

# Ekologinio tręšimo įtaka NPK balansui ir maisto medžiagų dinamikai dirvožemyje

Vilma Žėkaitė<sup>1</sup>,

Gediminas Staugaitis<sup>1</sup>,

Jonas Arbačiauskas<sup>1</sup>,

Juozas Pekarskas<sup>2</sup>,

Tomas Adomaitis<sup>1</sup>,

Donatas Šumskis<sup>1</sup>,

Zigmas Vaišvila<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras,  
Instituto al. 1,  
LT-58344 Akademija, Kėdainių r.

<sup>2</sup> Aleksandro Stulginskio universitetas,  
Studentų g. 11,  
LT-53361 Akademija, Kauno r.  
El. paštas: bandymai@agrolab.lt

Tyrimų tikslas – įvertinti azoto, fosforo ir kalio balansą ekologinėje keturlaukėje sėjomainoje, nustatyti jo įtaką lengvos granulometrinės sudėties dirvožemio agrocheminėms savybėms bei cheminių elementų išplovimui, įvertinti šios tręšimo sistemos tinkamumą ekologiniam ūkininkavimui.

Augalų maisto medžiagų balanso tyrimai ekologinės žemdirbystės sistemoje vykdyti 2006–2009 m. paprastajame, pajaurėjusiame išplautžemyje (IDe-p), smėlingame priemolyje (*Hapli-Albic Luvisol (LVA-ha)*, *sandy loam*). Dirvožemio ariamojo sluoksnio  $pH_{KCl}$  buvo 5,2–6,3;  $P_2O_5$  190–253;  $K_2O$  – 134–178 mg kg<sup>-1</sup>, o humuso – 1,83 %. Lauko sėjomainoje auginti sideraliniai lubinai, žieminiai rugiai, bulvės ir vasariniai miežiai.

Ekologinėje žemdirbystės sistemoje, augalus tręšus mėšlu, žaliaja trąša ir šiaudais, taip pat mineralinėmis kalio trąšomis, azoto, fosforo ir kalio balanso pajamos viršijo jų išlaidas atitinkamai 55,6–62,7; 23,3–25,8 ir 107–119 kg ha<sup>-1</sup>.

Rugius, bulves, miežius patręšus ir azoto organine trąša Provita, azoto balanso pajamos viršijo išlaidas net 93,9–103 kg ha<sup>-1</sup> ir gerino fosforo bei kalio pasisavinimą.

Dėl ekologinių trąšų naudojimo humuso ir judriojo fosforo kiekis per sėjomainos rotaciją dirvožemyje beveik nepakito, o judriojo kalio kiekis padidėjo 47 mg kg<sup>-1</sup>.

Cheminių elementų išplovimas iš dirvožemio didesnis vasaros–rudens nei žiemos–pavasario laikotarpiu. Kiek daugiau išsiplovė kalio, mažiau – azoto, o mažiausiai – fosforo.

**Raktažodžiai:** ekologinės trąšos, balansas, agrocheminiai rodikliai, N,  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  išplovimas

## ĮVADAS

Ekologiškai ūkininkaujant didėja dirvožemio biologinė įvairovė, sumažėja augalų maisto medžiagų išplovimas bei dirvožemio erozijos rizika, o žemės ūkio augalų produkcija būna kokybiškesnė negu intensyvios gamybos ūkiuose (Mander, Mikk, Külvik, 1999; Brandt, Mølgaard, 2001).

Lietuvos ekologinės gamybos ūkių dirvožemių sukultūrinimas dažnai yra nepakankamas, kad būtų užaugintas geras žemės ūkio augalų derlius, nes 18,6 % dirvožemių yra rūgštūs, o 36,5 ir 16 % – mažo ir tik 26,2 ir 45,6 % – pakankamo fosforingu-

mo ir kalingumo, o 52,4 % tirtų dirvožemių nustatytas mažas humusingumas (Mažvila ir kt., 2003). Šveicarijoje, plėtojant ekologinės žemdirbystės sistemas, dirvožemyje randami mažesni judriųjų fosforo ir kalio, tačiau didesni kalcio ir magnio kiekiai negu įprastinėje žemdirbystės sistemoje (Niggli et al., 1995), kadangi ekologinės gamybos ūkiuose negalima naudoti sintetinių azoto, fosforo ir kalio trąšų, taip pat organinių trąšų iš pramoninės žemdirbystės ūkių.

Europos Sąjungos nuostatose nurodoma, kad ekologinė augalų produktų gamyba turėtų padėti išlaikyti ir pagerinti dirvožemio derlingumą,

nealinti dirvožemių bei nebloginti jų agrocheminių savybių (Commission Regulation..., 2010; Council Regulation, 2010), neteršti vandenų nitratais (HEL-COM Recommendation, 2007).

Siekiant tausojančiai naudoti dirvožemio išteklius, padidinti žemės ūkio augalų produktyvumą mažinant vandenų ir oro teršimą augalų nesunaudotomis maisto medžiagomis, dirvožemyje skaičiuojami augalų maisto medžiagų balansai (Karklins, Lipenite, 1998; Parris, 1998). Ekologinės gamybos ūkiuose, kur trąšų panaudojimas labai apribotas, ypač svarbu, kad augalų maisto medžiagų balansas užtikrintų gerą žemės ūkio augalų derlingumą ir išsaugotų dirvožemio našumą (Watson et al., 2002).

Ekologinės žemdirbystės sistemoje, trūkstant organinių ir mineralinių trąšų bei esant mažam jų pasirinkimui, augalų maisto medžiagų balansas dirvožemyje dažniausiai būdavo neigiamas (Haraldsen et al., 1999; Pekarskas ir kt., 2003). Ši problema ypač aktuali šalyse ar jų regionuose, kur auginama mažai gyvulių ir mažai sukaupiama mėšlo (Bachinger, Stein-Bachinger, 2000). Tačiau ekologiniu požiūriu augalų maisto medžiagų balansai ekologinės gamybos ūkiuose dažniausiai būdavo gaunami patenkinami (Freyer, Pericin, 1996).

Pastaruoju metu didėjant sertifikuotų ekologinės gamybos ūkiams naudojamų trąšų asortimentui atsiranda galimybė augalus geriau aprūpinti maisto medžiagomis. Tobulinamos augalų tręšimo sistemos ekologinės gamybos ūkiams, kurios leistų sudaryti augalams geresnes mitybos sąlygas, nebūtų teršiama gamta, nealinamas dirvožemis (Niggli et al., 1995; Bachinger, Stein-Bachinger, 2000; Pekarskas, 2008).

Tyrimų tikslas – įvertinti azoto, fosforo ir kalio balansą ekologinėje keturlaukėje sėjomainoje, nustatyti jo įtaką lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemio agrocheminėms savybėms bei cheminių elementų išplovimui, įvertinti šios tręšimo sistemos tinkamumą ekologiniam ūkininkavimui.

## TYRIMŲ SĄLYGOS IR METODAI

**Dirvožemis.** Ekologinio tręšimo įtaka NPK balansui ir biogeninių elementų migravimui tirta 2006–2009 m. Pietryčių Lietuvoje, LAMMC filiale, Perlojos bandymų stotyje (54°14'11.28"N, 25°24'51.57"E). Dirvožemis – *Hapli-Albic Luvisol (LVa-ha), sandy loam*. Dirvožemio ėminiai nustatant judriuosius  $P_2O_5$  ir  $K_2O$ , humusą ir  $pH_{KCl}$  buvo paimti visų laukelių iš 0–20 cm dirvožemio

sluoksniu prieš eksperimento įrengimą ir jį užbaigus. Dirvožemio ariamasis sluoksniu prieš įrengiant bandymą buvo mažo rūgštumo ir neutralus ( $pH_{KCl}$  5,2–6,3), didelio fosforingumo –  $P_2O_5$  190–253 mg  $kg^{-1}$  ir vidutinio kalingumo –  $K_2O$  – 134–178 mg  $kg^{-1}$ , o humuso – 1,77–1,87 %.

## TYRIMŲ SCHEMA IR JOS DETALĖS

Tyrimai vykdyti keturlaukėje sėjomainoje, kurioje kasmet buvo auginami lubinai, žieminiai rugiai, bulvės ir vasariniai miežiai. Žemės ūkio augalai tręšti ekologinės gamybos ūkiuose leidžiamomis naudoti organinėmis ir mineralinėmis trąšomis, jų normos, išreikštos N ir  $K_2O$ , nurodytos 1 lentelėje. Vieną kartą per sėjomainą bulvėms įterpta 50 t  $ha^{-1}$  kraikinio mėšlo, kurio sudėtyje N,  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  buvo atitinkamai 0,55; 0,29 ir 0,62 %. Visi augalai tręšti ir mineralinėmis kalio trąšomis – lubinai, žieminiai rugiai ir vasariniai miežiai Kornkali, o bulvės – Patentkali trąšomis, kurių sudėtyje buvo atitinkamai 40 ir 30 %  $K_2O$ . Žieminiai rugiai, bulvės ir vasariniai miežiai kai kuriuose eksperimento laukeliuose tręšti ir organine azoto trąša Provita, kurioje buvo 13,5 % N. Lubinų žalioji masė užarta, žieminių rugių ir vasarinių miežių šiaudai irgi paskleisti ir užarti. Kai kuriuose laukeliuose kaip tarpiniai augalai buvo auginami žieminiai rapsai (ž. r.), jie buvo užarti žaliajai trąšai. Augalų pagrindinės ir šalutinės produkcijos ėminiai cheminėms analizėms buvo paimti derliaus nuėmimo metu, o lubinų – prieš jų užarimą.

Augaluose ir organinėse trąšose suminis N nustatytas Kjeldalio, suminis P – vanadato-molibdato, suminis K – fotometriniu metodu. Augaluose cheminiai elementai nustatyti sausoje, o organinėse trąšose – natūralaus drėgnumo medžiagoje.

Apykaitos energijos kiekis augalų produkcijoje apskaičiuotas pagal T. Tamulio analizių duomenis (1986; Jankauskas ir kt., 2000).

Be to, kai kuriuose laukeliuose per lapus augalai buvo tręšiami trąšomis Biokal (b. k.) ir Biojodžiu (b. j.). Organines trąšas Biokal sudaro 57 % vaistažolių ekstrakto, 38 % vandeninio biohumuso ekstrakto ir 5 % eterinio aliejaus, mineralinio vandens ir mikroelementų. N jose yra ne mažiau 0,023 %;  $P_2O_5$  – 0,037, o  $K_2O$  ne mažiau 0,048 %. Biojodžio sudėtyje yra 0,85–1,5 % N; 0,90–1,5 %  $P_2O_5$ ; 0,820–1,50 %  $K_2O$ , vandenyje tirpių humatų – 0,15–0,700 %; CaO – 0,40–2,0 %; MgO – 0,25–2,0 %, įvairių mikroelementų.

## 1 lentelė. Žemės ūkio augalų tręšimo schema ekologinėje sėjomainoje

Table 1. Crop fertilization in organic crop rotation scheme

Variantas Nr. Variant No.	Sideraliniai lubinai Green manure lupin	Žieminiai rugiai* Winter rye*	Bulvės** Potatoes**	Vasariniai miežiai* Spring barley*
1	K <sub>60</sub>	K <sub>60</sub>	K <sub>120</sub>	K <sub>60</sub>
2	K <sub>60</sub>	K <sub>60</sub> Provita N <sub>30</sub>	K <sub>120</sub> Provita N <sub>90</sub>	K <sub>60</sub> Provita N <sub>60</sub>
3	K <sub>60</sub>	K <sub>60</sub> + žieminiai rapsai winter rape	K <sub>120</sub> + žieminiai rapsai winter rape	K <sub>60</sub> + žieminiai rapsai winter rape
4	K <sub>60</sub>	K <sub>60</sub> + Biokal	K <sub>120</sub> + Biokal	K <sub>60</sub> + Biokal
5	K <sub>60</sub>	K <sub>60</sub> Provita N <sub>30</sub> + Biojodis	K <sub>120</sub> Provita N <sub>90</sub>	K <sub>60</sub> Provita N <sub>60</sub> + Biojodis
6	K <sub>60</sub>	K <sub>60</sub> Provita N <sub>30</sub> + winter rape + Biokal + Biojodis	K <sub>120</sub> Provita N <sub>90</sub> + winter rape + Biokal	K <sub>60</sub> Provita N <sub>60</sub> + winter rape + Biokal + Biojodis

Pastaba: \* užarti šiaudai, \*\* tręšta 50 t ha<sup>-1</sup> mėšlo.

Note: \* ploughed in straw, \*\* fertilized with 50 t ha<sup>-1</sup> manure.

### Cheminių medžiagų išplovimo tyrimai

Vandenys iš lizimetrų, įrengtų 40 cm gylyje, buvo siurbiami kiekvienais metais, pavasarį ir rudenį.

Įvertintas cheminių medžiagų koncentracijų lizimetriniuose vandenyse svertinis vidurkis atsižvelgiant į atskirais metais iškritusių kritulių kiekį. Kritulių, iškritusių gegužės, birželio, liepos, rugpjūčio, rugsėjo ir spalio mėn., vidutinė metinė suma 2006, 2007, 2008 ir 2009 m. buvo 514, 499, 395 ir 408 mm, o lapkričio, gruodžio, sausio, vasario, kovo ir balandžio mėn. iškrito mažiau – 2006/2007; 2007/2008 ir 2008/2009 m., atitinkamai 272, 323 ir 211 mm.

Iš dirvožemio išplautų cheminių medžiagų kiekiai (kg ha<sup>-1</sup>) apskaičiuoti cheminio elemento vidutinę koncentraciją (mg l<sup>-1</sup>) lizimetrų vandenyje padauginus iš atskirų metų kritulių kiekio (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) ir nuotekio koeficiento, kurio reikšmė Pietryčių Lietuvos priesmėlio silpnai banguoto reljefo dirvožemiams yra 0,35 (Jablonskis, Janukėnienė, 1978). Vasaros ir žiemos sezonų metu iš dirvožemio išsiplavę NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ir K<sup>+</sup> kiekiai susumuoti, o gautos reikšmės perskaiciuotos į N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir K<sub>2</sub>O.

### Dirvožemio, augalų ir lizimetrinių vandenų cheminė analizė

Dirvožemio pH<sub>KCl</sub> nustatytas elektrometritiniu, ju-drieji P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir K<sub>2</sub>O – Egnerio-Rimo-Domingo (A-L) metodais. Humuso kiekis dirvožemyje apskaičiuo-

tas analizatoriumi „Liqui TOC II“, nustatytą organinės C kiekį padauginus iš koeficiento 1,726.

Augalų sausoje medžiagoje ir natūralios drėgmės organinėse trąšose suminis N nustatytas Kjeldalio, suminis P – vanadato-molibdato, suminis K – fotometriniu metodu.

Nitratų (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) koncentracija lizimetriniuose vandenyse nustatyta naudojant sulfosalicilo rūgšties, fosfatų (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) – spektrometriniu metodu naudojant amonio molibdatą, o K<sup>+</sup> – liepsnos spektrometriniu metodu.

### Balanso skaičiavimas

NPK balansas dirvožemyje yra įvertintas kaip azoto, fosforo ir kalio, patekusių į dirvožemį ir iš jo išneštų kiekių, skirtumas. Skaičiuojant panaudota daugelyje Europos šalių taikoma metodika (Paris, 1998; Bučienė ir kt., 2003; Karklins, Lipenite, 2006). Lubinų ir rapsų žaliojoje trąšoje, šiauduose, rapsuose ir iš dirvožemio sukauptos augalų maisto medžiagos buvo įterptos į dirvožemį, iš dirvos pašalintos nebuvo, todėl ir į balansą neįskaičiuotos.

Lubinų biologiškai fiksuotas azoto kiekis apskaičiuotas pagal lubinų biomasėje fiksuotą kiekį, nes kiti autoriai yra nustatę, kad lubinai savo biomasėje sukaupia apie 50 % simbiotinių bakterijų fiksuoto azoto kiekio. Su krituliais kasmet iškrinta apie 12 kg ha<sup>-1</sup> azoto nitratų ir amonio (Evans, 1987; Lapinskas, 2008). Minėtą nitratų ir amonio

kiekį perskaičiavę į N gauname, kad su krituliais kasmet iškrinta apie 4 kg ha<sup>-1</sup> azoto.

Azoto nuostoliai dėl denitrifikacijos priesmėlio dirvožemiuose yra apie 30 kg ha<sup>-1</sup> per metus (Fagerberg et al., 1993).

Vidutinis augalų maisto medžiagų sunaudojimas per sėjomainą apskaičiuotas pagal N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir K<sub>2</sub>O balanso išlaidų su jo pajamomis santykį.

Skaiciuojant augalų maisto medžiagų balansą dirvožemyje azotas buvo išreikštas grynu elementu – N, o fosforas ir kalis – oksidais – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir K<sub>2</sub>O, kg ha<sup>-1</sup>.

### Statistinė analizė

Tyrimų duomenys apdoroti dispersinės analizės metodu naudojant kompiuterinę programą ANOVA (Clewer, Scarisbric, 2001). Dirvožemio agrocheminių rodiklių ir lizimetrinių tyrimų duomenų statistinis patikimumas įvertintas pagal mažiausio skirtumo patikimumo ribą – LSD<sub>05</sub>.

### TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

**Azoto balansas dirvožemyje.** Augalų maisto medžiagų balanso išlaidos didele dalimi priklauso nuo žemės ūkio augalų derlingumo, kuris ekologinėje žemdirbystės sistemoje yra mažesnis negu inten-

syvioje (Parris, 1998; Masilionytė, Maikštėnienė, 2010). Tai atsispindi ir mūsų atliktuose eksperimentuose, kur žemės ūkio augalų derlius taip pat gautas nedidelis: lubinų žaliosios masės – 20,7–22,7 t ha<sup>-1</sup>, žieminių rugių grūdų – 3,36–3,98, bulvių gumbų – 13,9–17,3, miežių grūdų – 2,05–2,60 t ha<sup>-1</sup>, o lauko sėjomainos produktyvumas – 23,7–28,4 GJ ha<sup>-1</sup> (2 lentelė).

Įvertinus N balanso pajamas, daugiausia jo į dirvožemį pateko tuose sėjomainos laukuose, kur buvo auginami sideraliniai lubinai ir bulvės (3 lentelė). Su lubiniais į dirvožemį iš viso pateko 165–195 kg ha<sup>-1</sup> N, iš jų biologiškai – 153–183 kg ha<sup>-1</sup>. Auginant bulves suminio N į dirvožemį iš viso buvo įterpta net 287–377 kg ha<sup>-1</sup>, iš jo 275 kg ha<sup>-1</sup> pateko su kraikiniu mėšlu. Be to, kai kuriuose laukeliuose bulvėms buvo įterpta 90 kg ha<sup>-1</sup> N organinės trąšos Provita. Žieminiams rugiams kai kuriuose laukeliuose buvo įterpta 30, o vasariniams miežiams – 60 kg ha<sup>-1</sup> N organinės trąšos Provita (P. V.). Be to, nedideli N kiekiai į dirvožemį pateko su krituliais ir augalų sėklomis.

Esant mažam žemės ūkio augalų derlingumui, juose buvo sukaupta mažai ir augalų maisto medžiagų. Rugių grūdų derliuje N sukaupta

2 lentelė. Žemės ūkio augalų derlingumas ekologinėje sėjomainoje

Table 2. Productivity of agricultural crops in organic rotation

Žemės ūkio augalai Agricultural crops	Vidutinė metinė tręšimo norma per sėjomainą The average annual rate of fertilization in rotation					
	K <sub>75</sub>	K <sub>75</sub> + P. V. N <sub>45</sub>	K <sub>75</sub> + ž. r. / w. r.	K <sub>75</sub> + b. k.	K <sub>75</sub> P. V. N <sub>45</sub> + b. j.	K <sub>75</sub> + P. V. N <sub>45</sub> + ž. r. / w. r. + b. k. + b. j.
Derlingumas / Yield t ha <sup>-1</sup>						
Lubinų žalioji masė sausąja medžiaga Dry material of lupin green mass	21,4	22,7	22,6	21,3	21,0	20,7
Žieminių rugių grūdai / Winter rye grains	3,44	3,79	3,42	3,36	3,98	3,88
Bulvių gumbai / Potatoe tubers	14,3	16,4	14,1	13,9	15,7	17,3
Vasarinių miežių grūdai / Spring barley grain	2,05	2,12	2,07	2,12	2,55	2,60
Lauko sėjomainos produktyvumas / Field crop rotation productivity						
Apykaitos energija / Metabolizable energy GJ ha <sup>-1</sup>	23,7	25,7	23,9	24,0	27,9	28,4

Trąšos: P. V. – Provita; ž. r. – žieminių rapsų žalioji trąša; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Fertilizers: P. V. – Provita; w. r. – winter rapeseed green manure; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

## 3 lentelė. Azoto apykaita ekologinėje žemdirbystės sistemoje

Table 3. Metabolism of nitrogen in organic farm system

Balansas dirvožemyje <i>Balance in the soil kg ha<sup>-1</sup></i>		Vidutinė metinė tręšimo norma per sėjomainą <i>Average annual rate of fertilization per rotation</i>					
		K <sub>75</sub>	K <sub>75</sub> + P. V. N <sub>45</sub>	K <sub>75</sub> + ž. r.	K <sub>75</sub> + b. k.	K <sub>75</sub> P. V. N <sub>45</sub> + b. j.	K <sub>75</sub> + P. V. N <sub>45</sub> + ž. r. + b. k. + b. j.
<i>Sideraliniai lubinai / Green manure lupine</i>							
Pajamos <i>Input</i> kg ha <sup>-1</sup>	Biologiškai fiksuotas N / <i>Biologically fixed N</i>	183	175	168	161	153	176
	N su krituliais / <i>N with precipitation</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	N sėklose / <i>N in seeds</i>	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85
	Iš viso / <i>Total</i> <sup>1</sup>	195	187	180	173	165	188
Išlaidos <i>Output</i> kg ha <sup>-1</sup>	Išplovimas / <i>Leaching</i>	5,94	7,12	6,40	5,25	6,12	5,72
	Denitrifikacija / <i>Denitrification</i>	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
	Iš viso / <i>Total</i>	35,9	37,1	36,4	35,3	36,1	35,7
N balansas / <i>N balance kg ha<sup>-1</sup></i>		159	150	144	138	129	152
<i>Žieminiai rugiai / Winter rye</i>							
Pajamos <i>Input</i> kg ha <sup>-1</sup>	Organinė trąša Provita / <i>Organic fertilizer Provita</i>		30			30	30
	N su krituliais / <i>N with precipitation</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	N sėklose / <i>N in seeds</i>	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97
	Iš viso / <i>Total</i>	5,97	36,0	5,97	5,97	36,0	36,0
Išlaidos <i>Output</i> kg ha <sup>-1</sup>	Sukaupta grūdų derliuje / <i>Accumulated in the yield</i> <sup>1</sup>	33,9	37,4	33,7	33,1	39,2	38,3
	Išplovimas / <i>Leaching</i>	9,77	8,73	12,0	10,3	11,0	12,5
	Denitrifikacija / <i>Denitrification</i>	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
	Iš viso / <i>Total</i>	73,7	76,1	75,7	73,4	80,2	80,8
N balansas / <i>N balance kg ha<sup>-1</sup></i>		-67,7	-50,1	-69,7	-67,4	-44,2	-44,8
<i>Bulvės / Potatoes</i>							
Pajamos <i>Input</i> kg ha <sup>-1</sup>	N su kraikiniu mėšlu / <i>N with farm yard manure</i>	275	275	275	275	275	275
	Organinė trąša Provita / <i>Organic fertilizer Provita</i>		90			90	90
	Krituliai / <i>Precipitation</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Sėklos / <i>Seeds</i>	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80
	Iš viso / <i>Total</i>	287	377	287	287	377	377
Išlaidos <i>Output</i> kg ha <sup>-1</sup>	Derliuje / <i>In the yield</i>	35,2	38,7	36,1	36,9	41,0	43,6
	Išplovimas / <i>Leaching</i>	8,83	12,4	11,8	10,8	10,5	12,4
	Denitrifikacija / <i>Denitrification</i>	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
	Iš viso / <i>Total</i>	74,0	81,1	77,9	77,7	81,5	86,0
N balansas / <i>N balance</i>		213	296	209	209	296	291
<i>Vasariniai miežiai / Spring barley</i>							
Pajamos <i>Input</i> kg ha <sup>-1</sup>	Organinė trąša Provita / <i>Organic fertilizer Provita</i>		60			60	60
	Krituliai / <i>Precipitation</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Sėklos / <i>Seeds</i>	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
	Iš viso / <i>Total</i>	6,69	66,7	6,69	6,69	66,7	66,7
Išlaidos <i>Output</i> kg ha <sup>-1</sup>	Derliuje / <i>In the yield</i>	27,5	28,5	27,8	28,5	34,2	34,9
	Išplovimas / <i>Leaching</i>	4,00	4,34	5,36	4,51	6,35	5,82
	Denitrifikacija / <i>Denitrification</i>	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
	Iš viso / <i>Total</i>	61,5	62,8	63,2	63,0	70,6	70,7
N balansas / <i>N balance</i>		-54,8	3,90	-56,5	-56,3	-3,90	-4,00

3 lentelė (tęsinys)

Table 3 (continued)

Balansas dirvožemyje <i>Balance in the soil kg ha<sup>-1</sup></i>	Vidutinė metinė tręšimo norma per sėjomainą <i>Average annual rate of fertilization per rotation</i>					
	$K_{75}$	$K_{75} + P.V.N_{45}$	$K_{75} + \text{ž. r.}$	$K_{75} + b. k.$	$K_{75} P.V.N_{45} + b. j.$	$K_{75} + P.V.N_{45} + \text{ž. r.} + b. k. + b. j.$
Vidutinės metinės balanso pajamos <i>Average annual balance input kg ha<sup>-1</sup></i>	124	167	120	118	161	167
Vidutinės metinės balanso išlaidos <i>Average annual balance output kg ha<sup>-1</sup></i>	61,3	64,3	63,3	62,4	67,1	68,3
Vidutinis N balansas per sėjomainą <i>Average N balance per rotation</i>	62,7	103	56,7	55,6	93,9	98,7
Azoto sunaudojimas % (Pajamos / Išlaidos*100) <i>N consumption % (Output / Input *100)</i>	49,4	38,5	52,8	52,9	41,7	40,9

Trąšos: P. V. – Provita; ž. r. – žieminių rapsų žalioji trąša; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Fertilizers: P. V. – Provita; w. r. – winter rapeseed green manure; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

33,1–39,2 kg ha<sup>-1</sup>, bulvių gumbuose – 35,2–43,6, o miežių grūduose – 27,5–34,9 kg ha<sup>-1</sup>. Apie 30 kg ha<sup>-1</sup> N iš dirvožemio dėl denitrifikacijos buvo prarasta dujinių nuostolių pavidalu. Iš dirvožemio išsiplovęs N kiekis priklausė nuo augalų tręšimo ir jų vietos sėjomainoje: mažiau N išsiplovė lubinų ir miežių laukuose – atitinkamai 5,25–7,12 ir 4,00–6,35 kg ha<sup>-1</sup>. Žieminiuose rugiuose, augusiuose po sideralinių lubinų, ir mėšlu tręstose bulvėse N iš dirvožemio išsiplovė daugiau – atitinkamai 8,73–12,5 ir 8,83–12,4 kg ha<sup>-1</sup>.

Sideralinių lubinų lauke N balanso pajamos išlaidas viršijo 129–159 kg ha<sup>-1</sup>. Bulvių lauke, tik mėšlu tręstuose laukeliuose, šios augalų maisto medžiagos balanso pajamos išlaidas viršijo 209–213, o bulves patręšus ir Provita – net 291–296 kg ha<sup>-1</sup>. Rugius patręšus trąša Provita, N balanso pajamos buvo 44,2–50,1, o šia trąša netręšus – net 67,4–69,7 kg ha<sup>-1</sup> mažesnės nei išlaidos. Miežių lauke N balansas gautas mažiau neigiamas negu auginant rugius, kur azoto organinė trąša Provita netręstuose laukeliuose šio balanso pajamos 54,8–56,5 kg ha<sup>-1</sup> viršijo išlaidas, o patręšus, N balansas gautas artimas nuliui.

Augalų maisto medžiagos iš organinių trąšų atsipalaiduoja palaipsniui ir jų poveikis augalų derliui, priklausomai nuo įvairių veiksnių, tęsiasi nuo 3–4 iki 7–8 metų (Krištaponytė, 1996; Tri-

polskaja, 2005). Todėl lubinų žaliojoje trąšoje sukauptas augalų maisto medžiagas naudoja rugiai, o bulvėms įterptame kraikiniame mėšle esančiomis medžiagomis – bulvės ir po jų augantys miežiai.

Nors mūsų atliktuose tyrimuose visuose eksperimento laukeliuose vidutinis metinis N balansas per sėjomainą gautas teigiamas, tačiau dėl tręšimo Provita žemės ūkio augalų derlius turėjo tendenciją didėti. Teigiamą N balansą dirvožemyje palaikyti naudinga, nes augalai savo mitybai gali panaudoti tik iš organinės medžiagos į mineralines formas atsipalaidavusį azotą.

Mūsų atliktų tyrimų duomenimis, augalų netręšus trąša Provita dėl išplovimo bei denitrifikacijos augalų derlius neteko 49,4–52,9, o šia trąša tręšus – 38,5–41,7 % į dirvožemį patekusio azoto.

**Fosforo balansas dirvožemyje.** Šios augalų maisto medžiagos per sėjomainą balanso pajamas sudarė vieną kartą, bulvėms įterptas mėšlas, o nedideli jo kiekiai į dirvožemį pateko su augalų sėklomis (4 lentelė). Fosforo balanso išlaidos – tai žemės ūkio augalų derliuje sukauptas ir iš dirvožemio išplautas šio elemento kiekis.

Sideralinių lubinų sėjomainos lauke P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> balansas dirvožemyje gautas artimas nuliui – apie 2 kg ha<sup>-1</sup> šios augalų maisto medžiagos pateko su lubinų sėklomis ir apie 0,500 kg ha<sup>-1</sup> išsiplovė.

## 4 lentelė. Fosforo apykaita ekologinėje žemdirbystės sistemoje

Table 4. Metabolism of phosphorus in organic farming system

$P_2O_5$ balansas dirvožemyje $kg\ ha^{-1}$ $P_2O_5$ balance in the soil, $kg\ ha^{-1}$		Vidutinė metinė tręšimo norma per sėjomainą $kg\ ha^{-1}$ Average annual rate of fertilization per rotation, $kg\ ha^{-1}$					
		$K_{75}$	$K_{75} + P. V. N_{45}$	$K_{75} + \text{ž. r.}$	$K_{75} + b. k.$	$K_{75} + P. V. N_{45} + b. j.$	$K_{75} + P. V. N_{45} + \text{ž. r.} + b. k. + b. j.$
<i>Sideraliniai lubinai / Green manure lupin</i>							
Pajamos $kg\ ha^{-1}$ <i>Input, <math>kg\ ha^{-1}</math></i>	Sėklos / <i>Seeds</i>	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97
	Iš viso / <i>Total</i>	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97
Išlaidos $kg\ ha^{-1}$ <i>Output, <math>kg\ ha^{-1}</math></i>	Išplovimas / <i>Leaching</i>	0,770	0,827	0,584	0,611	0,520	0,508
	Iš viso / <i>Total</i>	0,770	0,827	0,584	0,611	0,520	0,508
	Balansas / <i>Balance</i>	1,20	1,14	1,39	1,36	1,45	1,46
<i>Žieminiai rugiai / Winter rye</i>							
Pajamos $kg\ ha^{-1}$ <i>Input, <math>kg\ ha^{-1}</math></i>	Sėklos / <i>Seeds</i>	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	Iš viso / <i>Total</i>	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	Derlius / <i>Yield</i>	18,1	20,0	18,0	17,7	21,0	20,4
Išlaidos $kg\ ha^{-1}$ <i>Output, <math>kg\ ha^{-1}</math></i>	Išplovimas / <i>Leaching</i>	1,53	1,47	1,02	1,47	1,27	1,75
	Iš viso / <i>Total</i>	19,6	21,5	19,0	19,2	21,3	22,2
	Balansas / <i>Balance</i>	-18,5	-20,5	-18,0	-18,2	-20,3	-21,2
<i>Bulvės / Potatoe</i>							
Pajamos $kg\ ha^{-1}$ <i>Input, <math>kg\ ha^{-1}</math></i>	Kraikinis mėšlas / <i>Farm yard manure</i>	145	145	145	145	145	145
	Sėklos / <i>Seeds</i>	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
	Iš viso / <i>Total</i>	147	147	147	147	147	147
	Derlius / <i>Yield</i>	11,1	12,2	11,4	11,6	12,9	13,7
Išlaidos $kg\ ha^{-1}$ <i>Output, <math>kg\ ha^{-1}</math></i>	Išplovimas / <i>Leaching</i>	0,399	0,632	0,425	0,511	0,602	0,779
	Iš viso / <i>Total</i>	11,5	12,8	11,8	12,1	13,5	14,5
	Balansas / <i>Balance</i>	136	134	135	135	134	133
<i>Vasariniai miežiai / Spring barley</i>							
Pajamos $kg\ ha^{-1}$ <i>Input, <math>kg\ ha^{-1}</math></i>	Sėklos / <i>Seeds</i>	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
	Iš viso / <i>Total</i>	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
	Derlius / <i>Yield</i>	16,4	16,9	16,5	16,9	20,4	20,8
Išlaidos $kg\ ha^{-1}$ <i>Output, <math>kg\ ha^{-1}</math></i>	Išplovimas / <i>Leaching</i>	0,301	0,468	0,378	0,403	0,487	0,536
	Iš viso / <i>Total</i>	16,7	17,4	16,9	17,3	20,9	21,3
	Balansas / <i>Balance</i>	-15,1	-15,8	-15,3	-15,7	-19,3	-19,7
<i>Vidutiniškai per sėjomainą / On average per crop rotation</i>							
	Vidutinės metinės balanso pajamos <i>Average annual balance input</i>	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9
	Vidutinės metinės balanso išlaidos <i>Average annual balance output</i>	12,1	13,1	12,1	12,3	14,1	14,6
	Vidutinis $P_2O_5$ balansas per sėjomainą <i>Average <math>P_2O_5</math> balance per rotation</i>	25,8	24,8	25,8	25,6	23,8	23,3
	Fosforo sunaudojimas % (Pajamos / Išlaidos * 100) <i>Phosphorus consumption (Input / Output * 100)</i>	31,9	34,6	31,9	32,4	37,2	38,5

Trąšos: P. V. – Provita; ž. r. – žieminių rapsų žalioji trąša; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Fertilizers: P. V. – Provita; w. r. – winter rapeseed green manure; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Žieminių rugių lauke neigiamą fosforo balansą iš esmės lėmė rugių grūdų derlius, kuriame buvo sukaupta 17,7–21,0 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Bulvėms su kraikiniu mėšlu buvo įterpta ir 145 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, todėl šios augalų maisto medžiagos balansas čia gautas itin teigiamas. Miežių, kaip ir rugių sėjomainos lauke, daugiausia dėl sukaupimo grūdų derliuje, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> balansas gautas neigiamas.

Vieną kartą per sėjomainą įterpta 50 t ha<sup>-1</sup> kraikinio mėšlo norma lėmė teigiamą šios augalų maisto medžiagos balansą, nes augalai derliuje fosforo sukaupia mažiau negu azoto ir kalio, o nuostoliai dėl išplovimo nebuvo dideli. Nors lubinai fosforo trąšomis tręšti nebuvo, tačiau jie buvo užarti žaliajai trąšai, kur iš dirvožemio sukauptu fosforu pasinaudojo po lubinų augę žieminiai rugiai. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> balanso pajamos 23,3–25,8 kg ha<sup>-1</sup> viršijo išlaidas. Fosforas geriau buvo įsisavintas (34,6–38,5 %) organine trąša Provita tręštuose laukeliuose, užaugo didesnis žemės ūkio augalų derlius, o šia trąša netręštuose laukeliuose fosforo įsisavinta 31,9–32,4 %.

**Kalio balansas dirvožemyje.** Šios augalų maisto medžiagos balanso pajamos – visiems augalams

įterptos natūralios mineralinės kalio trąšos Kornkali ir Patentkali, o taip pat (kaip azoto ir fosforo) nedidelis kalio kiekis į dirvožemį pateko su augalų sėklomis. Ypač daug kalio (310 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) su kraikiniu mėšlu buvo įterpta bulvių lauke.

Kalio balanso išlaidos – tai jo sukaupimas žemės ūkio augalų derliuje ir nuostoliai dėl išplovimo. Rugių ir miežių grūdų derliuje kalio sukaupta nedaug – atitinkamai 10,6–12,5 ir 11,0–13,9 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O. Šios augalų maisto medžiagos nuostoliai dėl išplovimo sideralinių lubinų, rugių ir miežių sėjomainos laukuose buvo apie 20 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O. Mėšlu ir mineralinėmis kalio trąšomis tręštų bulvių lauke daugiau K<sub>2</sub>O sukauta gumbuose, o išsiplovė atitinkamai 58,0–71,7 ir 37,1–44,8 kg ha<sup>-1</sup>. Tačiau bulvių lauke balanso pajamos net 327–345 kg ha<sup>-1</sup> viršijo jo išlaidas. Sideralinių lubinų, žieminių rugių ir vasarinių miežių laukuose kalio balanso pajamos išlaidas viršijo mažiau – atitinkamai 48,3–52,9; 19,3–35,0 ir 31,2–41,0 kg ha<sup>-1</sup>.

Vidutinis kalio balansas per sėjomainą gautas iš esmės teigiamas – vidutiniškai kasmet K<sub>2</sub>O į dirvožemį buvo įterpta net 107–119 kg ha<sup>-1</sup> daugiau negu sukaupta žemės ūkio augalų derliuje ir prarasta dėl išplovimo.

5 lentelė. Kalio apykaita ekologinėje žemdirbystės sistemoje

Table 5. Metabolism of potassium in organic farming system

K <sub>2</sub> O balansas dirvožemyje kg ha <sup>-1</sup> K <sub>2</sub> O balance in the soil, kg ha <sup>-1</sup>		Vidutinė metinė tręšimo norma per sėjomainą kg ha <sup>-1</sup> Average annual rate of fertilization per rotation, kg ha <sup>-1</sup>					
		K <sub>75</sub>	K <sub>75</sub> + P. V. N <sub>45</sub>	K <sub>75</sub> + ž. r.	K <sub>75</sub> + b. k.	K <sub>75</sub> P. V. N <sub>45</sub> + b. j.	K <sub>75</sub> + P. V. N <sub>45</sub> + ž. r. + b. k. + b. j.
<i>Sideraliniai lubinai / Green manure lupin</i>							
Pajamos kg ha <sup>-1</sup>	Mineralinės trąšos / Mineral fertilizers	60	60	60	60	60	60
Input, kg ha <sup>-1</sup>	Sėklos / Seeds	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
	Iš viso / Total	72	72	72	72	72	72
Išlaidos kg ha <sup>-1</sup>	Išplovimas / Leaching	19,1	23,7	18,2	19,3	22,5	21,6
Output, kg ha <sup>-1</sup>	Viso / Total	19,1	23,7	18,2	19,3	22,5	21,6
	Balansas / Balance	52,9	48,3	53,8	52,7	49,5	50,4
<i>Žieminiai rugiai / Winter wheat</i>							
Pajamos kg ha <sup>-1</sup>	Mineralinės trąšos / Mineral fertilizers	60	60	60	60	60	60
Input, kg ha <sup>-1</sup>	Sėklos / Seeds	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630
	Iš viso / Total	66,3	66,3	66,3	66,3	66,3	66,3
Išlaidos kg ha <sup>-1</sup>	Derlius / Yield	10,8	11,9	10,8	10,6	12,5	12,2
Output, kg ha <sup>-1</sup>	Išplovimas / Leaching	21,8	20,9	20,3	22,9	24,2	34,8
	Iš viso / Total	31,8	32,8	31,3	33,5	36,7	47,0
	Balansas / Balance	34,5	33,5	35,0	32,8	29,6	19,3



5 lentelė (tęsinys)

Table 5 (continued)

K <sub>2</sub> O balansas dirvožemyje kg ha <sup>-1</sup> K <sub>2</sub> O balance in the soil, kg ha <sup>-1</sup>		Vidutinė metinė tręšimo norma per sėjomainą kg ha <sup>-1</sup> Average annual rate of fertilization per rotation, kg ha <sup>-1</sup>					
		K <sub>75</sub>	K <sub>75</sub> + P. V. N <sub>45</sub>	K <sub>75</sub> + ž. r.	K <sub>75</sub> + b. k.	K <sub>75</sub> P. V. N <sub>45</sub> + b. j.	K <sub>75</sub> + P. V. N <sub>45</sub> + ž. r. + b. k. + b. j.
Pajamos kg ha <sup>-1</sup> Input, kg ha <sup>-1</sup>	Kraikinis mėšlas / Farm yard manure	310	310	310	310	310	310
	Mineralinės trąšos / Mineral fertilizers	120	120	120	120	120	120
	Sėklos / Seeds	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
	Iš viso / Total	443	443	443	443	443	443
Išlaidos kg ha <sup>-1</sup> Output, kg ha <sup>-1</sup>	Derlius / Yield	58,0	63,8	59,5	60,8	67,4	71,7
	Išplovimas / Leaching	37,1	34,9	44,8	38,4	37,3	44,4
	Iš viso / Total	95,1	98,7	104	99,2	105	116
Balansas / Balance		345	344	339	344	338	327
Vasariniai miežiai / Spring barley							
Pajamos kg ha <sup>-1</sup> Input, kg ha <sup>-1</sup>	Mineralinės trąšos / Mineral fertilizers	60	60	60	60	60	60
	Sėklos / Seeds	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
	Iš viso / Total	61,1	61,1	61,1	61,1	61,1	61,1
Išlaidos kg ha <sup>-1</sup> Output, kg ha <sup>-1</sup>	Derlius / Yield	11,0	11,4	11,1	11,4	13,7	13,9
	Išplovimas / Leaching	10,5	10,3	9,02	11,6	14,0	16,0
	Iš viso / Total	21,5	21,7	20,1	23,0	27,7	29,9
Balansas / Balance		39,6	39,4	41,0	38,1	33,4	31,2
Vidutiniškai per sėjomainą / On average per crop rotation							
Vidutinės metinės balanso pajamos Average annual balance input		161	161	161	161	161	161
Vidutinės metinės balanso išlaidos Average annual balance output		41,9	44,2	43,4	43,8	48,0	53,6
Vidutinis K <sub>2</sub> O balansas per sėjomainą Average K <sub>2</sub> O balance per rotation		119	117	118	117	113	107
Kalio sunaudojimas % / (Pajamos / Išlaidos * 100) Consumption of K <sub>2</sub> O / (Input / Output * 100)		26,0	27,4	27,0	27,2	29,8	33,3

Trąšos: P. V. – Provita; ž. r. – žieminių rapsų žaliaji trąša; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Fertilizers: P. V. – Provita; w. r. – winter rapeseed green manure; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Tai patvirtina ir Joniškėlio bandymų stoties ekologinėje žemdirbystės sistemoje atliktų tyrimų duomenys, kai augalų tręsimui panaudojus tik žaliąją trąšą pagrindinių mitybos elementų NPK balansas buvo neigiamas, tačiau, augalų tręsimui panaudojus žaliąją trąšą ir mėšlą, dirvožemio NP balansas buvo teigiamas, o K – perteklinis (Masilionytė, Maikštėnienė, 2010).

Vidutinis kalio sunaudojimas lauko sėjomainoje nebuvo didelis, tačiau kaip ir fosforo didelis buvo organinė azoto trąša Provita tręstuose laukuose – 27,4–33,3 %, o šia trąša netręstuose – 26,0–27,2 %.

### Ekologinio tręšimo įtaka dirvožemio agrocheminėms savybėms

Dirvožemyje esant per mažam augalų maisto medžiagų kiekiui, jų gali nepakakti normaliai žemės ūkio augalų mitybai, o esant maisto elementų pertekliui – gali iš dirvožemio išsiplauti ir teršti aplinką (Sieling et al., 1999; Mažvila et al., 2009; Rutkowska, Fotyma, 2009).

Mūsų atliktuose tyrimuose, vieną kartą per sėjomainą įterpus bulvėms 50 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, užarus lubinus žaliajai trąšai ir žieminių rugių bei vasarinių miežių šiaudus, humuso kiekis dirvožemyje nesumažėjo (6 lentelė).

6 lentelė. Ekologinio tręšimo įtaka dirvožemio agrocheminiams rodikliams

Table 6. Influence of eco-fertilization on soil agrochemical properties

Tręšimo sistema <i>Fertilization system</i>	Humuso kiekis % / <i>Humus content, %</i>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>		K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>	
	2006	2009	2006	2009	2006	2009
K <sub>75</sub>	1,86	1,86	217	220	135	183
N <sub>45</sub> K <sub>75</sub>	1,84	1,83	214	221	137	183
K <sub>75</sub> + ž. r. / <i>w. r.</i>	1,87	1,76	217	224	139	184
K <sub>75</sub> + b. k. / <i>w. r.</i>	1,80	1,81	224	224	140	188
N <sub>45</sub> K <sub>75</sub> + b. j.	1,77	1,78	219	217	136	186
N <sub>45</sub> K <sub>75</sub> + ž. r. / <i>w. r.</i> + b. k. + b. j.	1,83	1,82	217	216	137	178
Vidurkis / <i>Average</i>	1,83	1,81	218	220	137	184
R <sub>05</sub> / <i>LSD<sub>05</sub></i>	0,191	0,218	23,0	25,2	17,6	21,0

Trąšos: P. V. – Provita; ž. r. – žieminių rapsų žalioji trąša; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Fertilizers: P. V. – Provita; w. r. – winter rapeseed green manure; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Didelio fosforingumo dirvožemyje fosforo balansui esant silpnai teigiamam, judriojo fosforo kiekis dirvožemyje per sėjomainos rotaciją beveik nepakito.

Panašūs duomenys gauti ir ilgalaikiame žemės ūkio augalų tręšimo bandyme: kai dirvožemyje judriojo fosforo buvo daugiau kaip 300 mg kg<sup>-1</sup>, jo kiekis dėl tręšimo fosforo trąšomis beveik nedidėjo (Mažvila et al., 2009).

Nors judriojo K<sub>2</sub>O prieš bandymo įrengimą dirvožemyje buvo mažiau negu fosforo, tačiau dėl gausaus tręšimo organinėmis, taip pat mineralinėmis kalio trąšomis, kalio balansas dirvožemyje buvo akivaizdžiai perteklinis, o judriojo kalio kiekis dirvožemyje per sėjomainos rotaciją padidėjo vidutiniškai 46 mg kg<sup>-1</sup>.

Ekologinio tręšimo įtaka cheminių elementų išplovimui

Cheminių elementų išplovimas priklauso nuo jų kiekio dirvožemyje, balanso, dirvožemio granulimetrinės sudėties, klimatinių sąlygų, auginamų augalų ir kitų veiksnių (Maquire, Sims, 2002; Adomaitis et al., 2008; Goss et al., 2010).

Mūsų atliktų tyrimų duomenimis, azoto išplovimas labiausiai priklausė nuo metų laiko, o mažiau – nuo žemės ūkio augalų tręšimo. Daugiau (6,17–8,00 kg ha<sup>-1</sup>) azoto išsiplovė vasaros–rudens nei žiemos–pavasario (0,900–1,30 kg ha<sup>-1</sup>) laikotarpiu (7 lentelė). Augalų tręšimas organine azoto trąša Provita turėjo mažai įtakos azoto išplovimui iš dirvožemio.

7 lentelė. Cheminių elementų išplovimas ekologinėje sėjomainoje

Table 7. Leaching of chemical elements in eco-rotation

Elementai <i>Elements</i>	Tyrimų laikas <i>Period of studies</i>	Vidutinė metinė tręšimo norma per sėjomainą kg ha <sup>-1</sup> <i>Average annual fertilization rate per rotation, kg ha<sup>-1</sup></i>						R <sub>05</sub> <i>LSD<sub>05</sub></i>
		K <sub>75</sub>	K <sub>75</sub> P. V. N <sub>45</sub>	K <sub>75</sub> + ž. r.	K <sub>75</sub> + b. k.	K <sub>75</sub> P. V. N <sub>45</sub> + b. j.	K <sub>75</sub> + P. V. N <sub>45</sub> + ž. r. + b. k. + b. j.	
		Cheminių elementų išplovimas kg ha <sup>-1</sup> / <i>Leaching of chemical elements, kg ha<sup>-1</sup></i>						
N	Pavasaris / <i>Spring</i>	0,960	1,30	1,16	0,900	1,06	1,11	0,165
	Ruduo / <i>Autumn</i>	6,17	6,85	7,73	6,82	7,43	8,00	1,158
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pavasaris / <i>Spring</i>	0,222	0,196	0,091	0,201	0,176	0,245	0,0294
	Ruduo / <i>Autumn</i>	0,528	0,653	0,511	0,548	0,544	0,648	0,1391
K <sub>2</sub> O	Pavasaris / <i>Spring</i>	5,20	4,30	2,40	3,30	4,00	5,70	0,697
	Ruduo / <i>Autumn</i>	16,9	18,2	20,7	19,8	20,5	23,5	3,11

Trąšos: P. V. – Provita; ž. r. – žieminių rapsų žalioji trąša; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Fertilizers: P. V. – Provita; w. r. – winter rapeseed green manure; b. k. – Biokal; b. j. – Biojodis.

Fosforo, palyginti su azotu, iš dirvožemio išsiplovė mažiau, tačiau taip pat priklausė nuo metų laiko – daugiau (0,431–0,551 kg ha<sup>-1</sup>) išsiplovė vasaros–rudens laikotarpiu.

Kalio balansui dirvožemyje esant pertekliniam, vasaros–rudens metu iš dirvožemio išsiplovė net 16,9–23,5 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, o žiemos–pavasario laikotarpiu, kaip ir azoto bei fosforo, išsiplovė mažiau – 2,40–5,70 kg ha<sup>-1</sup>.

## IŠVADOS

Ekologinėje žemdirbystės sistemoje, augalus tręšus mėšlu, žaliaja trąša ir šiaudais, o taip pat – mineralinėmis kalio trąšomis, azoto, fosforo ir kalio balanso pajamos viršijo jų išlaidas atitinkamai 55,6–62,7; 23,3–25,8 ir 107–119 kg ha<sup>-1</sup>.

Rugius, bulves ir miežius patręšus ir azoto organine trąša Provita, azoto balanso pajamos viršijo išlaidas net 93,9–103 kg ha<sup>-1</sup>, gerino fosforo ir kalio pasisavinimą.

Dėl ekologinių trąšų naudojimo humuso ir judriojo fosforo kiekis per sėjomainos rotaciją dirvožemyje beveik nepakito, o judriojo kalio kiekis dirvožemyje padidėjo 47 mg kg<sup>-1</sup>.

Cheminių elementų iš dirvožemio daugiau išsiplovė vasaros–rudens nei žiemos–pavasario laikotarpiu. Kiek daugiau išsiplovė kalio, mažiau – azoto, o mažiausiai – fosforo.

Gauta 2014 09 24  
Priimta 2015 03 30

## LITERATŪRA

- Adomaitis T., Vaišvila Z., Mažvila J., Staugaitis G., Fullen M. A. 2008. Influence of mineral fertilizers on nitrogen leaching. *Acta Agriculturae Scandinavica*. Vol. 58. P. 199–207.
- Bachinger J., Stein-Bachinger K. 2000. Organic farming on large farms with special reference to Eastern Germany. In: M. J. Wilson, B. Maliszewska-Kordybach, eds. *Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe*. Kluwer Academic Publishers Dordrecht. P. 125–137.
- Brandt K., Mølgaard J. P. 2001. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 81. No. 9. P. 924–931.
- Bučienė A., Švedas A., Antanaitis S. 2003. Balances of the major nutrients N, P and K at the farm and field level and some possibilities to improve comparisons between actual and estimated crop yields. *European Journal of Agronomy*. Vol. 20. P. 53–62.
- Clewer A. G., Scarisbrick D. H. 2001. *Practical Statistics and Experimental Design for Plant and Crop Science*. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd. 329 p.
- Commission Regulation (EC) No. 889/2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No. 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control (OL L 250, 2008 09 18, p. 1) [cited 2010-01-27]. Available from: <http://eur-lex.europa>
- Council Regulation (EC) No. 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control and repealing Regulation (EEC) No. 2092/91 (OL L 189, 2007 07 20, p. 1) [cited 2010-01-27]. Available from: <http://eur-lex.europa>
- Evans J. 1987. Nitrogen fixation and accretion of soil nitrogen by field-grown lupinus (*Lupinus angustifolium*). *Field Crops Response*. Vol. 16. No. 4. P. 309–322.
- Fagerberg B., Salomon E., Steineck S. 1993. *The Computer Program NPK-FLO*. Department of Crop Production Science, Swedish University of Agricultural Sciences: International Publications.
- Freyer B., Pericin C. 1996. Nutrient balance on organic farms. *Agroforschung*. Vol. 3. No. 1. P. 29–32.
- Goss M. J., Ehlers W., Unc A. 2010. The role of lysimeters in the development of our understanding of processes in the vadose zone relevant to contamination of groundwater aquifers. *Physics and Chemistry of the Earth*. Vol. 35. P. 913–926.
- Haraldsen T. K., Asdal A., Grasdalen C., Nesheim L., Ugland T. N. 1999. Nutrient balances and yields during conversion from conventional to organic cropping systems on silt loam and clay soils in Norway. *Biological Agriculture and Horticulture*. Vol. 17. P. 229–246.
- HELCOM Recommendation 28E/5. Supersedes HELCOM Recommendations 7/3, 9/2 and 16/9. Adopted 15 November 2007, having regard to Article 20, Paragraph 1 b) of the Helsinki Convention.
- Jablonskis J., Janukėnienė R. 1978. *Lietuvos upių nuotėkio kaita*. 174 p.
- Jankauskas B., Jankauskienė G., Švedas A. 2000. Derliaus energetinio įvertinimo skaičiavimo metodų palyginimas. *Zemdirbyste–Agriculture*. Nr. 72. P. 239–251.
- Karklins A., Lipenite I. 2006. NPK balance calculation as a tool for sustainability assessment. *Pochvovedenie i agrokhimija*. No. 2. S. 31–40.
- Krištaponytė I. 1996. Tręšimo sistemų palyginimas sunkios granuliometrinės sudėties dirvožemiuose. *Zemdirbyste–Agriculture*. T. 56. Nr. 2. P. 54–63.
- Lapinskas E. 2008. *Azoto pokyčiai dirvožemyje ir jo reikšmė augalams*. 319 p.

19. Mander Ü., Mikk M., Kylvik M. 1999. Ecological and low intensity agriculture as contributors to landscape and biological diversity. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 46. P. 169–177.
  20. Maquire R. O., Sims J. T. 2002. Soil testing to predict phosphorus leaching. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 5. P. 1601–1609.
  21. Masilionytė L., Maikštėnienė S. 2010. The influence of various organic fertilizers and catch crops on the balance of biogenic elements in the agro-systems. *Zemdirbyste–Agriculture*. Vol. 97. No. 2. P. 41–52.
  22. Mažvila J., Pekarskas J., Arbačiauskas J. 2003. Ekologinės žemdirbystės ūkių dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita. *Zemdirbyste–Agriculture*. Vol. 83. No. 3. P. 66–76.
  23. Mažvila J., Arbačiauskas J., Antanaitis A., Lubytė J., Adomaitis T., Vaišvila Z. 2009. Effects of long-term fertilization on soil agrochemical properties. *Zemdirbyste–Agriculture*. Vol. 96. No. 2. P. 35–52.
  24. Niggli U., Alföldi T., Mäder P., Besson J. M. 1995. DOK – Versuch: vergleichende Langzeituntersuchungen in der drei Anbausystemen biologisch – Dynamisch, Organisch – biologisch und Konventionell. VI. Synthese, 1 und 2. Fruchtfolgeperiode. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung*. Sonderheft DOK. No. 4. P. 1–34.
  25. Parris K. 1998. Agricultural nutrient balances as agri-environmental indicators: an OECD perspective. *Environmental Pollution*. No. 102. P. 212–225.
  26. Pekarskas J., Baltramaitytė D., Rutkoviėnė V. 2003. Ekologinio ūkininkavimo įtaka NPK balansui. *Vagos*. T. 59. Nr. 12. P. 81–85.
  27. Pekarskas J. 2008. *Tręšimas ekologinės gamybos ūkiuose*. Kaunas. 188 p.
  28. Rutkowska A., Fotyma M. 2009. Calibration of Soil Test for Mineral Nitrogen in Poland. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. Vol. 40. P. 1–6.
  29. Sieling K., Günter-Borstel, Teebken T., Hanus H. 1999. Soil mineral N and N net mineralization during autumn and winter under an oilseed rape–winter wheat–winter barley rotation in different crop management systems. *The Journal of Agricultural Science*. Vol. 132. P. 127–137.
  30. Tamulis T. 1986. *Pašarų cheminė sudėtis ir maistinumumas*. Vilnius: Mokslas. 277 p.
  31. Tripolskaja L. 2005. *Organinės tręšos ir jų poveikis aplinkai*. Akademija. 214 p.
  32. Watson C. A., Bengtsson H., Ebbelsvik M., Løes A. K., Myrbeck A., Salomon E., Schroeder J., Stocdale E. A. 2002. A review of farm-scale nutrient budgets for organic farms as a tool for management of soil fertility. *Soil Use and Management*. Vol. 18. P. 264–273.
- Vilma Žėkaitė, Gediminas Staugaitis, Jonas Arbačiauskas, Juozas Pekarskas, Tomas Adomaitis, Donatas Šumskis, Zigmąs Vaišvila**
- INFLUENCE OF ORGANIC FERTILIZATION ON NPK BALANCE AND NUTRIENTS DYNAMICS IN THE SOIL**
- S u m m a r y*
- The purpose of this study is to assess the balance of nitrogen, phosphorus and potassium in organic four-field rotation, to determine its effect on the chemical properties of light textured soil and leaching of chemical elements, assessing the suitability of this fertilization system for organic farming.
- Studies of plant nutrient balance in the organic farming system were carried out in the period of 2006–2009 in a regular podzolized luvisol (IDE-p), sandy loam (*Hapli-Albic Luvisol (LVA-ha)*, sandy loam). Soil arable layer pH<sub>KCl</sub> was 5.2 to 6.3; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 190–253; K<sub>2</sub>O 134–178 mg kg<sup>-1</sup>, and humus was 1.83%. For field rotation, green manure lupine, winter rye, potatoes and spring barley were grown.
- In the organic farming system, having fertilized crops with manure, green manure and straw, as well as with a mineral potassium fertilizer, the input of the balance of nitrogen, phosphorus and potassium exceeded the output by 55.6–62.7, 23.3–25.8 and 107–119 kg ha<sup>-1</sup>, respectively.
- Having fertilized rye, barley and potatoes with the organic nitrogen fertilizer “Provita”, the input of nitrogen balance exceeded the output even by 93.9 to 103 kg ha<sup>-1</sup> and improved phosphorus and potassium uptake.
- Due to the use of the organic fertilizer, the humus content and the amount of mobile phosphorus in the soil during crop rotation remained almost unchanged, while the available potassium content in the soil increased by 47 mg kg<sup>-1</sup>.
- Leaching of chemical elements from the soil was more intensive in the summer–autumn than in the winter–spring period. Potassium was leached to a greater extent, nitrogen was leached less, while phosphorus was leached least.
- Key words:** agrochemical indices, balance, leaching, organic fertilizers