± 0,76	15,2 ± 0,84
Vidutiniškai / Average		65,9 ± 3,58	12,8 ± 0,70	14,5 ± 0,80
Su šiaudais / with straw				
Javų / Cereal	Vikių ir avižų mišinys Vetch-oat mixture	16,8 ± 2,35	2,3 ± 0,32	21,2 ± 2,97
Norfolko / Norfolk	Daugiametės žolės I n. m. Perennial grasses of the first year of use	37,2 ± 1,64	6,2 ± 0,27	27,9 ± 1,23
Lauko be kaupiamųjų / Field rotation without row crops	Juodasis pūdymas / Black fallow	29,7 ± 1,34	3,8 ± 0,17	28,0 ± 1,26
Lauko su kaupiamaisiais Field rotation with row crops	Juodasis pūdymas / Black fallow	28,6 ± 1,59	3,7 ± 0,21	26,9 ± 1,49
Vidutiniškai / Average		26,8 ± 1,42	3,8 ± 0,20	25,0 ± 1,40



3 pav. Sėjomainų poveikis vasarinių miežių derlingumui, 1967–2012 m. Sėjomainos: JAV – javų, NOR – Norfolk, PAŠ – pašarinė, SID – sideracinė, INT – intensyvi, LBK – lauko sėjomaina be kaupiamųjų, LSK – lauko sėjomaina su kaupiamaisiais augalais

Fig. 3. Effect of crop rotation on spring barley yield, 1967–2012. Crop rotation: JAV – cereal, NOR – Norfolk, PAŠ – fodder, SID – green manure, INT – intensive, LBK – field rotation without row crops, LSK – field rotation with row crops

($r = -0,716^*$), fosforo ($r = -0,322^*$) bei kalio ($r = -0,302^*$) kiekių (kg t^{-1}) grūduose. Didžiausi kiekiai azoto ($89,6 \text{ kg ha}^{-1}$) ir fosforo ($17,9 \text{ kg ha}^{-1}$) išnešami su vasarinių miežių grūdais, augintais lauko sėjomainoje be kaupiamųjų po žieminių rugių, o kalio ($20,8 \text{ kg ha}^{-1}$) – javų sėjomainoje auginant juos po avižų priešsėlio (3 lentelė).

Azoto kiekis (kg t^{-1}) vasarinių miežių šiauduose, didėjant jų derlingumui (t ha^{-1}), didėjo ($r = 0,594^{**}$). Tačiau priklausomumo tarp fosforo ir kalio kiekių šiauduose ir šiaudų derlingumo nenustatyta. Didžiausias kiekis azoto ($40,5 \text{ kg ha}^{-1}$) susikaupė šiauduose, vasarinius miežius auginant pašarinėje sėjomainoje po pašarinių runkelių, fos-

foro ($8,0 \text{ kg ha}^{-1}$) bei kalio ($54,1 \text{ kg ha}^{-1}$) – lauko sėjomainoje be kaupiamųjų po žieminių rugių priešsėlio.

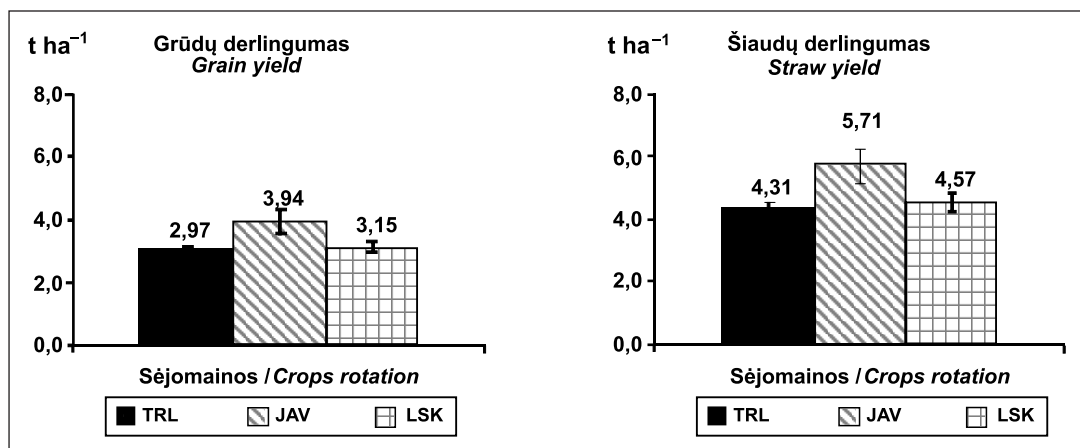
Avižos. Remiantis vidutiniais 1967–2012 m. duomenimis, avižos geriausiai derėjo (grūdų derlingumas siekė $3,94$, o šiaudų – $5,71 \text{ t ha}^{-1}$) auginant jas javų sėjomainoje po žieminių kviečių (4 pav.). Kiek mažesnis avižų derlingumas buvo jas auginant lauko sėjomainoje su kaupiamaisiais augalais po vasarinių miežių ir mažiausias – tri-laukėje sėjomainoje po žieminių rugių.

Nustatyti neigiami tiesiniai labai stiprūs priklausomumai tarp avižų derlingumo (t ha^{-1}) ir azoto kiekio (kg t^{-1}) avižų grūduose ($r = -0,998^{**}$) bei

3 lentelė. Sėjomainų ir priešsėlių poveikis su vasarinių miežių derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekiui, 1967–2012 m.

Table 3. Effect of crop rotation and preceding crop on nutrient content taken out with spring barley yield, 1967–2012

Sėjomaina Crop rotation	Priešsėlis Preceding crop	Maisto medžiagų kiekiai kg ha^{-1} Nutrient content, kg ha^{-1}		
		Azotas \pm Sx Nitrogen \pm SE	Fosforas \pm Sx Phosphorus \pm SE	Kalis \pm Sx Potassium \pm SE
Su grūdais / with grain				
Javų / Cereal	Avižos / Oat	67,2 \pm 2,56	15,9 \pm 0,61	20,8 \pm 0,79
Norfolko / Norfolk	Bulvės / Potatoes	73,4 \pm 2,98	15,1 \pm 0,62	19,0 \pm 0,77
Pašarinė / Fodder	Pašariniai runkeliai / Fodder beet	70,9 \pm 2,88	14,1 \pm 0,57	17,9 \pm 0,73
Sideracinė / Green manure	Bulvės / Potatoes	74,3 \pm 3,20	14,9 \pm 0,64	18,9 \pm 0,81
Intensyvi / Intensive	Kukurūzai / Corn	74,9 \pm 3,08	15,1 \pm 0,62	19,0 \pm 0,78
Lauko be kaupiamųjų Field rotation without row crops	Rugiai / Rye	89,6 \pm 3,99	17,9 \pm 0,79	19,8 \pm 0,88
Lauko su kaupiamaisiais Field rotation with row crops	Cukriniai runkeliai / Sugar beet	76,8 \pm 2,90	13,1 \pm 0,49	18,0 \pm 0,68
Vidutiniškai / Average		76,0 \pm 2,67	15,2 \pm 0,54	19,0 \pm 0,68
Su šiaudais / with straw				
Javų / Cereal	Avižos / Oat	33,4 \pm 1,27	6,0 \pm 0,23	44,2 \pm 1,68
Norfolko / Norfolk	Bulvės / Potatoes	38,4 \pm 1,56	5,2 \pm 0,21	32,5 \pm 1,32
Pašarinė / Fodder	Pašariniai runkeliai / Fodder beet	40,5 \pm 1,65	5,5 \pm 0,22	27,1 \pm 1,10
Sideracinė / Green manure	Bulvės / Potatoes	34,0 \pm 1,46	5,7 \pm 0,24	35,0 \pm 1,51
Intensyvi / Intensive	Kukurūzai / Corn	34,2 \pm 1,41	5,7 \pm 0,24	35,3 \pm 1,45
Lauko be kaupiamųjų Field rotation without row crops	Rugiai / Rye	30,7 \pm 1,37	8,0 \pm 0,36	54,1 \pm 2,41
Lauko su kaupiamaisiais Field rotation with row crops	Cukriniai runkeliai / Sugar beet	30,1 \pm 1,14	4,0 \pm 0,15	21,7 \pm 0,82
Vidutiniškai / Average		33,2 \pm 1,18	5,7 \pm 0,21	36,4 \pm 1,33



4 pav. Sėjomainų poveikis avižų derlingumui, 1967–2012 m. Sėjomainos: TRL – trilaukė, JAV – javų, LSK – lauko sėjomaina su kaupiamaisiais augalais

Fig. 4. Effect of crop rotation on oat yield, 1967–2012. Crop rotation: TRI – three-course, JAV – cereal, LSK – field rotation with row crops

šiauduose ($r = -0,991^{**}$). Priklausomumai tarp avižų derlingumo ($t\ ha^{-1}$) ir fosforo bei kalio kiekių grūduose ir šiauduose nustatyti taip pat neigiami, bet silpnesni (fosforo: grūduose – $r = -0,873^{**}$, šiauduose – $r = -0,341^*$; kalio: grūduose – $r = -0,517^*$, šiauduose – $r = -0,390^*$).

Nors ir buvo nustatyti neigiami priklausomumai tarp avižų derlingumo ($t\ ha^{-1}$) ir maisto me-

džiagų kiekio ($kg\ t^{-1}$) grūduose bei šiauduose, tačiau susikaupusių medžiagų kiekiai ($kg\ ha^{-1}$) išliko didžiausi javų sėjomainoje auginant avižas po žieminių kviečių priešėlio (4 lentelė).

Šį skirtumą lėmė po žieminių kviečių priešėlio gautas ženkliai didesnis avižų derlingumas. Grūduose susikaupė azoto 24,3–31,7, fosforo – 21,5–31,3, kalio – 30,7–31,7 % daugiau, o šiauduose

4 lentelė. Sėjomainų ir priešėlių poveikis su avižų derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekiui, 1967–2012 m.
Table 4. Effect of crop rotation and preceding crop on nutrient content taken out with oat yield, 1967–2012

Sėjomaina Crop rotation	Priešėlis Preceding crop	Maisto medžiagų kiekiai $kg\ ha^{-1}$ Nutrient content, $kg\ ha^{-1}$		
		Azotas $\pm S\bar{x}$ Nitrogen $\pm SE$	Fosforas $\pm S\bar{x}$ Phosphorus $\pm SE$	Kalis $\pm S\bar{x}$ Potassium $\pm SE$
Su grūdais / with grain				
Trilaukė / Three-course	Žieminiai rugiai / Winter rye	47,0 \pm 2,74	9,9 \pm 0,56	12,7 \pm 0,79
Javų / Cereal	Žieminiai kviečiai / Winter wheat	61,9 \pm 6,03	13,0 \pm 1,27	16,6 \pm 1,61
Lauko su kaupiamaisiais Field rotation with row crops	Vasariniai miežiai / Spring barley	49,8 \pm 3,07	10,7 \pm 0,66	12,6 \pm 0,78
Vidutiniškai / Average		52,3 \pm 2,87	11,0 \pm 0,60	14,1 \pm 0,77
Su šiaudais / with straw				
Trilaukė / Three course	Žieminiai rugia / Winter rye	34,5 \pm 2,18	6,0 \pm 0,32	79,8 \pm 3,87
Javų / Cereal	Žieminiai kviečiai / Winter wheat	42,3 \pm 4,12	8,0 \pm 0,78	106,9 \pm 10,42
Lauko su kaupiamaisiais Field rotation with row crops	Vasariniai miežiai / Spring barley	35,7 \pm 2,20	6,9 \pm 0,42	97,9 \pm 6,02
Vidutiniškai / Average		38,6 \pm 2,08	6,7 \pm 0,37	88,6 \pm 4,94

atitinkamai – 18,5–22,6, 15,9–33,3 ir 9,2–34,0 % daugiau nei kitose sėjomainose, auginant avižas po žieminių rugių ar po vasarinių miežių.

IŠVADOS

1. Javų derlingumas priklausė nuo taikytų sėjomainų ir priešėlių. Žieminius rugius auginant sėjomainose, jų derlingumas gautas 26,6–44,9 % didesnis nei monopasėlyje. Žieminiai kviečiai, priešingai nei avižos, jautrūs didelei miglinių javų koncentracijai sėjomainoje. Avižos (3,94 t ha⁻¹) ir miežiai (4,42 t ha⁻¹) geriausiai derėjo javų sėjomainoje auginant juos atitinkamai po žieminių kviečių ir avižų.

2. Didėjant žieminių rugių ir žieminių kviečių grūdų derlingumui (t ha⁻¹) azoto ($r = 0,429^*$, $r = 0,836^*$), fosforo ($r = 0,516^*$, $r = 0,918^*$) ir kalio ($r = 0,681^{**}$, $r = 0,735^*$) kiekiai (kg t⁻¹) didėjo, tačiau didėjant šiaudų derlingumui – didėjo azoto ($r = 0,413^*$, $r = 0,930^{**}$), fosforo ($r = 0,425^*$, $r = 0,773^*$) kaupimas, o kalio mažėjo ($r = -0,327^*$, $r = -0,379^*$).

3. Azoto ($r = -0,716^*$, $r = -0,998^{**}$), fosforo ($r = -0,322^*$, $r = -0,873^*$) ir kalio ($r = -0,302^*$, $r = -0,517^*$) kiekiai vasarinių miežių ir avižų grūduose buvo atvirkščiai proporcingi jų derlingumui. Didėjant vasarinių miežių ir avižų šiaudų derlingumui, azoto kiekis mažėjo ($r = -0,594^*$, $r = -0,991^{**}$). Fosforo ir kalio kiekiai mažėjo tik didėjant avižų šiaudų derlingumui. Patikimų priklausomumų tarp vasarinių miežių šiaudų derlingumo ir fosforo bei kalio kiekių juose nenustatyta.

Gauta 2014 10 30
Priimta 2015 03 30

LITERATŪRA

1. Aleinikovienė J. 2009. *Pietų Lietuvos ariamų smėlžemių renatūralizacija: cheminiai ir mikrofloros pokyčiai*: daktaro disertacija. Kaunas. 94 p.
2. Bakšienė E., Ražukas A., Asakaviciute R., Kacergius A., Maknickienė Z., Romanovskaja R., Titova J., Tripolskaja L. 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.
3. Breuning-Madsen H., Elberling B., Balstroem T., Holst M., Freudenberg M. A. 2009. Comparison of

- soil organic carbon stock in ancient and modern land use systems in Denmark. *European Journal of Soil Science*. Vol. 60. P. 55–63.
4. Feizienė D., Feiza V., Kadžienė G. 2008. Glėjiško rudžemio (*Endocalcari-Epihypogleyic Cambisol*) armens agrocheminių savybių pokyčiai taikant ilgametes žemdirbystės sistemas. *Žemės ūkio mokslai*. T. 15. Nr. 2. P. 1–12.
5. Greimas G. 2003. Tręšimo sistemų įtaka skirtingų sėjomainų augalų produktyvumui ir NPK balansui. *Žemdirbystė*. Nr. 4. P. 49–62.
6. Greimas G., Janušienė V. 1994. Tręšimo sistemų įtaka javų sėjomainos produktyvumui bei dirvožemio derlingumui. *Tręšimo sistemos ir dirvožemio derlingumas*. Vilnius, P. 270–276.
7. Janušauskaitė D., Mašauskas V. 2006. Periodiško tręšimo fosforu ir kaliumu įtaka sėjomainos produktyvumui ir dirvožemio biologinėms savybėms. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 4. P. 11–21.
8. Lagomarsino A., Grego S., Marhan S., Moscatelli M. C., Kandeler E. 2009. Soil management modifies micro-scale abundance and function of soil microorganisms in a Mediterranean ecosystem. *European Journal of Soil Science*. Vol. 60. P. 2–12.
9. Mažvila J., Rainys K., Vaišvila Z., Arbačiauskas J., Adomaitis T. 2006. Lauko sėjomainos produktyvumo ir dirvožemio agrocheminių savybių skirtingo fosforingumo ir kalingumo dirvožemiuose priklausomumas nuo tręšimo sistemų. *Žemdirbystė*. T. 93. Nr. 3. P. 3–17.
10. Pleševičienė A., Gužys S. 1997. Tręšimo sistemų palyginimas rūgščiaame ir kalkintame dirvožemiuose. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 2. P. 3–10.
11. Šlepetienė A., Šlepetys J., Kavoliutė F., Liaudanskienė I., Kadžiulienė Ž. 2007. Anglies, azoto, fosforo ir sieros pokyčiai Vakarų Žemaitijos natūraliose bei įvairiose agrarinėse žemėnaudose. *Žemdirbystė*. T. 94. Nr. 3. P. 90–99.
12. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija, 57 p.
13. Tripolskaja L. 1994. *Organinių ir mineralinių trąšų naudojimo pašarų sėjomainoje velėniniame jauriniame priemėlio dirvožemyje mokslinis pagrindimas*: habilitacinis darbas. 128 p.
14. Tripolskaja L., Romanovskaja D., Šlepetiene A., Razukas A., Sidlauskas G. 2014. Effect of the chemical composition of green manure crops on humus formation in a Soddy-Podzolic soil. *Eurasian Soil Science*. Vol. 47(4). P. 310–318.
15. Zakarauskaitė D., Grigaliūnienė K. 2001. Mineralinių ir organinių trąšų įtaka hidrolizinių fermentų aktyvumui karbonatingame sekliai paglėjęjusiame išplautžemyje. *Vagos*. Nr. 49(2). P. 50–54.

**Darija Jodaugienė, Vaclovas Bogužas,
Romutė Mikučionienė, Ingė Auželienė,
Romualdas Zemeckis**

EFFECT OF CROP ROTATION AND PRECEDING CROP ON NUTRIENT CONTENT TAKEN OUT WITH CEREAL YIELD

S u m m a r y

A long-term field experiment was carried out at the Experimental Station of Aleksandras Stulginskis University during 1967–2012. The soil of the Experimental site is moderately fine textured *Calc(ar)-Endohypogleyic Luvisol*. The aim of the experiment was to establish effect of crop rotation and preceding crop on nitrogen, phosphorus, potassium accumulation and its removal with the primary and secondary cereal yield production. During the 46-year research period, various agricultural crops were cultivated in different crop rotation: three-course, cereal, Norfolk, monoculture, green manure, intensive, six-course field rotation without row crops and eight-course crop rotations with row crops. Winter wheat (*Triticum aestivum*), winter rye (*Secale cereale*), spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and oat (*Avena sativa*) were cultivated after various preceding crops in applied crop

rotations. It was established that nutrient accumulation and its removal depends on the grain productivity and preceding crop. Correlation-regression analysis showed that nutrient content accumulated in the yield of primary and secondary production was different in winter and in spring cereal crops. With higher winter rye and winter wheat grain yield (t ha^{-1}), significantly higher content of nitrogen ($r = 0.429^*$, $r = 0.836^*$), phosphorus ($r = 0.516^*$, $r = 0.918^*$) and potassium ($r = 0.681^{**}$, $r = 0.735^*$) (kg t^{-1}) was accumulated in cereal grains. With higher straw yield, nitrogen ($r = 0.413^*$, $r = 0.930^{**}$) and phosphorus ($r = 0.425^*$, $r = 0.773^*$) accumulation significantly increased, but potassium ($r = -0.327^*$, $r = -0.379^*$) accumulation decreased. The content of nitrogen ($r = -0.716^*$, $r = -0.998^{**}$), phosphorus ($r = -0.322^*$, $r = -0.873^*$) and potassium ($r = -0.302^*$, $r = -0.517^*$) in spring barley and oats was negatively proportional to their productivity. However, increase of the straw of spring barley and oat yield declined the content of nitrogen ($r = -0.594^*$, $r = -0.991^{**}$). No significant effect was found between the phosphorus and potassium quantity and the spring barley straw yield.

Key words: crop rotation, preceding crops, cereals, productivity, taken out nutrient content