

II skyrius. AGROCHEMIJA

Chapter 2. AGROCHEMISTRY

ISSN 1392-3196

Žemdirbystė / Zemdirbyste / Agriculture, t. 95, Nr. 1 (2008), p. 22–39

UDK [631.442.4+631.445.152+631.445.3]:631.582:631.816

ILGALAIKIŲ TRĘŠIMO SISTEMŲ POVEIKIS GLĖJIŠKŲ RUDŽEMIŲ NAŠUMO PAGRINDINIŲ RODIKLIŲ POKYČIAMS

Stanislava MAIKŠTĖNIENĖ, Irena KRIŠTAPONYTĖ, Laura MASILIONYTĖ

Lietuvos žemdirbystės institutas

Joniškėlis, Pasvalio rajonas

El. paštas joniskelio_lzi@post.omnitel.net

Santrauka

Lietuvos žemdirbystės instituto Joniškėlio bandymų stotyje sunkaus priemolio ant dulkiško molio su giliau esančiu smėlingu priemoliu ($p_2/m_2/p_1$), giliau karbonatingame giliau glėjiškame rudžemyje (Rdg 4-K2), kurio dirvodarinė uoliena – limnoglacialinis molis ant moreninio priemolio, penkialaukėje išskleistoje sėjomainoje tirtos skirtingų tręšimo sistemų – mineralinės, organinės-mineralinės ir organinės – įtaka dirvožemio cheminių ir fizikinių parametrų pokyčiams bei sėjomainos augalų sukaupiamos energijos kiekiui. Sėjomainoje auginant cukrinius runkelius, vasarinius miežius, I ir II naudojimo metų daugiametės žolės, žieminius kviečius ir tręšiant mineralinėmis trąšomis (vidutiniškai kasmet $N_{56}P_{48}K_{60}$), dirvožemio humusingasumas liko artimas pradiniam, kalingumas nežymiai, fosforingasumas – iš esmės sumažėjo. Taikant organines-mineralines tręšimo sistemas ir įterpus cukriniams runkeliams 40, 60 ir 80 t ha⁻¹ mėšlo bei mineralinių NPK trąšų tiek, kiek mineralinėje tręšimo sistemoje, 0–20 cm gylio dirvožemio sluoksnyje humuso per rotaciją susikaupė 2,25; 2,0 ir 2,5 % daugiau, palyginti su mineraline tręšimo sistema. Judriojo fosforo teigiami pokyčiai buvo taikant organinę ir organines-mineralines tręšimo sistemas, esminiai pokyčiai – įterpus 80 t ha⁻¹ mėšlo. Judriojo kalio teigiamų pokyčių dirvožemyje tirtos tręšimo sistemos neužtikrino, kadangi buvo auginami daug jo pasisavinantys, ypač su šalutine produkcija, augalai. Organinė-mineralinė ir organinė tręšimo sistemos, lėmė teigiamus humuso pokyčius, turėjo teigiamą įtaka dirvožemio fizikinėms savybėms: iš esmės mažino tankį ir didino poringumą.

Reikšminiai žodžiai: sunkaus priemolio glėjiškas rudžemis, tręšimo sistemos, agrocheminės ir fizikinės savybės.

Įvadas

Limnoglacialinės kilmės glėjiškuose rudžemiuose, kuriuose didelę mechaninių elementų dalį sudaro molio < 0,02 mm dalelės, didesnės sorbcinės galimybės ir mažesnis maisto medžiagų išsiplovimo pavojus negu lengvuose dirvožemiuose /Motuzas ir kt., 1996; Heinrich, Hergt, 1998/. Tačiau ir šiuose dirvožemiuose tręšimo sistemos taikomos augalų produktyvumui didinti, turi svarbią reikšmę dirvožemio agrocheminių ir fizikinių

savybių stabilumui. Svarbu taikyti tokias tręšimo sistemas agrocenozių produktyvumui didinti, kurios atitiktų aplinkosauginius reikalavimus ir užtikrintų dirvožemio našumo parametrų teigiamus pokyčius /Jolankai et al., 1998; Vucans et al., 2003/. Dalį maisto medžiagų, įterptų į dirvožemį, pasisavina augalai, dalis dirvožemyje vykstančių procesų metu sorbuojama ir patenka į stabilius kompleksus /Mažvila ir kt., 2007/. Nustatyta, kad intensyviai tręšiant augalus nesunaudota augalų ir neįmobilizuota į dirvožemio patvarius junginius mitybos elementų dalis migruoja į gilesnius sluoksnius, o tai pavojus požeminių vandenų taršai /Maikštėnienė, Šlepetienė, 2003; Maikštėnienė, Arlauskienė, 2007/. Tyrimais nustatyta, kad naudojant nepakankamą trąšų kiekį gerokai mažėja tie dirvožemio agrocheminiai parametrai, kurie buvo pasiekti gausiai tręšiant, negu tie, kurie yra to dirvožemio genetinė savybė /Petraitienė, 1996; Feizienė ir kt., 2006/. Sunkaus priemolio rudžemiuose, kurių genetinė savybė yra didelis kalingumas ir mažas fosforingumas, nenaudojant mineralinių ir organinių trąšų, per penkių laukų sėjomainos rotaciją kalio kiekis sumažėjo tik 5,3 %, kai fosforo – 41,8 % /Bagdonienė, Arlauskienė, 1999/. Visose ekosistemose augalų mityba priklauso ne tik nuo tręšimo intensyvumo, bet ir nuo dirvožemio turtingumo organinių medžiagų, taip pat nuo fizikinių parametrų – tankio, porų kiekio ir jose esančio oro ir vandens santykio /Бондарев, 1990; Bagdonienė, 1997; Loveland P., Webb, 2003/. Šių parametrų optimalių dydžių formavimuisi svarbią reikšmę turi organinių medžiagų kiekis ir jų destrukcijos kryptis /Hamel ir kt., 2004/. Organinėje žemdirbystėje, kai į dirvožemį patenka tik organinės augalų liekanos ir šaknys, dėl plataus C:N santykio jos lėtai mineralizuojasi ir šis procesas užsitęsia /Heinrich, Hergt, 1998; Loveland, Webb, 2003/. Daugelis tyrimų rodo, kad organinė-mineralinė tręšimo sistema, kai organinių medžiagų mineralizaciją aktyvina azotas, išlaikoma mineralizacijos-humifikacijos procesų pusiausvyra ir pagrindinių parametrų stabilumas dirvožemyje /Bučienė, 2003; Maikštėnienė, Šlepetienė, 2003; Tripolskaja, 2005; Krištaponytė, Maikštėnienė, 2006/.

Tyrimų tikslas – ištirti ilgalaikių tręšimo sistemų poveikį glėjiškų rudžemių našumo pagrindinių parametrų pokyčiams.

Tyrimų metodai ir sąlygos

Ilgalaikiai įvairių tręšimo sistemų tyrimai pradėti 1995 m. Lietuvos žemdirbystės instituto Joniškėlio bandymų stotyje. Dirvožemis giliau karbonatingas giliau glėjiškas rudžemis (RDg4-k2). Po pirmos rotacijos, atliktos 1995–2000 m., skirtingų tręšimo sistemų dirvožemio agrocheminės savybės įvairavo: pH_{KCl} – 6,0–6,1, humuso 1,98–2,30 %, judriojo fosforo (P_2O_5) – 45–155 mg kg^{-1} , judriojo kalio (K_2O) 177–228 mg kg^{-1} dirvožemio.

Tyrimai atlikti išskleistoje 5 laukų sėjomainoje, kurioje augalų rotacija tokia: cukriniai runkeliai (*Beta vulgaris* L., var saccharifera) 'Juvena', vasariniai miežiai (*Hordeum distichon* L.) 'Ūla' (su daugiamečių žolių įsėliu – raudonieji dobilai (*Trifolium pratense* L.) 'Vyliai', liucernos (*Medicago sativa* L.) 'Birutė', tikrieji eraičiniai (*Festuca pratensis* Huds.) 'Dotnuva 1', pašariniai motiejukai (*Phleum pratense* L.) 'Gintaras', pirmų ir antrų naudojimo metų daugiamečių žolės, žieminiai kviečiai (*Triticum aestivum* L.) 'Ada'. Žiemiųjų kviečių sėta 5 mln. ha^{-1} , vasariųjų miežių – 4 mln. ha^{-1} daigų sėklų, daugiamečių žolių mišinio – 28 $kg ha^{-1}$, cukrinių runkelių – 7 vienadaigiai kamuoliukai

1 išilginiame metre. Straipsnyje aptariami antros penkialaukės sėjomainos (2001–2005 m.) pokyčiai.

Augalų tręšimui naudotos tokios mineralinės trąšos: amonio salietra, granuliuotas superfosfatas, kalio chloridas ir galvijų šiaudų kraikinis mėšlas. Organinės trąšos – mėšlas schemoje numatytuose variantuose ($40\text{--}60\text{--}80\text{ t ha}^{-1}$) įterptas cukriniams runkeliams vieną kartą per rotaciją. 2000–2005 m. vidutiniais duomenimis, mėšlo kokybinė sudėtis buvo tokia: 0,31 % N, 0,19 – P_2O_5 ir 0,63 % – K_2O . Mineralinėmis trąšomis (2–5 variantai) augalai tręšti optimaliomis trąšų normomis: vasariniai miežiai tręšti $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$, cukriniai runkeliai – $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$, žieminiai kviečiai – $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{60}$. Miežiai azoto trąšomis tręšti jiems sudygius. Cukriniams runkeliams azoto trąšos išbertos per 2 kartus: pirmąjį – N – 40 kg ha^{-1} prieš sėją ir antrąjį – N – 80 kg ha^{-1} augalams sudygius, žieminiams kviečiams N – 70 pavasarį, vegetacijai atsinaujinus, daugiametės žolės I naudojimo metų fosforu ir kaliu. O II naudojimo metų – azotu tręstos pavasarį, prasi-dėjus jų vegetacijai. Mineralinėmis trąšomis (7 variantai) augalai tręšti pagal dirvožemyje esantį maisto medžiagų kiekį ir planuojamą derlių. Vidutiniškai per rotaciją išberta: žieminiams kviečiams – $\text{N}_{94}\text{P}_{92}\text{K}_{66}$, cukriniams runkeliams – $\text{N}_{139}\text{P}_{101}\text{K}_{112}$, vasariniams miežiams – $\text{N}_{54}\text{P}_{96}\text{K}_{93}$, daugiametėms žolėms – kaip 2–5 variantuose.

Tręšimo sistemų tyrimo schemas variantai ir trąšų kiekiai, įterpti augalams per sėjomainą, nurodyti 1 lentelėje.

Tyrimų metodai. Dirvožemio ėminiai agrocheminių rodiklių pokyčiams nustatyti buvo imami prieš įrengiant bandymą ir pasibaigus sėjomainos rotacijai iš kiekvieno laukelio 15–20 vietų iš 0–20 ir 20–40 cm armens sluoksnio sudarant vidutinį mėginį. Dirvožemyje judriųjų fosforo ir kalio kiekiai nustatyti Egnerio-Rimo-Domingo (A-L), humusingumas – Tiurino metodais /Пономарева, Плотникова, 1980/.

Dirvožemio fizikiniams pokyčiams įvertinti ėminiai imti iš ariamojo sluoksnio 0–10 ir 10–20 cm gyliu.

Dirvožemio tankis apskaičiuotas pagal formulę: $T = D/K$, kur T – dirvožemio tankis Mg m^{-3} , D – dirvožemio masė Mg., K – cilindro tūris m^3 .

Bendrasis poringumas apskaičiuotas pagal formulę: $P \% = (1-T/N) 100$, kur P % – bendrasis poringumas, T – dirvožemio tankis Mg m^{-3} , N – dirvožemio kietosios fazės tankis Mg m^{-3} .

Aeracinis poringumas apskaičiuotas pagal formulę: $P_{\text{aerac.}\%} = P \% - (L \% \times T)$, kur $P_{\text{aerac.}\%}$ – aeracinis poringumas %; P% – bendrasis poringumas %; L % – dirvožemio drėgnis %; T – dirvožemio tankis Mg m^{-3} .

Mėšlo humifikacijos koeficientas nustatytas pagal formulę: $A_{\text{humifikacijos koef.}} = B / D \times 100$, kur B – humuso kiekis, susidaręs iš mėšlo per rotaciją t ha^{-1} . Humuso kiekis, susidaręs iš mėšlo, išreiškiamas santykiu, skirtumu, buvusiu rotacijos pabaigoje ir pradžioje (atėmus susidariusį iš augalų liekanų) ir įterpto mėšlo kiekio.

D – įterpta mėšlo per rotaciją sausųjų medžiagų, neskaičiuojant pelenų (t ha^{-1}).

Dirvožemio ėminiai fizikinėms savybėms imti kasmet iš 0–10, 10–20 cm gylių. Dirvožemio drėgnis nustatytas svorio metodu, dirvožemio tankis ir poringumas – N. Kačinskio metodais /Вадюнина, Корчагина, 1986/. Sėjomainos augalų produktyvumas perskaičiuotas į apykaitos energiją pagal derliaus cheminės sudėties nustatytus koeficientus atskirų augalų derliui /Jankauskas ir kt., 1999/. Tręšimas planuojamam

derliui apskaičiuotas pagal kompiuterinę programą „Tręšimas“ /Švedas, Tarakanovas, 2000/.

1 lentelė. Maisto elementų kiekis, įterptas augalams per sėjomainą su organinėmis ir mineralinėmis trąšomis kg ha⁻¹

Table 1. Amounts of nutrients (kg ha⁻¹) incorporated into the soil with organic and mineral fertilisers per rotation

Joniškėlis, 2000–2005 m.

Tręšimo sistema (variantas) <i>Fertilisation system (Treatment)</i>	Mitybos elementai <i>Nutrients</i>	Įterpta trąšų per rotaciją <i>Fertilisers applied per rotation</i>		
		su mineral. trąšomis <i>with mineral fertiliser</i>	su mėšlu <i>with FYM</i>	iš viso <i>total</i>
Be trąšų / <i>Without fertilisers</i>	0	0	0	0
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK*</i>	N	280	0	280
	P ₂ O ₅	240	0	240
	K ₂ O	300	0	300
Organinė-mineralinė, 40 t ha ⁻¹ mėšlo + NPK / <i>Organic-mineral 40 t ha⁻¹ FYM+NPK I</i>	N	280	124	404
	P ₂ O ₅	240	76	316
	K ₂ O	300	252	552
Organinė-mineralinė, 60 t ha ⁻¹ mėšlo + NPK / <i>Organic-mineral 60 t ha⁻¹ FYM+NPK II</i>	N	280	186	466
	P ₂ O ₅	240	114	354
	K ₂ O	300	378	678
Organinė-mineralinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo + NPK / <i>Organic-mineral 80 t ha⁻¹ FYM+NPK III</i>	N	280	248	528
	P ₂ O ₅	240	152	392
	K ₂ O	300	504	804
Organinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo <i>Organic, 80 t ha⁻¹ FYM</i>	N	0	248	248
	P ₂ O ₅	0	152	152
	K ₂ O	0	504	504
Mineralinė NPK* / <i>Mineral NPK**</i>	N	348	-	348
	P ₂ O ₅	339	-	339
	K ₂ O	330	-	330

* – NPK tręšimas pagal optimalias trąšų normas

* – *NPK fertilisation according to the optimal fertiliser rates*

**NPK – tręšimas pagal dirvožemyje esantį maisto medžiagų kiekį ir planuojamą derlių

**NPK – *fertilisation according to the nutrient content present in the soil and expected yield*

Statistinė analizė. Bandymų duomenys apdoroti dispersinės analizės metodu, o ryšys tarp atskirų rodiklių apskaičiuotas koreliacijos-regresijos metodu, patikimumas, atitinkantis 95 % tikimybės lygį, pažymėtas r*, o atitinkantis 99 % tikimybės lygį – r** /Tarakanovas, 1999/.

Meteorologinės sąlygos. Meteorologinės sąlygos apibūdinamos remiantis Joniškelio bandymų stoties meteorologinės aikštelės duomenimis. 2001 metų pavasaris buvo šiltas, kritulių kiekis balandžio mėnesį artimas daugiamečiam vidurkiui, tačiau gegužės mėnesį iškrito 10,2 mm mažiau už daugiametį vidurkį. Birželis ir liepa lietingi – kritulių buvo atitinkamai 88,5 ir 103,3 mm daugiau už daugiametį vidurkį. Pasėliai sudygo ir vystėsi normaliai, tik žieminiai kviečiai vegetacijos pabaigoje dėl drėgmės pertekliaus pagulė.

2002 metų kovo mėnuo buvo šiltas ir kritulių iškrito 15,2 mm mažiau už daugiametį vidurkį. Balandžio, gegužės mėnesiai – sausi, nes kritulių buvo atitinkamai 9 ir 34 mm mažiau, o temperatūra artima daugiamečiam vidurkiui, todėl visiems žemės ūkio augalams augti trūko drėgmės. Birželis lietingas, kritulių iškrito 21,7 mm daugiau, tačiau per liepą ir rugpjūtį kritulių buvo atitinkamai 27,7 ir 58,3 mm mažiau, palyginti su daugiamečiu vidurkiu. Dėl drėgmės trūkumo II naudojimo metų daugiamečių žolių derlius buvo mažas.

2003 metais žieminių kviečių ir daugiamečių žolių vegetacija atsinaujino kovo 24–27 d. Kovo mėnuo buvo sausas, balandžio, gegužės ir birželio mėnesiais kritulių kiekis – artimas daugiamečiam vidurkiui, augalai augo ir vystėsi normaliai. Liepos ir rugpjūčio mėnesiais buvo sausa ir vėsoka, kritulių iškrito atitinkamai 24,1 ir 17,3 mm mažiau už daugiametį vidurkį, todėl augalų derlius buvo mažesnis už įprastą vidutinį.

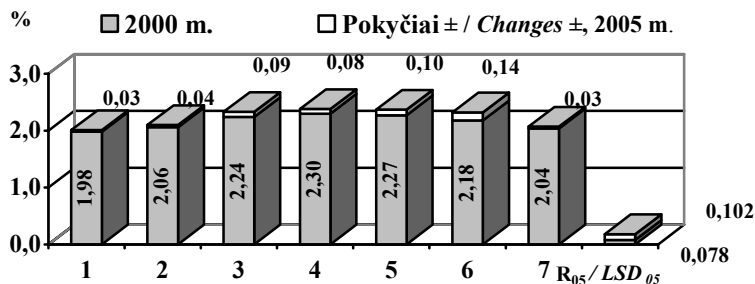
2004 metais vegetacijos periodas buvo palankus žieminiam kviečiams ir daugiamečiams žolėms vystytis. Balandis buvo šiltas ir sausas. Pavasarį ilgai tęsėsi vėlyvos šalnos, minimali temperatūra balandžio mėn. išsilaikė 13 naktų, o gegužę – keturias. Gegužės mėnesį kritulių iškrito 20,4 mm mažiau, palyginti su daugiamečiu vidurkiu ir nors nuo birželio mėnesio kritulių buvo pakankamai, vasarinių augalų vystymuisi neigiamas poveikis derliui išliko.

2005 m. daugiamečių žolių vegetacija atsinaujino kovo 31 d., o žieminių kviečių – balandžio 4 d. Balandžio mėn. temperatūra buvo kiek aukštesnė – 1,3 °C, kritulių iškrito 8,5 mm mažiau už daugiamečius vidurkius. Gegužės vidutinė paros temperatūra buvo artima daugiamečiai ir kritulių iškrito 4,3 mm daugiau už daugiametį vidurkį. Birželio mėnuo buvo normaliai drėgnas. Liepos mėnuo sausas, kritulių iškrito 51,4 mm mažiau už daugiametį vidurkį, – tai neigiamai paveikė cukrinių runkelių vystymąsi, nors rugpjūtis buvo lietingas, kritulių 11,6 mm daugiau už daugiametį vidurkį.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Dirvožemio agrocheminės savybės. Humuso pokyčiai 0–20 cm dirvožemio sluoksnyje dėl įvairių tręšimo sistemų įtakos, esant penkialaukei sėjomainos rotacijai, pateikti 1 pav. Sėjomainoje, kurioje du laukus užėmė daugiamečės žolės, per rotaciją, nenaudojant organinių ir mineralinių trąšų, kontroliniame variante dirvožemio humusingasumas 0–20 cm gylyje nežymiai padidėjo – 0,03 proc. vnt., arba 1,5 %, palyginti su buvusiu rotacijos pradžioje. Taikant įvairias organine-mineralines arba organines tręšimo sistemas, humuso atsargos dirvožemyje žymiai didėjo. Taikant organines-mineralines tręšimo sistemas, įterpus į dirvožemį mineralinių trąšų, kurių vidutiniškai per metus teko $N_{56}P_{48}K_{60}$, ir kartu cukrinius runkelius patręšus mėšlu 40,60 ir 80 t ha⁻¹, per penkerius tyrimų metus humuso kiekis dirvožemyje padidėjo ne iš esmės, atitinkamai 4,0; 3,5 ir 4,4 %. Duomenys rodo, kad organinėse-mineralinėse tręšimo sistemose didesnių mėšlo

normų įterpimas į dirvožemį turėjo tik nežymiai didesnę teigiamą poveikį humuso kaupimuisi viršutiniame 0–20 cm armens sluoksnyje, palyginti su mažesnėmis mėšlo normomis. Tokius mažus teigiamus humuso pokyčius lėmė mineralinių trąšų naudojimas, skatinantis organinių medžiagų mineralizaciją. Analogiškai kito dirvožemio humusingumas ir taikant mineralinę tręšimo sistemą. Sėjomainoje augalus tręšiant mineralinėmis trąšomis, kasmet vidutiniškai $N_{56}P_{48}K_{60}$ (2 variantas), humuso kiekis dirvožemyje per rotaciją padidėjo 0,04 proc. vnt., arba 1,94 %, palyginti su pradiniu kiekiu.



Variantas / Treatments: 1. Be trąšų / Without fertilisers; 2. NPK; 3. $40 t ha^{-1}$ mėšlo+NPK / $40 t ha^{-1}$ of farmyard manure+NPK; 4. $60 t ha^{-1}$ mėšlo+NPK / $60 t ha^{-1}$ of farmyard manure+NPK; 5. $80 t ha^{-1}$ mėšlo+NPK / $80 t ha^{-1}$ of farmyard manure+NPK; 6. $80 t ha^{-1}$ mėšlo / $80 t ha^{-1}$ of farmyard manure; 7. NPK – pagal dirvožemyje esantį maisto medžiagų kiekį ir planuojamą derlių / NPK – fertilisation according to the nutrient content present in the soil and expected yield.

1 paveikslas. Skirtingų tręšimo sistemų įtaka 0–20 cm gylio dirvožemio sluoksnio humuso kiekio pokyčiams per rotaciją

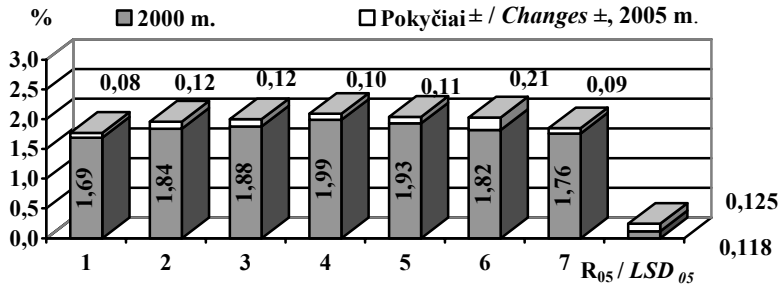
Figure 1. The effect of different fertilisation systems on the changes in humus content in the 0–20 cm soil layer per rotation

Joniškėlis, 2000–2005 m.

Augalus patręšus mineralinėmis trąšomis, apskaičiuotomis pagal planuojamą derlių ir dirvožemyje esančias maisto medžiagas (7 variantas), humuso kiekis dirvožemyje padidėjo per rotaciją dar mažiau – 0,03 proc. vnt., arba 1,37 %. Organinėje tręšimo sistemoje nenaudojant mineralinių trąšų, tačiau tręšiant pagal tokią pačią mėšlo normą kaip ir organinėje-mineralinėje, t. y. $80 t ha^{-1}$, humuso kiekis gerokai padidėjo, palyginti su buvusiu rotacijos pradžioje, skirtumas esminis – 0,14 proc. vnt., arba 6,42 %. Sunkaus priemolio glėjiškuose rudžemiuose gilesniame 20–40 cm dirvožemio sluoksnyje, esant silpnesnei aeracijai, įvairios tręšimo sistemos turėjo didesnę teigiamą įtaką humuso pokyčiams negu viršutiniame 0–20 cm sluoksnyje (2 pav.).

Šiame sluoksnyje humuso kiekis, palyginti su pradiniais duomenimis, iš esmės padidėjo ir netręštuose laukuose kontroliniame variante. Tokius rezultatus lėmė į dirvožemį patenkantys dideli kiekiai augalų šaknų ir nuokritų (dviejuose sėjomainos laukuose augintos daugiametės žolės), kurių destrukcijos proceso eigoje susidariusios medžiagos, nenaudodamos azoto, lėmė intensyvesnę humuso sintezę.

Šiame sluoksnyje iš esmės – 0,21 proc. vnt., arba 11,5 % – padidėjo humuso kiekis taip pat kaip ir viršutiniame, taikant organinę tręšimo sistemą, t. y. 80 t ha⁻¹ mėšlo cukriniams runkeliams. Sistemingai tręšiant pagal vidutines (60–80 t ha⁻¹) mėšlo normas, humuso pokyčiai yra teigiami, tačiau skirtumai, palyginti su pradiniu lygiu – neesminiai. Lyginant tręšimo sistemų variantus tarpusavyje paaiškėjo, kad nors per antrą rotaciją didžiausi teigiami humuso pokyčiai tiek viršutiniame 0–20, tiek gilesniame 20–40 cm sluoksniuose buvo taikant organinę tręšimo sistemą, tačiau didžiausi absoliutūs dydžiai pasiekti taikant organines-mineralines tręšimo sistemas ir vidutiniškai metams skiriant N₅₆P₄₈K₆₀ ir 60 ir 80 t ha⁻¹ mėšlo cukriniams runkeliams.



Variantas / Treatments: 1. Be trąšų / Without fertilisers; 2. NPK; 3. 40 t ha⁻¹ mėšlo+NPK / 40 t ha⁻¹ of farmyard manure+NPK; 4. 60 t ha⁻¹ mėšlo+NPK / 60 t ha⁻¹ of farmyard manure+NPK; 5. 80 t ha⁻¹ mėšlo+NPK / 80 t ha⁻¹ of farmyard manure+NPK; 6. 80 t ha⁻¹ mėšlo / 80 t ha⁻¹ of farmyard manure; 7. NPK – pagal dirvožemyje esantį maisto medžiagų kiekį ir planuojamą derlių / NPK – fertilisation according to the nutrient content present in the soil and expected yield.

2 paveikslas. Skirtingų tręšimo sistemų įtaka 20–40 cm gylio dirvožemio sluoksniu humuso kiekio pokyčiams per rotaciją

Figure 2. The effect of different fertilisation systems on the changes in humus content in the 20–40 cm soil layer per rotation

Joniškėlis, 2000–2005 m.

Viršutiniame 0–20 cm gylio armens sluoksnyje nuo anksčiau minėtų mėšlo normų humuso susikaupė iš esmės, atitinkamai 13,3 ir 12,8 % daugiau, negu taikant vien mineralinę tręšimo sistemą (2 lentelė).

Giliau karbonatiniame giliau glėjiškame sunkaus priemolio rudžemyje, taikant organines-mineralines tręšimo sistemas ir įterpiant mėšlo pagal skirtingas normas – 40, 60 ir 80 t ha⁻¹, mėšlo humifikacijos koeficientas buvo lygus, atitinkamai 56,8, 38,0 ir 27,9. Tręšiant tik organinėmis trąšomis iš 1 tonos mėšlo dirvožemyje humuso susidarė 68,4 kg ir humifikacijos koeficientas buvo lygus 30,1. Tai sutampa su literatūros duomenimis, kuriuose nurodoma, kad tik didesnės mėšlo normos negu 20–30 t ha⁻¹ turi esminės teigiamos įtakos organinės medžiagos balansui, nes iš tokio kiekio pasigamina pakankamai humusinių medžiagų, kurios galėtų padidinti jo atsargas dirvožemyje /Tripolskaja, 2005/. Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio humusingumas

armenyje labiau priklausė nuo su organinėmis ir mineralinėmis trąšomis įterpto kalio ($y = 1,962 + 0,001x$; $r = 0,886^*$).

2 lentelė. Skirtingų tręšimo sistemų įtaka humuso susikaupimui dirvožemyje

Table 2. The effect of different fertilisation systems on the accumulation of humus in the soil

Joniškėlis, 2005 m.

Tręšimo sistema (variantas) <i>Fertilisation system (Treatment)</i>	Gylis cm / Depth cm					
	0–20 cm		20–40 cm		0–40 cm	
	%	sant. sk. <i>relat. values</i>	%	sant. sk. <i>relat. values</i>	%	sant. sk. <i>relat. values</i>
Be trąšų / <i>Without fertilisers</i>	2,01	100	1,77	100	1,89	100
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	2,10	104,5	1,94	109,6	2,02	106,9
Organinė-mineralinė, 40 t ha ⁻¹ mėšlo+ NPK <i>Organic-mineral 40 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	2,33	115,9	2,00	113,0	2,17	114,8
Organinė-mineralinė, 60 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 60 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	2,38	118,4	1,92	108,5	2,15	113,8
Organinė-mineralinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 80 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	2,37	117,9	2,04	115,3	2,21	116,9
Organinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo <i>Organic, 80 t ha⁻¹ FYM</i>	2,32	115,4	2,03	114,7	2,18	115,3
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	2,07	103,0	1,89	106,8	1,98	104,8
<i>R₀₅ / LSD₀₅</i>	0,094		0,102		0,069	

Judrusis fosforas. Sėjomainoje augalų netręšiant arba kasmet tręšiant mineralinėmis trąšomis, kurių vidutiniškai metams teko N₅₆P₄₈K₆₀, judriojo fosforo viršutiniame 0–20 cm dirvožemio sluoksnyje per rotaciją sumažėjo atitinkamai 6,7 ir 2,1 %, palyginti su buvusiais pradiniais dydžiais (3 lentelė). Labiau šiuose variantuose judriojo fosforo sumažėjo gilesniame 20–40 cm gylio sluoksnyje. Organinėse-mineralinėse tręšimo sistemose įterpiant mėšlo pagal skirtingas normas (40, 60 ir 80 t ha⁻¹) ir mineralinių NPK trąšų tiek, kiek mineralinėje tręšimo sistemoje, judriojo fosforo 0–20 cm dirvožemio sluoksnyje pagausėjo atitinkamai 5,2; 4,5 ir 9,0 %. Taikant anksčiau nurodytas tręšimo sistemas, analogiškai judriojo fosforo pokyčiai buvo ir gilesniame 20–40 cm dirvožemio sluoksnyje. Organinėje tręšimo sistemoje vieną kartą per rotaciją įterpus vien 80 t ha⁻¹ mėšlo cukriniams runkeliams, dirvožemio fosforingumas viršutiniame sluoksnyje padidėjo 5 %, gilesniame išliko nepakitęs, palyginti su pradiniu dydžiu. Augalus tręšiant mineralinėmis trąšomis pagal planuojamą derlių ir dirvožemyje esančias maisto medžiagas (vidutiniškai kasmet N₇₀P₆₈K₆₆), dirvožemio fosforingumas viršutiniame sluoksnyje liko artimas pradiniam jo kiekiui, gilesniame – gerokai 12,7 % padidėjo.

Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio fosforingumas (mg kg⁻¹) 0–20 cm gylyje labai priklausė nuo maisto elementų, įterptų su mineralinėmis ir orga-

ninėmis trąšomis: nuo azoto ($y = 49,699+0,228x$; $r = 0,88^*$), nuo kalio ($y = 65,946+0,133x$; $r = 0,92^{**}$) ir nuo fosforo ($y = 72,251+0,214x$; $r=0,67$).

3 lentelė. Judriojo fosforo kiekio dirvožemyje priklausomumas nuo skirtingų tręšimo sistemų

Table 3. The effect of different fertilisation systems on the amount of available phosphorus in the soil

Joniškėlis, 2000–2005 m.

Tręšimo sistema (variantas) <i>Fertilisation system (treatment)</i>	Gylis cm / Depth cm					
	0–20 cm			20–40 cm		
	2000	2005	pokyčiai± changes±	2000	2005	pokyčiai± changes±
	mg kg ⁻¹					
Be trąšų / <i>Without fertilisers</i>	45	42	–3	48	44	–4
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	94	92	–2	99	75	–24
Organinė-mineralinė, 40 t ha ⁻¹ mėšlo+ NPK <i>Organic-mineral 40 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	135	142	7	120	127	7
Organinė-mineralinė, 60 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 60 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	155	162	7	125	142	17
Organinė-mineralinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 80 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	155	169	14	127	134	7
Organinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo <i>Organic, 80 t ha⁻¹ FYM</i>	120	126	6	110	110	0
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	127	126	–1	102	115	13
	R_{05} / LSD_{05}		18,6	28,8	18,1	39,19

Judrusis kalis. Judriojo kalio kiekis dirvožemyje mažėjo atskirų variantų laukeliuose, kur auginti daug (ypač su šalutine produkcija) kalio iš dirvožemio pasisavinantys augalai – žieminiai kviečiai, vasariniai miežiai, cukriniai runkeliai. Augalus tręšiant mineralinėmis trąšomis, kurių vidutiniškai metams kasmet teko N₅₆P₄₈K₆₀ (2 variantas), dirvožemio kalingumas 0–20 cm gylyje per rotaciją nežymiai padidėjo, tačiau gilesniame 20–40 cm sluoksnyje išryškėjo mažėjimo tendencija (4 lentelė).

Organinėse-mineralinėse tręšimo sistemose įterpus 40, 60 ir 80 t ha⁻¹ mėšlo ir optimalius kiekius NPK, judriojo kalio kiekis dirvožemyje per rotaciją taip pat nustatyta mažėjimo tendencija. Tačiau, palyginti su mineraline tręšimo sistema, jo dirvožemyje susikaupė gerokai daugiau, atitinkamai 4,1; 10,3 ir 12,9 %, nors skirtumai yra neesminiai. Taikant visas organines-mineralines tręšimo sistemas judriojo kalio dirvožemyje rotacijos gale buvo iš esmės daugiau negu kontrolinio varianto netręštuose laukeliuose. Taikant organinę tręšimo sistemą, dirvožemyje kalio kiekis per rotaciją iš esmės nepasikeitė, tačiau palyginti su kontrolinio varianto laukeliais, čia jo buvo iš esmės daugiau. Judriojo kalio kiekis 20–40 cm dirvožemio sluoksnyje kito analogiškai kaip ir viršutiniame – visuose variantuose mažėjo, palyginti su pradiniais kiekiais.

4 lentelė. Judriojo kalio kiekio dirvožemyje priklausomumas nuo skirtingų tręšimo sistemų

Table 4. The effect of different fertilisation systems on the amount of available potassium in the soil

Joniškėlis, 2000–2005 m.

Tręšimo sistema (variantas) <i>Fertilisation system (treatment)</i>	Gylis cm / <i>Depth cm</i>					
	0–20 cm			20v40 cm		
	2000	2005	pokyčiai± <i>changes±</i>	2000	2005	pokyčiai± <i>changes±</i>
mg kg ⁻¹						
Be trąšų / <i>Without fertilisers</i>	177	172	–5	187	175	–12
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	191	194	3	192	184	–8
Organinė-mineralinė, 40 t ha ⁻¹ mėšlo+ NPK <i>Organic-mineral 40 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	213	202	–11	207	193	–14
Organinė-mineralinė, 60 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 60 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	228	214	–14	216	207	–9
Organinė-mineralinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 80 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	226	219	–7	216	198	–18
Organinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo <i>Organic, 80 t ha⁻¹ FYM</i>	219	218	–1	218	203	–15
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	212	206	–6	199	197	–2
<i>R₀₅ / LSD₀₅</i>	11,0	21,5		10,1	21,70	

Dirvožemio fizikinės savybės.

Dirvožemio fizikinės savybės yra svarbios augalų vystymuisi, kadangi drėgmės ir oro režimas, lemia maisto medžiagų pasisavinimo galimybes, o tai daro įtaką augalų biologinio potencialo formavimuisi.

Dirvožemio tankis. Tankis – vienas informatyviausių dirvožemio fizikinės būklės rodiklių, tačiau dėl antropogeninių veiksnių įtakos yra labiausiai besikeičiantis dydis. Geriausios sąlygos kultūriniais augalams augti būna tada, kai dirvožemio tankis, atsižvelgiant į drėgmę, svyruoja nuo 1,29 iki 1,40 Mg m⁻³ /Рассадин, Качнова, 1989/. Kai kurie tyrėjai sunkaus priemolio dirvožemiuose nurodo esant mažesnę kritinę suslėgimo ribą – 1,35 Mg m⁻³, kurią viršijus labai pablogėja drėgmės ir oro režimas, mitybos elementų pasavinimas, todėl daugelis augalų produktyvumo rodiklių blogėja /Velykis, Satkus, 2005/. Dirvožemio tankis, didesnis ar mažesnis už optimalų, yra žalingas augalams. Sunkaus priemolio, linkusiuose susislėgti dėl fizinio molio dalelių gausumo, dirvožemiuose tankio susiformavimui svarbią reikšmę turi humuso kiekis. Humuso kiekiui dirvožemyje mažėjant, tankis pasiekia kritinę ribą, o tai lemia augalams nepalankų drėgmės režimą ir maisto medžiagų pasavinimą. Augalus tręšiant vien mineralinėmis trąšomis (vidutiniškai metams teko N₅₆P₄₈K₆₀) viršutiniame 0–10 cm ir 10–20 armens sluoksniuose dirvožemio tankis buvo nežymiai – 1,4 % ir 2,0 % mažesnis negu netręštų laukelių dirvožemyje (5 lentelė). Taikant visas organines-mineralines tręšimo sistemas, dirvožemio tankis viršutiniame armens sluoksnyje tiek pradėdant antrąją

rotaciją, tiek jos pabaigoje buvo artimas optimaliam, tačiau nežymiai viršijo kritinę ribą – 1,39–1,40 Mg m⁻³.

5 lentelė. Dirvožemio tankio (Mg m⁻³) priklausomumas nuo tręšimo sistemos

Table 5. The effect of fertilisation systems on soil bulk density Mg m⁻³

Joniškėlis, 2000–2005 m.

Tręšimo sistemos (variantas) <i>Fertilisation system (treatment)</i>	Gylis cm / <i>Depth cm</i>					
	0–10 cm		10–20 cm		0–20 cm	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Be trąšų / <i>Without fertilisers</i>	1,48	1,45	1,53	1,50	1,51	1,48
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	1,46	1,43	1,52	1,47	1,49	1,45
Organinė-mineralinė, 40 t ha ⁻¹ mėšlo+ NPK <i>Organic-mineral 40 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	1,39	1,38	1,48	1,46	1,44	1,42
Organinė-mineralinė, 60 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 60 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	1,39	1,39	1,49	1,47	1,44	1,43
Organinė-mineralinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 80 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	1,40	1,40	1,49	1,47	1,45	1,43
Organinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo <i>Organic, 80 t ha⁻¹ FYM</i>	1,40	1,41	1,51	1,44	1,46	1,43
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	1,48	1,43	1,55	1,47	1,52	1,45
<i>R₀₅ / LSD₀₅</i>	0,017	0,030	0,020	0,036	0,019	0,053

Taikant organines-mineralines tręšimo sistemas ir įterpiant 40, 60 ir 80 t ha⁻¹ mėšlo bei NPK trąšų pagal optimalias normas, dirvožemio tankis viršutiniame (0–10 cm) sluoksnyje per rotaciją liko artimas pradiniam, o gilesniame (10–20 cm) sluoksnyje nežymiai (1,4; 1,3 ir 1,3 %) sumažėjo. Į dirvožemį įterpus 40, 60 ir 80 t ha⁻¹ mėšlo, dirvos tankis viršutiniame sluoksnyje sumažėjo iš esmės – atitinkamai 3,5; 2,8 ir 2,1 %, palyginti su dirvožemiu, kuriame taikyta mineralinė tręšimo sistema, tačiau gilesniame (10–20 cm) sluoksnyje dirvožemio tankis nekito. Šie tankio duomenys tiesiogiai proporcingi humuso pokyčiams per rotaciją dėl skirtingų tręšimo sistemų įtakos. Organinėje tręšimo sistemoje į dirvožemį įterpus vien 80 t ha⁻¹ mėšlo, dirvožemio tankis viršutiniame (0–10 cm) armens sluoksnyje liko artimas pradiniam, tačiau gilesniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje sumažėjo 4,6 %.

Dirvožemio tankio duomenys rodo, kad vidutiniškai per visą (0–20 cm) armens sluoksnį mėšlo įterpimas ir humuso didėjimas lėmė tankio sumažėjimą. Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio tankio priklausomumas nuo humuso buvo stiprus ($r = -0,904^{**}$), lygtis $y = 1,724 - 0,127x$.

Bendrasis poringumas. Dirvožemio bendrasis poringumas yra atvirkščias dydis dirvožemio tankiui, todėl jo pokyčiai nuo tręšimo sistemų buvo analogiški (5 lentelė). Taikant mineralinę tręšimo sistemą, kurioje per rotaciją kasmet teko vidutiniškai N₅₆P₄₈K₆₀, viršutiniame armens sluoksnyje dirvožemio bendrasis poringumas padidėjo atitinkamai 1,6, palyginti su netręštų laukelių variantu, arba 2,5 %, palyginti su pradiniais (6 lentelė).

Gilesniame (10–20 cm) sluoksnyje dirvožemio bendrasis poringumas per rotaciją padidėjo 6,9 % ir buvo 2,6 % didesnis, palyginti su buvusiu netręštų laukelių varianto dirvožemyje. Organinėse-mineralinėse tręšimo sistemose į dirvožemį įterpus mėšlo pagal skirtingas normas (40, 60 ir 80 t ha⁻¹) bendrasis poringumas viršutiniame (0–10 cm) sluoksnyje per rotaciją nepakito, tačiau, palyginti su mineraliniu tręšimu, iš esmės padidėjo 4,5; 3,1 ir 3,4 %. Gilesniuose (10–20 cm) armens sluoksniuose bendrasis poringumas per rotaciją padidėjo 2,8; 3,6 ir 3,6 %, tačiau, palyginti su mineraliniu tręšimu, jis nepriklausė nuo skirtingų mėšlo normų įterpimo.

6 lentelė. Dirvožemio bendrojo poringumo (%) priklausomumas nuo tręšimo sistemos

Table 6. The effect of fertilisation systems on soil total porosity %

Joniškėlis, 2000–2005 m.

Tręšimo sistemos (variantas) <i>Fertilisation system (treatment)</i>	Gylis cm / <i>Depth cm</i>					
	0–10 cm		10–20 cm		0–20 cm	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Be trąšų / <i>Without fertilisers</i>	42,7	43,8	40,6	42,3	41,7	43,1
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	43,4	44,5	40,6	43,4	42,3	44,0
Organinė-mineralinė, 40 t ha ⁻¹ mėšlo+ NPK <i>Organic-mineral 40 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	46,4	46,5	42,5	43,7	44,5	45,1
Organinė-mineralinė, 60 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 60 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	46,6	45,9	41,9	43,4	44,2	44,7
Organinė-mineralinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 80 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	45,7	46,0	42,0	43,5	43,9	44,8
Organinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo <i>Organic, 80 t ha⁻¹ FYM</i>	44,8	45,0	41,7	44,5	43,3	44,8
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	42,6	44,3	40,5	43,2	41,6	43,8
<i>R₀₅ / LSD₀₅</i>	0,68	1,32	0,64	1,38	0,66	2,02

Organinėje tręšimo sistemoje į dirvožemį įterpus vien 80 t ha⁻¹ mėšlo dirvožemio poringumas viršutiniame (0–10 cm) sluoksnyje liko artimas pradiniam, o gilesniame (10–20 cm) sluoksnyje padidėjo 6,7 %. Augalus tręšiant pagal dirvožemyje esantį maisto medžiagų kiekį ir planuojamą derlių, dirvožemio bendrasis poringumas per rotaciją padidėjo 4,0 %, o gilesniame (10–20 cm) sluoksnyje – 6,7 %. Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio bendrasis poringumas labai priklausė nuo dirvožemio humusingumo ($r = 0,938^{**}$), lygtis $y = 34,2 + 4,53x$.

Aeracinis poringumas. Optimali dirvožemio aeracija, kai oru užimtos poros sudaro 20–25 % nuo bendrojo poringumo. Sėjomainos rotacijos pradžioje įvairaus tręšimo variantuose dirvožemio viršutiniame 0–10 cm sluoksnyje aeracinis poringumas įvairavo 26,3–28,4 %. Vidutiniais duomenimis, 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje mažiausias aeracinis poringumas buvo netręštų kontrolinio varianto laukelių dirvožemyje, tačiau per rotaciją, kurioje du laukus sudarė daugiametės žolės, jis padidėjo 6,4 proc. vnt. (7 lentelė). Mineralinėje tręšimo sistemoje dirvožemio aeracinis poringumas viršutiniame (0–10 cm) sluoksnyje per rotaciją padidėjo 6,9 proc. vnt., o gilesniame (10–

20 cm) – 5,6 proc. vnt. Organinėse-mineralinėse tręšimo sistemose į dirvožemį įterpus skirtingą mėšlo kiekį, 0–10 cm sluoksnyje jo aeracinis poringumas, palyginti su mineraline tręšimo sistema, pakito nežymiai, tačiau per rotaciją jis padidėjo 4,4; 4,2 ir 5,3 proc. vnt. Gilesniame 10–20 cm sluoksnyje aeracinis poringumas per rotaciją padidėjo 2,8; 4,5 ir 4,4 proc. vnt. Organinėje tręšimo sistemoje į dirvožemį įterpus vien 80 t ha⁻¹ mėšlo, aeracinis poringumas 0–10 cm sluoksnyje per rotaciją padidėjo 4,0 proc. vnt., o gilesniame 10–20 cm sluoksnyje – 4,0 proc. vnt. Augalus tręšiant NPK trąšomis pagal dirvožemyje esantį maisto medžiagų kiekį ir planuojamą derlių (7 variantas), aeracinis poringumas 0–10 ir 10–20 cm gylyje per rotaciją padidėjo atitinkamai 6,5 ir 6,4 proc. vnt.

7 lentelė. Dirvožemio aeracinio poringumo (%) priklausomumas nuo tręšimo sistemos
Table 7. The effect of fertilisation systems on soil air-filled porosity %
 Joniškėlis, 2000–2005 m.

Tręšimo sistemos (variantas) <i>Fertilisation system (treatment)</i>	Gylis cm / <i>Depth cm</i>					
	0–10 cm		10–20 cm		0–20 cm	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Be trąšų / <i>Without fertilisers</i>	19,9	26,3	16,1	21,5	18,0	23,9
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	20,3	27,2	16,6	22,2	18,5	24,7
Organinė-mineralinė, 40 t ha ⁻¹ mėšlo+ NPK <i>Organic-mineral 40 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	24,0	28,4	18,6	21,4	21,3	24,9
Organinė-mineralinė, 60 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 60 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	23,9	28,1	17,0	21,5	20,5	24,8
Organinė-mineralinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 80 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	23,3	28,6	17,8	22,2	20,5	25,4
Organinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo <i>Organic, 80 t ha⁻¹ FYM</i>	22,8	26,8	17,7	22,0	20,3	24,4
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	20,3	26,8	16,2	22,6	18,3	24,7
<i>R₀₅ / LSD₀₅</i>	1,23	3,92	1,77	5,48	1,50	4,62

Aeracinis poringumas (kaip ir bendrasis) 0–20 cm sluoksnyje priklausė nuo dirvožemio humusingumo ($r = 0,65$) lygtis $y = 20,17 + 2,02x$ ir tankio ($r = -0,73$) lygtis: $y = 48,378 - 16,437x$.

Dirvožemio drėgnis. Drėgmės režimą dirvožemyje didele dalimi lemia humuso kiekis, tankis ir poringumas. Humusas skirtingos granulometrinės sudėties dirvožemiuose drėgmės susikaupimui ir išsilaikymui turi nevienodą reikšmę. Sunkios granulometrinės sudėties dirvožemiuose humuso kiekiui didėjant drėgmės laidumas didėja, o lengvos – rišlumas didėja ir drėgmės prasisunkimas lėtėja /Motuzas ir kt., 1996/. Viršutiniame dirvožemio armens sluoksnyje (0–10 cm) dirvožemio drėgnis įvairavo nuo 15,2 iki 16,3 % (8 lentelė).

Organinėse-mineralinėse tręšimo sistemose į dirvą įterpus 40, 60 ir 80 t ha⁻¹ mėšlo, dirvožemio drėgnis viršutiniame (0–10 cm) armens sluoksnyje buvo atitinkamai 4,5; 5,8 ir 3,9 % didesnis, negu kontrolinio varianto laukelių dirvožemyje. 10–20 cm

gylio sluoksnyje didžiausias drėgmės kiekis susikaupė ten, kur taikyta organinė-mineralinė tręšimo sistema.

Antros rotacijos pabaigoje (2005 metais) 0–10 cm gylyje dirvožemio drėgnis mažai įvairavo ir esminių skirtumų tarp variantų nebuvo.

Gilesniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje drėgnis buvo didesnis, palyginti su viršutiniu armens sluoksniu, tačiau tarp variantų esminių skirtumų nenustatyta.

Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio drėgnis labai priklausė nuo dirvožemio humusingumo ($r = 0,707^*$), lygtis $y = 7,474 + 2,746x$.

8 lentelė. Dirvožemio drėgnio priklausomumas (%) nuo tręšimo sistemos

Table 8. The effect of fertilisation systems on soil moisture content %

Joniškėlis, 2000–2005 m.

Tręšimo sistema (variantas) <i>Fertilisation system (treatment)</i>	Gylis cm / <i>Depth cm</i>					
	0–10 cm		10–20 cm		0–20 cm	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Be trąšų / <i>Without fertilisers</i>	15,4	12,1	15,9	13,9	15,7	12,6
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	15,8	12,2	15,9	14,4	15,9	13,3
Organinė-mineralinė, 40 t ha ⁻¹ mėšlo+ NPK <i>Organic-mineral 40 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	16,1	13,1	16,1	15,3	16,1	14,2
Organinė ir mineralinė, 60 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 60 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	16,3	12,8	16,5	14,8	16,4	13,8
Organinė-mineralinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 80 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	16,0	12,4	16,1	14,6	16,1	13,5
Organinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo <i>Organic, 80 t ha⁻¹ FYM</i>	15,7	12,9	15,7	15,6	15,7	14,3
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	15,2	12,2	15,7	14,0	15,5	13,6
<i>R₀₅ / LSD₀₅</i>	0,82	2,29	0,78	2,52	0,81	2,28

Augalų sėjomainos apykaitos energija. Daugiausia apykaitinės energijos sukaupta auginant cukrinius runkelius (79,0–179,3 GJ ha⁻¹) ir žieminius kviečius (60,2–82,0 GJ ha⁻¹), mažiausia – daugiamečių žolės II naud. metų, kurių nuimta tik viena pjūtis (39,0–45,3 GJ ha⁻¹). Nustatyta, kad mineralinėje tręšimo sistemoje, kurioje vidutiniškai metams teko N₅₆P₄₈K₆₀ (2 variantas), augalų apykaitos energija, palyginti su variantu, kur buvo netręšta, padidėjo 65,8 %; žymesnis padidėjimas nustatytas šalutinės produkcijos – 72,9 %, mažesnis – pagrindinės produkcijos – 64,3 % (9 lentelė).

Mineralinėje tręšimo sistemoje vienas kilogramas NPK trąšų veikliosios medžiagos davė 0,21 GJ ha⁻¹ apykaitos energijos. Organinėse-mineralinėse tręšimo sistemose į dirvą įterpiant mėšlo pagal skirtingas normas (40, 60 ir 80 t ha⁻¹), sėjomainos augalų apykaitos energija padidėjo atitinkamai 83–88,5–86,8 %, palyginti su kontroliniu variantu. Šias tręšimo sistemas lyginant su mineraline tręšimo sistema, kur augalai tręšti NPK pagal optimalias trąšų normas, augalų apykaitos energijos buvo sukaupta iš esmės, t. y. 10,3; 13,7 ir 12,7 % daugiau. Organinėje tręšimo sistemoje į dirvą įterpus 80 t ha⁻¹ mėšlo, su kuriuo vidutiniškai kasmet pateko N₅₀P₃₀K₁₀₁, sėjomainos augalų apykaitos

energija, palyginti su variantu, kur buvo netrešta, padidėjo 52,1 %, tačiau, palyginus su mineraline trešimo sistema (2 variantas), apykaitos energija buvo 8,3 % mažesnė. Tai lėmė mažesni augalų maisto medžiagų pasisavinimo koeficientai (N – 40,3 %; K – 54,4 %), palyginti su mineralinėmis trąšomis. Su mėšlu įterptas vienas kilogramas NPK apykaitos energiją padidino 0,15 GJ, o tai 28,6 % mažiau, negu padidėja nuo vieno kilogramo įterpus su mineralinėmis trąšomis. Augalus trešiant pagal planuojamą derlių ir dirvožemyje esantį maisto medžiagų kiekį (7 variantas) (vidutiniškai kasmet N₇₀P₆₈K₆₆), sėjomainos augalų apykaitos energija, palyginti su variantu, kur augalai netrešti, padidėjo 71,7 %, o palyginti su variantu, kur trešta mineralinėmis trąšomis pagal optimalias normas, kai augalams vidutiniškai teko N₅₆P₄₈K₆₀, apykaitos energija padidėjo 3,5 %.

9 lentelė. Sėjomainos augalų sukaupta apykaitos energija taikant skirtingas trešimo sistemas

Table 9. *Metabolizable energy accumulated by the crop rotation crops in different fertilisation systems*

Joniškėlis, 2000–2005 m.

Trešimo sistema (variantas) <i>Fertilisation system (treatment)</i>	Vidutiniškai per rotaciją GJ ha ⁻¹ <i>Average per rotation GJ ha⁻¹</i>			Vidutinė metinė GJ ha ⁻¹ <i>Average annual GJ ha⁻¹</i>	Padi- dėjimas <i>Increase</i>		
	pagr. produk- cija <i>primary produce</i>	šalut. produk- cija <i>by- produce</i>	pagr.+ šalutinė <i>total</i>		GJ	%	
	Be trąšų / <i>Without fertilisers</i>	219,9	46,7	266,7	53,3	-	-
Mineralinė NPK/ <i>Mineral NPK</i>	361,4	80,8	442,2	88,4	35,1	65,8	
Organinė-mineralinė, 40 t ha ⁻¹ mėšlo+ NPK <i>Organic-mineral 40 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	394,5	93,4	487,9	97,6	44,3	83,0	
Organinė-mineralinė, 60 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 60 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	405,5	97,3	502,8	100,6	47,3	88,5	
Organinė-mineralinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo+NPK <i>Organic-mineral 80 t ha⁻¹ FYM+NPK</i>	404,3	93,9	498,2	99,6	46,3	86,8	
Organinė, 80 t ha ⁻¹ mėšlo <i>Organic, 80 t ha⁻¹ FYM</i>	334,1	71,5	405,6	81,1	27,8	52,1	
Mineralinė NPK / <i>Mineral NPK</i>	369,3	88,5	457,8	91,6	38,3	71,7	
	R ₀₅ / LSD ₀₅	20,57	6,82	25,22	5,04	-	-

Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad sėjomainos augalų pagrindinėje produkcijoje apykaitos energija ($y =$) GJ ha⁻¹ tiesiogiai priklausė nuo su trąšomis įterpiamo azoto (x_1) ir fosforo (x_2) kiekių kg ha⁻¹. Šios priklausomybės aprašomos tiesinėmis lygtimis:

$$y = 283,913 + 0,251x_1; r = 0,931^{**};$$

$$y = 290,608 + 0,293x_2; r = 0,911^*.$$

Kalininguose dirvožemiuose tarp sėjomainos augalų pagrindinės produkcijos sukauptos apykaitos energijos ir su trąšomis įterpto kalio kiekio patikimo ryšio nebuvo ($y = 327,497 + 0,096x$; $r = 0,663$).

Išvados

1. Giliau karbonatingame giliau glėjiškame rudžemyje didžiausi (0,14 proc. vnt.) teigiami humuso pokyčiai per penkių laukų rotaciją buvo taikant organinę tręšimo sistemą, t. y. skiriant 80 t ha^{-1} mėšlo cukriniams runkeliams, tačiau didžiausi absoliutūs dydžiai pasiekti taikant organines-mineralines tręšimo sistemas – skiriant $60\text{--}80 \text{ t ha}^{-1}$ mėšlo ir optimalias mineralinių trąšų normas (vidutiniškai metams $\text{N}_{56}\text{P}_{48}\text{K}_{60}$).

2. Mažo ir vidutinio fosforingumo dirvožemyje taikant mineralinę tręšimo sistemą su optimaliomis NPK normomis (vidutiniškai metams $\text{N}_{56}\text{P}_{48}\text{K}_{60}$) judriojo fosforo kiekis dirvožemyje turėjo tendenciją mažėti, taikant organines-mineralines tręšimo sistemas su $40, 60$ ir 80 t ha^{-1} mėšlo normomis – nežymiai didėti.

3. Kalingame ir didelio kalingumo sunkaus priemolio dirvožemyje, taikant mineralinę ir organines-mineralines tręšimo sistemas su optimaliomis $\text{N}_{50}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$ normomis, auginant daug kalio iš dirvožemio su šalutine produkcija paimančius augalus, kalingumas nežymiai mažėjo.

4. Teigiami humuso pokyčiai dėl organinės, organinių-mineralinių tręšimo sistemų taikymo turėjo teigiamą įtaką dirvožemio tankio pokyčiams, tiek lyginant su variantu be trąšų, tiek su mineraline tręšimo sistema. Dirvožemio aeracinis poringumas taikant mineralines tręšimo sistemas labai priklausė nuo dirvožemio humusingumo – $r = 0,65$ ir tankio $r = 0,73$.

5. Taikant organines-mineralines tręšimo sistemas, t. y. $40, 60$ ir 80 t ha^{-1} mėšlo ir optimalias mineralinių trąšų normas, pagrindinėje produkcijoje sukaupta apykaitos energija buvo iš esmės (atitinkamai $10,3$, $10,7$ ir $12,7$ %) didesnė, palyginti su mineraline tręšimo sistema.

Gauta 2008 02 07

Pasirašyta spaudai 2008 03 18

LITERATŪRA

1. Bagdonienė V. Sėjomainos augalų derlius, jo kokybės bei dirvožemio agrocheminių savybių kitimas sunkios granulometrinės sudėties dirvoje biologinės ir chemizuotos žemdirbystės sąlygomis // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. – 1997, t. 58, p. 38–46. ISSN 1392-3196

2. Bagdonienė V., Arlauskienė E. A. Sėjomainos augalų derliaus ir dirvožemio biologinio aktyvumo priklausomumas nuo judriojo fosforo kiekio dirvožemyje ir tręšimo // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. – 1999, t. 65, p. 48–62. ISSN 1392-3196

3. Bučienė A. Žemdirbystės sistemų ekologiniai ryšiai / Klaipėdos universitetas. – 2003. – 176 p. ISBN 9955-585-27-7

4. Feizienė D., Kadzienė G., Feiza V. Tillage and fertilisation influence on available PK status in unequal soils of Central Lithuania // Žemės ūkio mokslai. – Vilnius: Academia, 2006, Nr. 4, p. 22–30. ISSN 1392-3196

5. Hamel C., Landry C., Elmi A., Liu AiGuo, Spedding T. Nutrient dynamics: utilizing biotic-abiotic interactions for improved management of agricultural soils // Journal of Crop improvement. – 2004, vol. 11, No. ½, p. 209–248. ISSN 1542-7528

6. Heinrich D., Hergt M. dtv-Atlas Ökologie. – München, 1998. – 279 s. ISBN 9986-02-610-5

7. Jankauskas V., Jankauskienė G., Švedas A. Derliaus energetinio įvertinimo metodų patikslinimas // Užbaigtų tyrimų darbų konferencijų pranešimai / LŽI. – Akademija (Kėdainių r.), 1999, Nr. 31, p. 63–65. ISSN 1648-1402

8. Jolankai M., Szalai T., Szentpetery Zs. Agroecological environment influenced by fertiliser and agrochemical impacts // Proceedings of international Conference on: Soil condition and crop production, Godollo. – Hungary, 1998, p. 112–114. ISBN 963-8140-77-1

9. Krištaponytė I., Maikštėnienė S. Tręšimo sistemų poveikis dirvožemio savybėms ir agocenozei produktyvumui // Žemės ūkio mokslai. – Vilnius, 2006, Nr. 3, p. 1–9. ISSN 1392-0200

10. Loide V. About the effect of the contents and ratios of soil's available calcium, potassium and magnesium in liming of acid soils // Agronomy Research. – 2004, vol. 2, No. 1, p. 71–82. ISSN 1406-894X

11. Loveland P., Webb J. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review // Soil & Tillage Research. – 2003, vol. 70, iss. 1, p. 1–18. ISSN 0167-1987

12. Maikštėnienė S., Arlauskienė A. Sustainable cropping system for the solution of environment protection problems // Ekologija. – Vilnius, 2007, Nr. 1, p. 89–97. ISSN 0235-7224

13. Maikštėnienė S., Šlepetienė A. Sunkaus priemolio dirvožemio fizikinių savybių gerinimas įvairios kilmės organinėmis medžiagomis // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. – 2003, t. 83, p. 77–95. ISSN 1392-3196

14. Mažvila J., Vaišvila Z., Arbačiauskas J., Adomaitis T., Antanaitis A., Lubytė J. Augalų derliaus ir jo kokybės priklausomumas nuo ilgalaikio tręšimo azotu, fosforu ir kaliu smėlingame priemolyje // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. – 2007, t. 94, Nr. 3, p. 3–17. ISSN 1392-3196

15. Motuzas A. J., Buivydaitė V., Danilevičius V., Šleivys R. Dirvotyra. – Vilnius, 1996. – 374 p. ISBN 5-420-01350-9

16. Petraitienė V. Velėninių glėjiškų dirvožemių agrocheminių savybių kitimas ilgalaikiuose tręšimo bandymuose, auginant augalus sėjomainoje be mėšlo // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. – 1996, t. 51, p. 3–20. ISSN 1392-3196

17. Švedas A., Tarakanovas P. Tręšimo planavimas kompiuterine programa // Tręšimas. – Akademija (Kėdainių r.), 2000. – 33 p.

18. Tarakanovas P. Statistinis duomenų apdorojimo paketas „Selekcija“. – Vilnius, 1999. – 57 p. ISBN 9986-527-54-6

19. Tripolskaja L. Organinės trąšos ir jų poveikis aplinkai: monografija / Lietuvos žemdirbystės institutas. – Akademija (Kėdainių r.), 2005. – 205 p. ISBN 9955-650-10-9

20. Velykis A., Satkus A. Žieminių augalų ir supaprastinto žemės dirbimo įtaka dirvožemio fizikinėms savybėms // Žemės ūkio mokslai. – Vilnius, 2005, Nr. 3, p. 8–17. ISSN 1392-3196

21. Vucans R., Lipenite I., Livmanis J. Nutrient balance in crop rotation // Proceedings in Agronomy. – Jelgava, 2003, No. 5, p. 190–195. ISBN 9984-555-89-5

22. Бондарев А. Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения // Почвоведение. – 1990, №. 5, с. 31–37. ISSN 0032-180X

23. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. – Москва, 1986, с. 66–67

24. Пономарева В. В., Плотнокова Т. А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). – Москва, 1980. – 220 с.

25. Рассадин А. Й., Качнова Т. И. Минимализация обработки дерново – подзолистой почвы под озимую рож // Ресурсосберегающие технологии обработки почв: сборник научных трудов. – Курск, 1989, с. 73–80

ISSN 1392-3196

Žemdirbystė / Zemdirbyste / Agriculture, vol. 95, No. 1 (2008), p. 22–39

UDK [631.442.4+631.445.152+631.445.3]:631.582:631.816

THE EFFECTS OF LONG-TERM FERTILISATION SYSTEMS ON THE VARIATION OF MAJOR PRODUCTIVITY PARAMETERS OF GLEYIC CAMBISOLS

S. Maikštėnienė, I. Krištaponytė, L. Masilionytė

S u m m a r y

Experiments were conducted at the Lithuanian Institute of Agriculture's Joniškėlis Experimental Station on the soil characterised as glacial lacustrine-clay loam on silty clay, lying under morainic sandy loam, *Gleyic Cambisol* in a five-course crop rotation. The objective of the study was to examine the effects of different fertilisation systems – mineral, organic-mineral, and organic on the variation of soil chemical and physical parameters and amount of energy accumulated by the crop rotation plants. When sugar beet, spring barley, perennial grasses of the 1st and 2nd years of use, and winter wheat had been grown in the crop rotation and mineral fertilisation had been applied (on average N₅₆P₄₈K₆₀ annually), soil humus content remained close to the initial level, potassium content declined inappreciably and that of phosphorus declined significantly. In the organic-mineral fertilisation systems when sugar beet had received 40, 60 and 80 t ha⁻¹ of farmyard manure and mineral NPK fertilisers as much as in the mineral fertilisation system, the content of humus accumulated in the 0–20 cm soil layer per rotation was found to be by 2.25; 2.0 and 2.5 % higher compared with the mineral fertilisation system. Positive changes in available phosphorus were recorded in the organic and organic-mineral fertilisation systems, significant changes occurred having incorporated 80 t ha⁻¹ of farmyard manure. The fertilisation systems investigated did not secure any positive changes in available potassium in the soil, since crops removing large amounts of potassium, especially with by-produce, had been cultivated. Organic-mineral and organic fertilisation systems, determining positive changes in humus, had a positive effect on soil physical properties – significantly declined soil bulk density and increased air filled porosity.

Key words: heavy loam Gleyic Cambisol, fertilisation systems, agrochemical and physical properties.