

# Žemdirbystė ir augalininkystė Agriculture and Plant Growing Земледелие и растениеводство

---

## Ilgalaikio įvairaus intensyvumo tręšimo poveikis glėjiškųjų rudžemių našumui

---

Irena Krištaponytė,

Stanislava Maikštėnienė

Lietuvos žemdirbystės instituto  
Joniškėlio bandymų stotis,  
LT-39301 Joniškėlis, Pasvalio r.,  
el. paštas joniskelio\_lzi@post.omnitel.net

Vidutiniškai fosforingame ir labai kalingame limnoglacialinio sunkaus priemolio glėjiškajame rudžemyje (*Gleyic Cambisol*) penkialaukėje išskleistoje sėjomainoje tirtos mineralinių, organinių ir mineralinių bei organinių trąšų įtaka dirvožemio agrocheminėms ir fizikinėms savybėms bei sėjomainos augalų produktyvumui. Sėjomainoje 2 metus auginant žoles, žieminius kviečius, cukrinius runkelius ir vasarinius miežius ir tręšiant mineralinėmis trąšomis (vidutinė metinė norma  $N_{56}P_{48}K_{60}$ ), dirvožemio humusingumas ir fosforingumas per rotaciją liko artimas pradiniam, o kalingumas nežymiai sumažėjo. Tręšiant organinėmis ir mineralinėmis trąšomis cukrinius runkelius (40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo ir NPK tiek, kiek ir tręšiant vien mineralinėmis trąšomis), per rotaciją glėjiškajame rudžemyje patikimai padaugėjo humuso (7,1–10,0%), judriųjų fosforo (23–25%) ir kalio (4,6–7,6%). Tręšiant organinėmis trąšomis (80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo), dirvožemyje humuso kiekis patikimai padidėjo 6,3%, judriųjų fosforo ir kalio kiekiai esminiai nepakito. Tręšiant organinėmis ir mineralinėmis trąšomis dėl teigiamų humusingumo pokyčių dirvožemio tankis sumažėjo 4,6 ir 4,0%, bendrasis poringumas padidėjo 6,7 ir 5,3%, o tręšiant organinėmis trąšomis – atitinkamai 3,3 ir 3,8%, palyginus su netręštu variantu.

**Raktažodžiai:** glėjiškasis rudžemis (*Gleyic Cambisol*), tręšimo sistemos, dirvožemio agrocheminės ir fizikinės savybės, apykaitos energija

---

### IVADAS

Dirvožemio potencialųjį našumą lemia kompleksas veiksnių. Pakitus vienam veiksniumi mažiau ar labiau kinta ir kitas ar net keletas veiksnių [2]. Todėl vienos agronominės priemonės poveikį augalams ir dirvožemiui tenka vertinti įvairiais aspektais. Dažnai tiriama, kaip vienkia ar kitokia tręšimo sistema veikia dirvožemio agrochemines savybes, ir ieškoma tiesioginių ryšių su sėjomainos augalų derlingumu. Tačiau tyrimai rodo, kad sėjomainos augalų produktyvumą netiesiogiai veikia ir dėl agrocheminių rodiklių poveikio pakitusios dirvožemio fizikinės savybės. Kita vertus, pakitusios dirvožemio fizikinės savybės, ypač aeracinis poringumas, kaip grįžtamasis veiksnys, turi įtakos agrocheminiams rodikliams, net organinės medžiagos destrukcijos proceso kryptį [9]. Intensyvus tręšimas mineralinėmis trąšomis, ypač

azotu, skatinantis augalus intensyviau augti ir kartu daugiau jo netekti su derliumi iš dirvožemio, taip pat skatina organinės medžiagos mineralizaciją, humuso kiekio mažėjimą bei turi įtakos neigiamiems fizikinių rodiklių pokyčiams. Visų pirma mažėjant humuso, kuris yra struktūrinių agregatų rišamoji medžiaga, blogėja dirvožemio struktūra ir agregatų patvarumas, didėja tankis ir jautrumas dirvožemio degradacijai dėl mechaninio poveikio įtakos [4, 14]. Tai sukelia nitrifikacijos procesų lėtėjimą ir stabdo dirvožemio savireguliacijos procesus. Gausiai tręšiant organinėmis trąšomis ir mažinant mineralinių trąšų kiekį ar visai atsisakant jų didėja dirvožemio potencialusis našumas, tačiau dėl mitybos elementų trūkumo tam tikrais vystymosi tarpsniais gali sumažėti augalų derlius [1, 3]. Daugelis tyrėjų nurodo, kad plėtojant ekologinę žemdirbystę labiausiai iškyla fosforo balanso problema, ypač jo neturtinguose sunkiuose

dirvožemiuose. Intensyvioje žemdirbystėje gausiai naudojant mineralines trąšas, silpnėja dirvožemio, kaip sistemos, aprūpinančios augalų reikalingomis maisto medžiagomis, funkcija [13]. Intensyvioje žemdirbystėje tręšimo sistema orientuota tik į augalų mitybos poreikius derliui didinti, bet mažai dėmesio skiriama ekosistemų našumo palaikymui [7]. Todėl ilginiui tokioje ekosistemoje susidaro organinės medžiagos disbalansas, kadangi pažeidžiama jos susidarymo ir destrukcijos pusiausvyra. Kai kurie tyrėjai nurodo, kad intensyvi antropogeninė veikla daro lemiamą poveikį augalų derlingumui iki tam tikros ekosistemos būklės, susidarius dirvožemio nuovargiui, materialiniai įdėjimai į dirvožemį augalų derlingumo nebe padidina [2].

Limnoglacialinės kilmės sunkiuose priemoliuose molio dalelių gausumas lemia didesnes sorbcijos galimybes, tačiau ir šiuose dirvožemiuose įvairių ekosistemų funkcionavimo stabilumą labai lemia tręšimo sistemos. Pasirenkant agrosistemos naudojimo būdą, svarbu nustatyti dirvožemio potencialų našumą, susiformavusių parametrų tvarumą ir jų ilgalaikiškumą. Šiam klausimui spręsti reikia atlikti įvairių dirvožemio kiekybinių ir kokybinių rodiklių kinetinę analizę bei išaiškinti jų stabilumą skirtingo intensyvumo agrosistemose [6, 20]. Tyrimų tikslas: įvertinti įvairaus intensyvumo tręšimo sistemų poveikį glėjiškųjų rudžemių našumo rodikliams ir sėjomainos augalų derlingumui.

## TYRIMŲ SĄLYGOS IR METODAI

Tręšimo sistemų tyrimai pradėti 1960 m. Lietuvos žemdirbystės instituto Joniškėlio bandymų stotyje, sunkaus priemolio ant dulkiškojo molio su giliau esančiu smėlingu priemoliu glėjiškajame rudžemyje (*Gleyic Cambi-*

*sol*), kurio dirvodarinė uoliena – limnoglacialinis molis ant moreninio priemolio. Ilgalaikiame stacionariame bandyme tiriant įvairias tręšimo sistemas po penktos sėjomainos rotacijos dirvožemio agrocheminės savybės tam tikruose variantuose įvairavo:  $pH_{KCl}$  – 6,0–6,2, humuso – 1,98–2,09%, judriojo fosforo ( $P_2O_5$ ) – 66–126 mg  $kg^{-1}$ , judriojo kalio ( $K_2O$ ) – 187–218 mg  $kg^{-1}$  dirvožemio. Kadangi tirtos tręšimo sistemos neužtikrino humuso teigiamo balanso, 1995 m. bandymas rekonstruotas nustatant didesnes organinių trąšų normas. Bandymas atliktas išskleistoje penkių laukų sėjomainoje, kurioje augalų kaita šitokia: cukriniai runkeliai (*Beta vulgaris* L., var. *saccharifera*) ‘Accord’, vasariniai miežiai (*Hordeum distichon* L.) ‘Ūla’ su daugiamečių žolių išėliu – raudonieji dobilai (*Trifolium pratense* L.) ‘Vyliai’, liucerna (*Medicago sativa* L.) ‘Birutė’, tikrieji eraičiniai (*Festuca pratensis* Huds.) ‘Dotnuva 1’, pašariniai motiejukai (*Phleum pratense* L.) ‘Gintaras’, I ir II naudojimo metų (n. m.) daugiametės žolės, žemieniai kviečiai (*Triticum aestivum* L.) ‘Zentos’. Žeminių kviečių sėta 220  $kg ha^{-1}$ , vasarinių miežių – 180  $kg ha^{-1}$ , daugiamečių žolių mišinio – 28  $kg ha^{-1}$ , cukrinių runkelių – septyni vienadaigiai kamuoliukai 1 m.

Bandymas darytas keturiais pakartojimais, pradinių laukelių dydis 105,0–112,5  $m^2$ , apskaitinių – 45–50  $m^2$ . Javų, daugiamečių žolių ir cukrinių runkelių derlius nustatytas svėrimo metodu. Tręšimo sistemų tyrimo schema, variantai ir trąšų paskirstymas skirtingiems sėjomainos augalams pateikti 1 lentelėje.

Tręšta amonio salietra, granuliuotu superfosfatu, kalio chloridu ir galvijų šiaudų kraikiniu mėšlu. Organinės trąšos – mėšlas (40, 60 ir 80  $t ha^{-1}$ ) įterptas cukriniams runkeliams vieną kartą per rotaciją. Vidutiniais 1995–2005 m. duomenimis, mėšlo kokybė buvo tokia:

1 lentelė. Trąšų normos augalams per sėjomainą  $kg ha^{-1}$  Joniškėlis, 1996–2000 m.

Tręšimo sistema	Mitybos elementai	Įterpta maisto medžiagų per rotaciją		
		su trąšomis	su mėšlu	iš viso
Be trąšų (kontrolinis variantas)	0	0	0	0
Mineralinė (NPK)	N	280	0	280
	$P_2O_5$	240	0	240
	$K_2O$	300	0	300
	N	280	150	430
Organinė ir mineralinė I (40 $t ha^{-1}$ mėšlo + NPK)	$P_2O_5$	240	84	324
	$K_2O$	300	268	568
Organinė ir mineralinė II (60 $t ha^{-1}$ mėšlo + NPK)	N	280	228	508
	$P_2O_5$	240	126	366
	$K_2O$	300	402	702
Organinė ir mineralinė III (80 $t ha^{-1}$ mėšlo + NPK)	N	280	304	584
	$P_2O_5$	240	168	408
	$K_2O$	300	536	836
	N	0	304	304
Organinė (80 $t ha^{-1}$ mėšlo)	$P_2O_5$	0	168	168
	$K_2O$	0	536	536
	$K_2O$	0	536	536

0,38% N, 0,21% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,67% K<sub>2</sub>O. Fosforo ir kalio trąšos cukriniams runkeliams įterptos prieš paskutinį kultivavimą, o azoto trąšos išbertos per du kartus: pirmąjį – N – 40 kg ha<sup>-1</sup> prieš sėją ir antrąjį – N – 80 kg ha<sup>-1</sup> augalams sudygus, žieminiams kviečiams fosforo, kalio trąšos įterptos rudenį prieš paskutinį kultivavimą, o azoto (N – 70 kg ha<sup>-1</sup>) pavasarį, vegetacijai atsinaujinus. Vasariniams miežiams su daugiamečių žolių išėliu fosforo ir kalio trąšos išbertos pavasarį prieš paskutinį kultivavimą, o azoto (N – 30) – jiems sudygus, I n. m. daugiametės žolės fosforu ir kaliu, o II n. m. – azotu (N – 60) tręštos pavasarį, prasidėjus jų vegetacijai.

*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 cm armens sluoksnio sudarant vidutinę mėginį, kuriame buvo nustatytas judriųjų fosforo ir kalio kiekis Egnerio–Rimo–Domingo (A–L) [5], humusingumas – Tiurino, pH<sub>KCl</sub> – potenciometriniais metodais. Fizikiniams dirvožemio pokyčiams įvertinti mėginiai imti iš ariamojo sluoksnio 0–10 ir 10–20 cm gylių. Dirvožemio fizikinių savybių analizės atliktos šiais metodais: struktūra ir jos patvarumas vandenyje – Savinovo, tankis ir bendrasis poringumas – Kačinskio [18]. Dirvožemio tankis apskaičiuotas pagal formulę:

$$T = \frac{D}{K};$$

čia T – dirvožemio tankis Mg m<sup>-3</sup>, D – dirvožemio masė g, K – cilindro tūris m<sup>-3</sup>.

Bendrasis poringumas apskaičiuotas pagal formulę:

$$P\% = 100 \left(1 - \frac{T}{N}\right);$$

čia P% – bendrasis poringumas, T – dirvožemio tankis Mg m<sup>-3</sup> N – kietosios fazės tankis Mg m<sup>-3</sup>.

Aeracinis poringumas apskaičiuotas pagal formulę:

$$P_{\text{aerac.\%}} = P\% - (L\% \times T);$$

čia P<sub>aerac.%</sub> – aeracinis poringumas %, P% – bendrasis poringumas %, L% – dirvožemio drėgnis %, T – dirvožemio tankis Mg m<sup>-3</sup>.

Tirtų priemonių įtaka sunkaus priemolio dirvožemio armens suslėgimui įvertinta pagal tokią gradaciją: 1) menkas suslėgimas, kai armens pusiausvyros tankis <1,3 Mg m<sup>-3</sup>; 2) vidutinis – 1,3–1,5 Mg m<sup>-3</sup>; 3) smarkus – >1,5 Mg m<sup>-3</sup> [17]. Kritine suslėgimo riba tyrimų vietos dirvožemyje laikomas tankis: 1,35 Mg m<sup>-3</sup> [11].

Sėjomainos augalų produktyvumas perskaičiuotas į apykaitos energiją pagal konkreitiems augalams nustatytus koeficientus [8].

*Statistinė analizė.* Bandymo duomenys apdoroti dispersinės analizės metodu, o tam tikrų rodiklių ryšys apskaičiuotas koreliacijos-regresijos metodu, patikimumas, atitinkantis 95% tikimybės lygį, pažymėtas r\*, o atitinkantis 99% tikimybės lygį – r\*\* [15, 19].

*Agrometeorologija.* Meteorologinės sąlygos per augalų vegetacijos periodus įvertintos pagal hidroterminį koeficientą (HTK) [21]:

$$HTK = \frac{P}{T/10};$$

čia P – kritulių kiekis mm, T – vidutinė paros temperatūrų (>10°C) suma, per atitinkamą laikotarpį sumažinta 10 kartų (dėl garavimo). Vegetacijos periodai vertinami taip: kai HTK yra 0,3–0,5 – sausra, 0,6–0,7 – sausringa, 0,8–1,0 – drėgmės nepakanka, 1,0–1,5 – optimali drėgmė, >1,5 – drėgmės perteklius. Apibendrinus meteorologines sąlygas augalų vegetacijos laikotarpiu nustatyta, kad tyrimų metais vegetacijos laikotarpiu 1996, 1997 ir 1999 m. buvo normaliai drėgni (HTK – 1,12–1,26 ir 1,27), 1998 m. – perteklinė drėgmė (HTK – 2,08) ir tik 2000 m. – sausas vegetacijos laikotarpis (HTK – 0,90).

## TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

*Agrocheminės savybės.* Agrofitocenozės intensyvumui turį įtakos įvairūs veiksniai: genetinės dirvožemio savybės, augalų kaita, organinių ir mineralinių trąšų įterpimas, organinių medžiagų cheminė sudėtis, destruktijos kryptis ir maisto medžiagų nuostoliai su derliumi. Sunkios granulometrinės sudėties dirvožemiams būdinga mažas fosforingumas ir didelis kalingumas.

Per penkialaukę sėjomainos rotaciją įvairus tręšimas lėmė skirtingus dirvožemio agrocheminių rodiklių pokyčius (2 lentelė).

Sėjomainoje, kai dviejuose laukuose augintos daugiametės žolės, po penkerių bandymo vykdymo metų kontroliniame variante (be trąšų) humuso kiekis 0–20 cm dirvožemio gylyje nesumažėjo. Tręšiant mineralinėmis trąšomis – kasmet vidutiniškai N<sub>56</sub>P<sub>48</sub>K<sub>60</sub> (2 var.), humuso kiekis liko artimas pradiniam jų kiekiui. Įvairiu intensyvumu tręšiant organinėmis ir mineralinėmis trąšomis nustatyta skirtinga trąšų įtaka humuso sankaupai dirvožemyje. Tręšiant organinėmis ir mineralinėmis trąšomis (40 t ha<sup>-1</sup> mėšlo), rudžemio armenyje humuso kiekis, palyginus su pradiniu, patikimai padidėjo 7,1%, kai 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo – 10,0%. Skirtingai tręšiant organinėmis ir mineralinėmis trąšomis (40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo), palyginus su vien mineralinėmis trąšomis patreštu variantu, rudžemyje humuso kiekis padidėjo atitinkamai 8,7; 11,7; 10,2%, tačiau nepatikimai.

Į dirvožemį įterpus vien 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, dirvožemio humusingumas per rotaciją padidėjo 6,3%, skirtumas buvo esminis, palyginus tiek su pradiniu jo kiekiu, tiek su mineralinėmis trąšomis patreštu variantu. Vadinasi, tręšiant organinėmis ir mineralinėmis trąšomis susidarė palankesnės sąlygos humifikacijai ir humuso gausėjimui dirvožemio armenyje negu tręšiant vien organinėmis ar mineralinėmis trąšomis. Todėl pasitvirtina autorių nuomonė, kad norint palaikyti teigiamą humuso balansą, per penkialaukės sėjomainos rotaciją kasmet reikėtų įterpti vidutiniškai 8–16 t ha<sup>-1</sup> mėšlo [10]. Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio humusingumas armenyje labai priklausė nuo su organinėmis ir mineralinėmis trąšomis įterptų maisto medžiagų: nuo kalio – r = 0,94, azoto – r = 0,73 ir fosforo – r = 0,62.

2 lentelė. Skirtingų tręšimo sistemų įtaka glėjiškųjų rudžemių agrocheminėms savybėms Joniškėlis, 1995–2000 m.

Tręšimo sistema	Prieš pradėdant bandymą (1995 m.)			Rotacijos pabaigoje (2000 m.)			Pokyčiai ±		
	humusas %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	humusas %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	humusas %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		mg kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>	
Be trąšų (kontrolė)	1,98	66	187	1,98	45	177	–	–21	–10
Mineralinė (N <sub>56</sub> P <sub>48</sub> K <sub>60</sub> )	2,04	89	194	2,06	94	191	0,02	5	–3
Organinė ir mineralinė (40 t ha <sup>-1</sup> mėšlo+NPK)	2,09	116	207	2,24	135	213	0,15	19	6
Organinė ir mineralinė (60 t ha <sup>-1</sup> mėšlo+NPK)	2,09	126	218	2,30	155	228	0,21	29	10
Organinė ir mineralinė (80 t ha <sup>-1</sup> mėšlo+NPK)	2,07	124	210	2,27	155	226	0,20	31	16
Organinė (80 t ha <sup>-1</sup> mėšlo)	2,05	124	214	2,18	120	219	0,13	–4	5
R <sub>05</sub> pagal variantus	0,034	13,2	15,8	0,078	18,6	11,0			
R <sub>05</sub> su pradiniais duomenimis				0,094	21,0	9,7			

3 lentelė. Tręšimo sistemų įtaka glėjiškųjų rudžemių fizikinėms savybėms Joniškėlis, 1996–2000 m.

Tręšimo sistema	Ėminio gylis cm	Dirvožemio tankis Mg m <sup>-3</sup>	Kritinės suslėgimo ribos viršijimas %	Poringumas %	
				bendrasis	aeracinis
Be trąšų (kontrolė)	0–10	1,48	9,6	42,7	19,9
	10–20	1,53	13,3	40,6	16,1
	<b>0–20</b>	<b>1,51</b>	<b>11,9</b>	<b>41,7</b>	<b>18,0</b>
Mineralinė (N <sub>56</sub> P <sub>48</sub> K <sub>60</sub> )	0–10	1,46	8,1	43,4	20,3
	10–20	1,52	12,6	40,6	16,6
	<b>0–20</b>	<b>1,49</b>	<b>10,4</b>	<b>42,3</b>	<b>18,6</b>
Organinė ir mineralinė I (40 t ha <sup>-1</sup> mėšlo + NPK)	0–10	1,39	3,0	46,4	24,0
	10–20	1,48	9,6	42,5	18,6
	<b>0–20</b>	<b>1,44</b>	<b>6,7</b>	<b>44,5</b>	<b>21,3</b>
Organinė ir mineralinė II (60 t ha <sup>-1</sup> mėšlo + NPK)	0–10	1,39	3,0	46,6	23,9
	10–20	1,49	10,4	41,9	17,0
	<b>0–20</b>	<b>1,44</b>	<b>6,7</b>	<b>44,2</b>	<b>20,5</b>
Organinė ir mineralinė III (80 t ha <sup>-1</sup> mėšlo + NPK)	0–10	1,40	3,7	45,7	23,3
	10–20	1,49	10,4	42,0	18,9
	<b>0–20</b>	<b>1,45</b>	<b>7,4</b>	<b>43,9</b>	<b>20,7</b>
Organinė (80 t ha <sup>-1</sup> mėšlo)	0–10	1,40	3,7	44,8	22,8
	10–20	1,52	12,6	41,7	17,7
	<b>0–20</b>	<b>1,46</b>	<b>8,2</b>	<b>43,3</b>	<b>20,3</b>
R <sub>05</sub>	0–10	0,017	1,02	0,68	1,23
	10–20	0,020	1,55	0,64	1,77
	<b>0–20</b>	<b>0,019</b>	<b>1,38</b>	<b>0,66</b>	<b>1,50</b>

Neturtingame fosforo dirvožemyje, kontroliniame variante, per rotaciją judriojo fosforo sumažėjo 31,8% (2 lentelė). Mineralinėje tręšimo sistemoje, kurioje kasmet teko vidutiniškai N<sub>56</sub>P<sub>48</sub>K<sub>60</sub>, judriojo fosforo, palyginus su pradiniu jo kiekiu dirvožemyje, nežymiai (5,6%) padidėjo. Įvairaus intensyvumo organinėse-mineralinėse tręšimo sistemose įterpus 40 t ha<sup>-1</sup> mėšlo ir optimaliai NPK trąšų, fosforo kiekis rudžemyje, palyginus su pradiniu, padidėjo nežymiai, o įterpus 60 ir 80 t

ha<sup>-1</sup> ir NPK tiek, kiek mineralinėje tręšimo sistemoje, patikimai padidėjo atitinkamai 23–25%. Įterpus 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo (4 ir 5 var.) dirvožemio fosforingumas patikimai padidėjo, palyginus su mineraline tręšimo sistema (2 var.) ir įterpus mažiau (40 t ha<sup>-1</sup>) mėšlo (3 var.). Organinėje tręšimo sistemoje vieną kartą per rotaciją įterpus vien 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo (6 var.) dirvožemio fosforingumas, palyginus su pradiniu fosforo kiekiu, sumažėjo 3,2%, o palyginus su mineraline tręšimo siste-

ma – padidėjo 27,7%. Tokius rezultatus nulėmė tai, kad antrame variante esant gana dideliems derliams su augalais dirvožemis neteko daugiau fosforo. Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio fosforingumas ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) labai priklausė nuo maisto elementų, įterptų su mineralinėmis ir organinėmis trąšomis: nuo azoto  $r = 0,94$ , nuo fosforo  $r = 0,80$  ir nuo kalio  $r = 0,71$ .

Judriojo kalio kontroliniame variante ar taikant mineralinę tręšimo sistemą rudžemyje nežymiai sumažėjo, palyginus su pradiniu jo kiekiu, nes sėjomainoje buvo auginami daug kalio pasisavinantys augalai, ypač cukriniai runkeliai (vien su šalutine produkcija netekta  $195\text{--}248 \text{ kg ha}^{-1}$ ), o didėjant augalų derliui trūkstamas kalio kiekis buvo naudojamas iš dirvožemio (2 lentelė). Organinėse-mineralinėse tręšimo sistemose įterpus 60 ir  $80 \text{ t ha}^{-1}$  mėšlo ir optimalius kiekius NPK, judriojo kalio kiekis rudžemyje per rotaciją padidėjo atitinkamai 4,6 ir 7,6%, o palyginus su mineraline tręšimo sistema 19,4–18,3%. Įterpus 60 ir  $80 \text{ t ha}^{-1}$  mėšlo, rudžemio armenyje judriojo kalio iš esmės buvo 7,0–6,1% daugiau, negu įterpus mažiau ( $40 \text{ t ha}^{-1}$ ) mėšlo. Vartojant organinę tręšimo sistemą rudžemyje judriojo kalio kiekis per rotaciją esminiai nepasikeitė, tačiau palyginus su mineraline tręšimo sistema padidėjo esminiai 14,7%.

*Dirvožemio tankis ir poringumas.* Daugelis tyrimų rodo, kad humusas didina katijonų sorbcijos imlumą, todėl didėjant humuso kiekiui gerėja sunkios granulometrinės sudėties dirvožemių struktūra ir kitos fizikinės savybės [12, 16]. Dirvožemio tankis ir poringumas – tai vieni labiausiai dėl antropogeninių veiksnių besikeičiančių dydžių. Šios dirvožemio savybės labai svarbios, nes nuo jų priklauso drėgmės ir oro režimas. Optimalus dirvožemio tankis sunkios granulometrinės sudėties dirvožemiuose yra  $1,2\text{--}1,35 \text{ Mg m}^{-3}$  [12, 16]. Ženkliai mažesnis ar didesnis tankis už optimalų yra žalingas augalams, nes tada susiformuoja augalams nepalankus drėgmės režimas. Viršutiniame armens sluoksnyje visose tręšimo sistemose dirvožemio tankis buvo artimas optimaliam. Taikant mineralinę tręšimo sistemą, kurioje per rotaciją kasmet teko vidutiniškai  $\text{N}_{56}\text{P}_{48}\text{K}_{60}$  viršutiniame dirvožemio (0–10 cm) sluoksnyje, palyginus su netręštu variantu, dirvožemio tankis esminiai sumažėjo 1,4% ir bendrasis poringumas padidėjo 1,6%, lyginant su netręštu variantu (3 lentelė). Gilesniame (10–20 cm) sluoksnyje dirvožemio tankis ir bendrasis poringumas liko nepakitę.

Įvairaus intensyvumo organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose dirvožemio humusingumo padidėjimas turėjo teigiamą įtaką sunkaus priemolio fizikinėms savybėms. Didėjant humuso kiekiui, dirvos ariamojo sluoksnio tankis mažėjo, o bendrasis poringumas – didėjo. Organinės ir mineralinės tręšimo sistemos atveju į dirvožemį įterpus mažiau mėšlo ( $40$  ir  $60 \text{ t ha}^{-1}$ ) ir optimaliai NPK trąšų, dirvožemio tankis viršutiniame (0–10 cm) sluoksnyje esminiai sumažėjo 4,8%, o bendrasis poringumas padidėjo 6,9 ir 7,4%, lyginant su mineraline tręšimo sistema. Į dirvožemį įterpus daugiau mėšlo ( $80 \text{ t ha}^{-1}$ ) jo tankis ir bendrasis poringumas es-

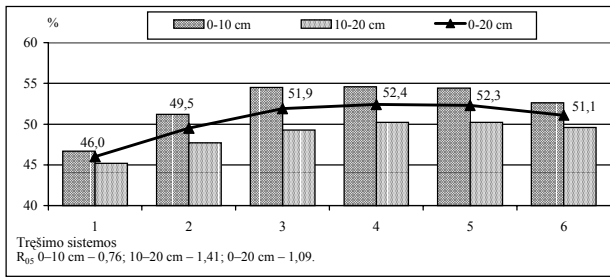
miniai nepakito, lyginant su mažesne mėšlo norma. Gilesniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje visose organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose (su  $40$ ,  $60$  ir  $80 \text{ t ha}^{-1}$  mėšlo) dirvožemio tankis iš esmės sumažėjo atitinkamai 2,6; 2,6 ir 2,0%, o bendrasis poringumas padidėjo 4,6–3,2 ir 3,4%, lyginant su mineraline tręšimo sistema. Įvairiose organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose į dirvožemį įterpus skirtingą kiekį mėšlo dirvožemio tankis ir bendrasis poringumas iš esmės nesiskyrė.

Organinėje tręšimo sistemoje į dirvožemį įterpus vien  $80 \text{ t ha}^{-1}$  mėšlo, lėmusio teigiamus humuso pokyčius, viršutiniame armens (0–10 cm) sluoksnyje dirvožemio tankis sumažėjo analogiškai, kaip ir taikant organines ir mineralines tręšimo sistemas. Dirvožemio tankio ir bendrojo poringumo duomenys rodo, kad vidutiniškai per visą 0–20 cm armens sluoksnį mėšlo įterpimas ir humuso gausėjimas lėmė teigiamus jų pokyčius.

Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio tankis ( $r = -0,979^{**}$ ,  $y_1 = 1,942 - 0,223x$ ) ir bendrasis poringumas ( $r = 0,960^{**}$ ,  $y_2 = 25,017 + 8,427x$ ) labai priklausė nuo dirvožemio humusingumo.

Sunkesnių dirvožemių tyrėjai nurodo, kad  $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$  yra kritinis tankis arba kritinė suslėgimo riba, kurią viršijus daugelis augalų produktyvumo rodiklių blogėja dėl sumažėjusios aeracijos [16]. Netręšto ir mineralinėmis trąšomis tręštų laukelių dirvožemio tankis kritinę suslėgimo ribą viršijo 11,9 ir 10,4% (3 lentelė). Organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose, nors dirvožemio tankis buvo mažesnis, tačiau 0–20 cm armens sluoksnyje kritinę suslėgimo ribą viršijo 6,7–7,4%. Organinėje tręšimo sistemoje į dirvą įterpus vien  $80 \text{ t ha}^{-1}$  mėšlo, dirvožemio tankis kritinę suslėgimo ribą viršijo 8,2%.

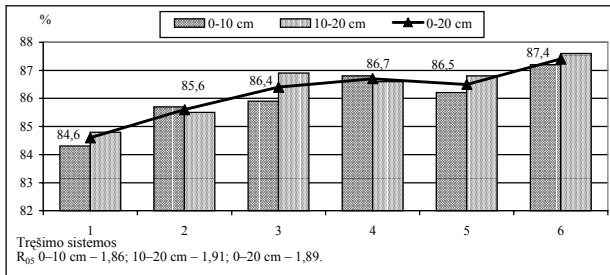
*Aeracinis poringumas.* Geriausia dirvožemio aeracija, kai oras sudaro 20–25% nuo suminio poringumo [18]. Aeraciniam poringumui, be dirvos tankio, didelę įtaką turi ir dirvos drėgmė, todėl jis buvo gerokai mažesnis už suminį. Vidutiniais duomenimis, 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje mažiausias – 19,9% jis buvo kontrolinio (netręšto) varianto dirvožemyje (3 lentelė). Mineralinėje tręšimo sistemoje dirvožemio aeracinis poringumas, palyginus su netręšiamu laukeliu, nežymiai kito. Organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose į dirvožemį įterpus skirtingą kiekį mėšlo, 0–10 cm sluoksnyje jo aeracinis poringumas, palyginus su mineraline tręšimo sistema, iš esmės padidėjo 3,0–3,7 proc. vnt. Organinėje tręšimo sistemoje įterpus į dirvožemį  $80 \text{ t ha}^{-1}$  mėšlo 0–10 cm sluoksnyje dirvožemio aeracinis poringumas, palyginus su mineraline, iš esmės padidėjo 2,5 proc. vnt., o palyginus su ta pačia mėšlo norma, įterpta organinėje-mineralinėje tręšimo sistemoje, aeracinis poringumas buvo nežymiai mažesnis (2,1%). Visose tręšimo sistemose dirvožemio aeracinio poringumo kitimas gilesniuose (10–20 cm) armens sluoksniuose turėjo didėjimo tendenciją. Vidutiniais tyrimų duomenimis, oringų porų 0–20 cm sluoksnyje visuose tręštuose variantuose buvo 18,6–21,3% daugiau, palyginus su netręštu (3 lentelė). Aeracinis poringumas, kaip ir bendrasis 0–20 cm



Tręšimo sistemos: 1. Be trąšų; 2. Mineralinė (NPK); 3. Organinė ir mineralinė (40 t ha<sup>-1</sup> mėšlo + NPK); 4. Organinė ir mineralinė (60 t ha<sup>-1</sup> mėšlo + NPK); 5. Organinė ir mineralinė (80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo + NPK); 6. Organinė (80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo).

**1 pav.** Tręšimo sistemų įtaka vertingiausių struktūrinių agregatų (5–0,25 mm) kiekiui (%) glėjiškųjų rudžemių dirvožemyje,

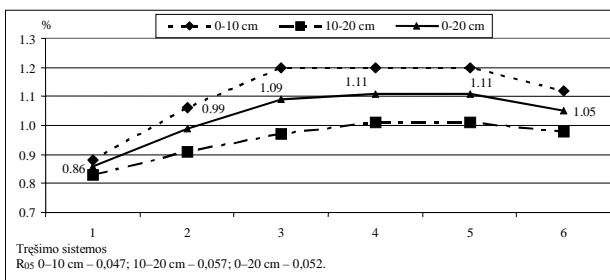
Joniškėlis, 1996–2000 m.



Tręšimo sistemos: 1. Be trąšų; 2. Mineralinė (NPK); 3. Organinė ir mineralinė (40 t ha<sup>-1</sup> mėšlo + NPK); 4. Organinė ir mineralinė (60 t ha<sup>-1</sup> mėšlo + NPK); 5. Organinė ir mineralinė (80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo + NPK); 6. Organinė (80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo).

**2 pav.** Tręšimo sistemų įtaka vandenyje patvarių agregatų (>0,25 mm) kiekiui (%) glėjiškųjų rudžemių dirvožemyje,

Joniškėlis, 1996–2000 m.



Tręšimo sistemos: 1. Be trąšų; 2. Mineralinė (NPK); 3. Organinė ir mineralinė (40 t ha<sup>-1</sup> mėšlo + NPK); 4. Organinė ir mineralinė (60 t ha<sup>-1</sup> mėšlo + NPK); 5. Organinė ir mineralinė (80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo + NPK); 6. Organinė (80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo).

**3 pav.** Tręšimo sistemų įtaka glėjiškųjų rudžemių dirvožemio struktūringumo koeficientui,

Joniškėlis, 1996–2000 m.

sluoksnyje, labai priklausė nuo dirvožemio humusingumo ( $r = 0,93^{**}$ ), lygtis:  $y = -0,818 + 9,54x$ .

**Dirvožemio struktūra ir patvarumas.** Dirvožemio granulimetrinė sudėtis, humusingumas, augalų šaknų sistemos tipas ir išsivystymas, jų liekanos ir šaknų išskyras lemia mechaninių elementų sukibimą į struktūrinius agregatus. Agronominiu požiūriu vertingi tik tokie agregatai, kurie stabiliai išsilaiko ilgesnį laiką, nesuyra dargi veikiant įvairiems išoriniams veiksniams, ypač krituliams ir nesudaro galimybės dalelėms sukibti į bestruktūrius kietus agregatus, kuriems džiūstant susidaro pluta. Dirvožemio struktūriniai agregatai pagal jų dydį vertinami nevienodai, daugelyje literatūros šaltinių vertingais laikomi 5–0,25 mm. Tačiau jų vertė pagal dalelių dydį skirtingos granulimetrinės sudėties dirvožemiuose skiriasi. Dirvožemio struktūra priklauso nuo daugelio veiksnių: sukultūrinimo laipsnio, fizinės brandos žemės dirbimo metu, tačiau labai lemia dirvožemio humusingumas. Armens sluoksnio struktūringumas ir struktūros agregatų patvarumas lemia dirvožemio aeraciją bei kvėpavimo ir maisto medžiagų pasisavinimo intensyvumą, o tai labai sąlygoja augalų vystymąsi. Vidutiniais tyrimų duomenimis, per penkialaukę sėjomainos rotaciją didesnis kiekis agronomiškai vertingų (5–0,25 mm) struktūrinių agregatų dirvožemio viršutiniame (0–10 cm) sluoksnyje buvo organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose (1 pav.).

Taikant mineralinę tręšimo sistemą, kurioje augalams kasmet teko vidutiniškai  $N_{56}P_{48}K_{60}$  trąšų dirvožemio 0–10 ir 10–20 cm sluoksnyje, vertingiausių (5–0,25 mm) struktūrinių agregatų kiekis padidėjo atitinkamai 4,5 ir 2,5 proc. vnt., palyginus su netręštu variantu.

Organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose į dirvožemį įterpiant skirtingą kiekį mėšlo (40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup>) ir optimaliai NPK trąšų, didėjant dirvožemio humusingumui jo viršutiniame (0–10 cm) sluoksnyje vertingiausių (5–0,25 mm) struktūrinių agregatų padidėjo atitinkamai 7,8–7,9–7,7 proc. vnt., palyginus su netręštu variantu. Organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose į dirvožemį įterpiant skirtingą kiekį mėšlo (40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup>) viršutiniame (0–10 cm) ir gilesniame (10–20 cm) dirvos sluoksnyje vertingiausių struktūrinių agregatų kiekis padidėjo atitinkamai 3,3–3,4–3,2 ir 1,6–2,5–2,5 proc. vnt., palyginus su mineraline tręšimo sistema. Organinėje (80 t ha<sup>-1</sup>) tręšimo sistemoje dirvožemio viršutiniame armens (0–10 cm) sluoksnyje ir gilesniame (10–20 cm) vertingiausių (5–0,25 mm) struktūrinių agregatų padaugėjo atitinkamai 5,9–4,4 proc. vnt., palyginus su netręštu variantu. Organinėje tręšimo sistemoje dirvožemio vertingiausių struktūrinių agregatų viršutiniame (0–10 cm) ir gilesniame (10–20 cm) sluoksnyje iš esmės padaugėjo atitinkamai 1,4 ir 1,9 proc. vnt., palyginus su mineraline tręšimo sistema. Visose tręšimo sistemose vidutiniškai per visą 0–20 cm dirvožemio armens sluoksnį jame vertingiausių struktūrinių agregatų padaugėjo 3,5–6,4 proc. vnt., palyginus su netręštu variantu, tačiau tarp tręšimo sistemų esminio skirtumo nenustatyta. Atlikta statistinė analizė rodo, kad dirvožemio 0–20 cm

4 lentelė. Sėjomainos augalų sukaupta apykaitos energija taikant skirtingas tręšimo sistemas Joniškėlis, 1996–2000 m.

Tręšimo sistemos	Augalų apykaitos energija per rotaciją GJ ha <sup>-1</sup>			Vid. per metus GJ ha <sup>-1</sup>	Padidėjimas	
	pagr. produkcija	šalut. produkcija	pagr. + šalut. produkcija		GJ	%
Be trąšų (kontrolė)	1691,5	280,8	1972,3	394,5	–	–
Mineralinė (N <sub>56</sub> P <sub>48</sub> K <sub>60</sub> )	2325,5	477,9	2803,4	560,7	166,0	42,1
Organinė ir mineralinė (40 t ha <sup>-1</sup> mėšlo + NPK)	I 2411,5	487,6	2899,1	579,8	185,1	47,0
Organinė ir mineralinė (60 t ha <sup>-1</sup> mėšlo + NPK)	II 2399,0	506,5	2905,5	581,1	186,4	47,3
Organinė ir mineralinė (80 t ha <sup>-1</sup> mėšlo + NPK)	III 2433,0	524,0	2957,0	591,4	196,7	49,9
Organinė (80 t ha <sup>-1</sup> mėšlo)	2118,5	371,4	2489,9	498,0	103,3	26,2
R <sub>05</sub>	63,17	15,57	64,42	12,88	–	–

sluoksnyje agronomiškai vertingų struktūrinių agregatų (5–0,25 mm) kiekis labai priklausė nuo dirvožemio humusingumo ( $r = 0,958^{**}$ ,  $y_2 = 9,974 + 18,676x$ ).

Struktūrinių agregatų svarbiausias kokybinis požymis yra jų patvarumas vandenyje, kuris apsaugo dirvą nuo susiliejimo, o pašalpus nuo plutos susidarymo. Vandenyje patvarių >0,25 mm agregatų 0–20 cm dirvožemio sluoksnyje daugiausiai buvo ten, kur augalai tręšti organinėmis ir mineralinėmis ar tik organinėmis trąšomis (2 pav.). Tačiau naudojant įvairias organines ir mineralines tręšimo sistemas su skirtingomis mėšlo normomis (40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup>) esminių skirtumų tarp dirvožemio vandenyje patvarių agregatų kiekio nebuvo.

Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio humusingumo ir vandenyje patvarių >0,25 mm agregatų kiekio tiesioginio ryšio ir 95% tikimybės lygio nebuvo.

*Struktūringumo koeficientas.* Dirvožemio struktūringumas sunkiuose dirvožemiuose yra vienas svarbiausių fizikinių rodiklių. Dirvožemyje, kuriame augalai tręšti tik mineralinėmis trąšomis, struktūringumo koeficientas 0–10 ir 10–20 cm sluoksniuose iš esmės padidėjo atitinkamai 20,5 ir 9,6%, palyginus su netręštu variantu (3 pav.).

Skirtingose organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose į dirvožemį įterpiant įvairiai mėšlo (40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup>) ir NPK trąšų tiek, kiek mineralinėje, dirvožemio struktūringumo koeficientas 0–10 cm gylyje iš esmės padidėjo – 13,2%, o 10–20 cm sluoksnyje – 6,6–11,0%, palyginus su buvusiu dirvožemyje, kuriame naudota mineralinė tręšimo sistema. Vartojant organinę tręšimo sistemą su 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, dirvožemio struktūringumo koeficientas 0–10 ir 10–20 cm sluoksniuose iš esmės padidėjo atitinkamai 5,7 ir 7,7%, palyginus su mineraline tręšimo sistema. Koreliacinė-regresinė analizė rodo, kad dirvožemio struktūringumas 0–20 cm sluoksnyje labai priklausė nuo dirvožemio humusingumo:  $r = 0,967^{**}$ , lygtis  $y = -0,577 + 0,742x$ .

*Sėjomainos produktyvumas.* Galutiniam tręšimo sistemų poveikio dirvožemio agrocheminių savybių pokyčiams įvertinimui sėjomainos augalų produktyvumas

perskaičiuotas į apykaitos energiją. Daugiausiai jos sukaupta auginant cukrinius runkelius (152,8–262,0 GJ ha<sup>-1</sup>) ir žieminius kviečius (69,1–103,5 GJ ha<sup>-1</sup>), mažiausiai – daugiametes žoles II n. m. (tik viena pjūtis, 42,1–50,4 GJ ha<sup>-1</sup>). Vertinant tręšimo sistemas nustatyta, kad mineralinėje tręšimo sistemoje, kurioje metams teko vidutiniškai N<sub>56</sub>P<sub>48</sub>K<sub>60</sub>, augalų apykaitos energija, palyginus su netręštu variantu, padidėjo 42,1%, ženklėsnis padidėjimas buvo šalutinės produkcijos (70,2%), mažesnis – pagrindinės produkcijos (37,5%) (4 lentelė).

Mineralinėje tręšimo sistemoje dėl vieno kilogramo NPK gauta 1,01 GJ ha<sup>-1</sup> derliaus priedas. Organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose sėjomainos augalų apykaitos energija padidėjo atitinkamai 47,0; 47,3 ir 49,9%, palyginus su netręštu variantu. Organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose tręšiant 40 ar 60 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, apykaitos energija esminiai padidėjo 3,4 ir 3,3%, palyginus su mineraline tręšimo sistema. Organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose padidinus mėšlo normą iki 80 t ha<sup>-1</sup> apykaitos energija padidėjo 30,8 GJ, arba 5,5%, palyginus su mineraline tręšimo sistema, ir 2,0 bei 1,8%, palyginus su mažesnėmis mėšlo normomis (40 ir 60 t ha<sup>-1</sup>). Organinėje tręšimo sistemoje tręšiant 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, su kuriuo įterpta N<sub>61</sub>P<sub>34</sub>K<sub>107</sub>, sėjomainos augalų apykaitos energija, palyginus su netręštu variantu, padidėjo 26,2%. Šioje sistemoje su organinėmis trąšomis azoto ir kalio buvo įterpta atitinkamai 8,9 ir 79% daugiau negu jų teko mineralinėje tręšimo sistemoje, tačiau fosforo įterpta 29,2% mažiau. Organinėje tręšimo sistemoje apykaitos energijos sukaupta ženkliai mažiau – 11,2%, negu mineralinėje tręšimo sistemoje. Tai lėmė mažesni augalų maisto medžiagų pasisavinimo koeficientai (N – 60,5%, K – 64,9%), lyginant su mineralinėmis trąšomis, taip pat fosforo stygius mažo fosforingumo sunkios granuliometrinės sudėties glėjiškuose rudžemiuose. Mėšle esantis 1 kg NPK trąšų apykaitos energiją padidino 0,51 GJ, t. y. 49,5% mažiau negu 1 kg mineralinių trąšų.

Sėjomainos augalų derlingumas labiau priklausė nuo įterpiamų fosforo trąšų ( $r = 0,92^*$ ) negu nuo azoto ( $r = 0,73$ ). Tokius rezultatus lėmė sunkių dirvožemių mažas fosforingumas. Kalinguose dirvožemiuose tarp sėjomainos augalų produktyvumo ir su trąšomis įterpto kalio kiekio patikimo ryšio nebuvo ( $r = 0,43$ ).

## IŠVADOS

1. Sunkios granulimetrinės sudėties glėjiškajame rudžemyje, taikant mineralinę tręšimo sistemą (vidutiniškai kasmet tenka  $N_{56}P_{48}K_{60}$ ), humuso kiekis per penkialaukę sėjomainos rotaciją, kurioje buvo du daugiamečių žolių laukai, dirvožemyje iš esmės nepakito, palyginus su pradiniu jo kiekiu. Taikant organinę ir mineralinę tręšimo sistemą, cukriniams runkeliams įterpiant 40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo ir NPK tiek, kiek mineralinėje, humuso kiekis rudžemyje padidėjo atitinkamai 8,7; 11,7 ir 10,2%, o organinėje tręšimo sistemoje (80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo) – 5,8%, lyginant su mineraline tręšimo sistema.

2. Vidutiniškai fosforingame ir labai kalingame sunkios granulimetrinės sudėties rudžemyje, taikant mineralinę ar organinę tręšimo sistemas, judriųjų fosforo ir kalio kiekiai per rotaciją, palyginus su pradiniais jų kiekiais, esminiai nekito. Organinėse ir mineralinėse tręšimo sistemose į dirvožemį įterpiant 40 t ha<sup>-1</sup> mėšlo ir NPK tiek, kiek mineralinėje tręšimo sistemoje, judriojo fosforo kiekis per penkialaukę rotaciją rudžemyje nežymiai padidėjo. Įterpus 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, jo kiekis dirvožemyje padidėjo patikimai, atitinkamai 23 ir 25%, palyginus su pradiniais jų kiekiais, ir 14,8%, lyginant su mažesne jo norma. Judriojo kalio, taikant organinę ir mineralinę tręšimo sistemą, kiekis rudžemyje iš esmės padidėjo 11,5–19,4%, palyginus su mineraline tręšimo sistema, bei 7,0 ir 6,0%, palyginus su mažesne mėšlo norma (40 t ha<sup>-1</sup>).

3. Taikant mineralinę tręšimo sistemą rudžemio armens (0–20 cm) tankis turėjo mažėjimo, o bendrasis poringumas – didėjimo tendencijas. Taikant organinę ir mineralinę tręšimo sistemą, įterpus 40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, dirvožemio armens tankis iš esmės sumažėjo atitinkamai 3,4–3,4 ir 2,7%, o bendrasis poringumas padidėjo 5,2–4,5 ir 3,7%, lyginant su mineraline tręšimo sistema, tačiau tarp skirtingų mėšlo normų esminių skirtumų nebuvo.

4. Taikant organinę ir mineralinę tręšimo sistemą, įterpus 40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, gerėjo armens dirvožemio struktūra – vertingiausių (5–0,25 mm) struktūrinių agregatų padaugėjo 4,8–5,9%, palyginus su mineraline tręšimo sistema. Taikant šias tręšimo sistemas vandenyje patvarių >0,25 mm dydžio struktūrinių agregatų kiekis padidėjo 2,1–2,5–2,2%, palyginus su netręštu variantu, tačiau skirtumai tarp įterpto mėšlo normų buvo neesminiai.

5. Sunkaus priemolio rudžemiuose visose tręšimo sistemose 0–20 cm gylio sluoksnyje dirvožemio tankis viršijo kritinę 1,35 Mg m<sup>-3</sup> suslėgimo ribą. Artimiausias optimaliam dirvožemio tankis susiformavo taikant orga-

nines ir mineralines tręšimo sistemas, tačiau ir čia kritinė suslėgimo riba buvo viršyta 6,7–7,4%.

6. Gerėjant sunkių dirvožemių agrocheminėms ir fizikinėms savybėms, kai taikant organinę ir mineralinę tręšimo sistemą įterpiama 40, 60 ir 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, sėjomainos augalų apykaitos energija buvo atitinkamai 3,4–3,6 ir 5,5% didesnė, lyginant su mineraline tręšimo sistema, tačiau tarp įvairių mėšlo normų esminių skirtumų nebuvo. Taikant organinę tręšimo sistemą, kai įterpiama 80 t ha<sup>-1</sup> mėšlo, augalų apykaitos energijos buvo sukaupta 26,2% daugiau, lyginant su netręštu variantu, bet 11,2% mažiau, lyginant su mineraline tręšimo sistema.

7. Taikant skirtingas tręšimo sistemas mažo fosforingumo ir didelio kalingumo rudžemiuose sėjomainos augalų apykaitos energijos sukaupimas tiesiogiai ir labai priklausė nuo į dirvožemį įterpto su organinėmis ir mineralinėmis trąšomis fosforo ( $r = 0,92^*$ ) ir silpnai nuo kalio ( $r = 0,46$ ) kiekio.

Gauta 2006 03 10

Parengta 2006 08 10

## Literatūra

- Bhogal A., Rochford A. Vol. D., Sylvester-Bradley R. Net changes in soil and crop nitrogen in relation to the performance of winter wheat given-ranging annual nitrogen applications at Ropsley, UK // *Journal of Agricultural Science*. 2000. 135. P. 139–149.
- Bučienė A. Žemdirbystės sistemų ekologiniai ryšiai. Klaipėda, 2003. P. 176.
- Deng S. P., Motore J. M., Tabatabai M. A. Characterization of active nitrogen pools in soils under different cropping systems // *Biology and Fertility of Soils*. 2000. Vol. 32. P. 302–309.
- Dexter A. R., Arvidsson J., Czyz E. A. et al. Respiration rates of soil aggregates in relation to tillage and straw-management practices in the field // *Soil and Plant Science*. 1999. Vol. 49. P. 193–200.
- Egner H., Riehm H., Domingo W. R. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden // *Kunigl. Landbrukshögskolans Annaler*. 1960. Bd. 26. S. 199–215.
- Gilmour J. T., Mauromoustakos A., Gale P. M., Norman R. J. Kinetics of crop residue decomposition: Variability among crops and years // *Soil Science Society of America Journal*. 1998. Vol. 62. P. 750–755.
- Hoffmann M., Johnsson H. Nitrogen leaching from agricultural land in Sweden. Model calculated effects of measures to reduce leaching loads // *Ambio*. 2000. Vol. 29. P. 67–73.
- Jankauskas B., Jankauskienė G., Švedas A. Derliaus energetinio įvertinimo metodų patikslinimas // Užbaigtų tyrimų darbų konferencijų pranešimai / LŽI, 1999. Nr. 31. P. 63–65.
- Kolberg R. L., Westfall D. G., Peterson G. A. Influence of cropping intensity and nitrogen fertilizer rates on in situ nitrogen mineralization // *Soil Science Society of America Journal*. 1999. Vol. 63. P. 129–134.



10. Krištaponytė I. Skirtingo intensyvumo tręšimo sistemų palyginimas sunkiame dirvožemyje // Žemdirbystė: Mokslo darbai / LŽI, LŽŪU, 2003. T. 83. P. 96–110.
11. Lechtveer R., Nugis E. Field soils and their trampling soil compaction and soil management. Tallinn, 1992. P. 26–48.
12. Maikštėnienė S. Įvairių organinių trąšų ir tarpinių pasėlių poveikis limnoglacialinės kilmės priemolių agrocheminėms savybėms // Žemės ūkio mokslai. 2005. Nr. 1. P. 1–11.
13. Mažvila J., Pekarskas J., Arbačiauskas J. Ekologinės žemdirbystės ūkių dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita // Žemdirbystė: Mokslo darbai / LŽI, LŽŪU, 2003. T. 83. P. 66–76.
14. Robin D. Usefulness of organic profiles for evaluating the stable organic matter fraction produced during decomposition in soil and the classification of organic manures // Agronomie. 1997. Vol. 17. P. 157–171.
15. Tarakanovas P. Statistinio duomenų apdorojimo paketas „Selekcija“. Vilnius, 1999. 57 p.
16. Velykis A., Satkus A. Žieminių augalų ir supaprastinto žemės dirbimo įtaka dirvožemio fizikinėms savybėms // Žemės ūkio mokslai. 2005. Nr. 3. P. 8–17.
17. Бондарев А. Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения // Почвоведение. 1990. № 5. С. 31–37.
18. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. Москва, 1986. С. 66–67.
19. Доспехов В. А. Методика полевого опыта. Москва, 1985. С. 167–310.
20. Иванникова Л. А. Способ определения кинетики минерализации органического вещества почвы / Патент. 1993. SU № 1806375 А3.
21. Чирков И. И. Агрометеорология. Гидрометеиздат, 1979. С. 226–238.

**Irena Krištaponytė, Stanislava Maikštėnienė**

#### **EFFECT OF LONG-TERM APPLICATION OF DIFFERENT FERTILIZATION ON THE FERTILITY OF GLEYIC CAMBISOL**

##### **Summary**

The effect of different fertilizing systems (mineral, organic-mineral, and organic) on the agrochemical and agrophysical properties of soils and the productivity of rotation crops was studied in a long-term field experiment on soils with medium phosphorus supply and high potassium supply. It was found that mineral fertilization ( $N_{56}P_{48}K_{60}$ ) had no significant effect on the content of humus in the soil; the contents of phosphorus and potassium decreased insignificantly. In the organic-mineral fertilization system, the application of 40, 60 and 80 t ha<sup>-1</sup> manure together with  $N_{56}P_{48}K_{60}$  reliably increased the content of humus 7.1–10.0%, phosphorus, and potassium (by 7.1–10.0, 23–25 and 4.6–7.6%, respectively). The soil bulk density declined by 4.6–4.6–

4.0%, and the total porosity increased by 6.7–6.0–5.3 units respectively versus unfertilised treatments. Organic fertilization (80 t ha<sup>-1</sup> manure per rotation cycle) increased the content of humus by 6.3% and had no significant effect on the content of phosphorus and potassium. Fertilisation with farmyard manure only at a rate of 80 t ha<sup>-1</sup> reduced bulk density by 3.3%, and increased total porosity by 3.8%. Application of different rates of farmyard manure (40, 60 and 80 t ha<sup>-1</sup>) in the organic-mineral fertilisation systems resulted in a 3.4–3.6–5.5% increase in average crop rotation content of metabolisable energy and in the organic system by 11.2%, as compared with the mineral fertilisation system.

**Key words:** lacustrine clay loam *Gleyic Cambisol*, crop rotation, agrochemical and agrophysical properties, crop productivity

**Ирена Криштапоните, Станислава Майкштене**

#### **ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПЛОДОРДИЕ ГЛЕЕВАТЫХ СУГЛИНКОВ**

##### **Резюме**

На почвах тяжелого гранулометрического состава среднеобеспеченных фосфором и богатых калием, исследовалось влияние различного удобрения – минерального, органоминерального и органического на агрохимические и агрофизические свойства почвы и на продуктивность растений севооборота. Установлено, что при минеральном удобрении (среднегодовая доза  $N_{56}P_{48}K_{60}$ ) содержание гумуса и фосфора в почве за ротацию существенно не изменилось, а количество калия – незначительно уменьшилось. При органоминеральном удобрении (дозы – 40, 60, 80 т га<sup>-1</sup> навоза и среднегодовая –  $N_{56}P_{48}K_{60}$ ) только при больших дозах навоза за ротацию достоверно увеличились: содержание гумуса – на 7,1–10,0%, количество фосфора – на 23–25%, калия – на 4,6–7,6%. При органическом удобрении (80 т га<sup>-1</sup> навоза за ротацию) существенно (на 6,3%) повысилось лишь содержание гумуса, а количество фосфора и калия не изменилось. Под воздействием органических удобрений проявилось некоторое улучшение физических свойств тяжелых почв. В результате применения органоминеральных удобрений по сравнению с контролем плотность почвы снизилась на 4,6 и 4,0%, общая пористость повысилась на 6,7 и 5,3%, а при органическом удобрении – на 3,3 и 3,8% соответственно. При органоминеральном удобрении  $N_{56}P_{48}K_{60}$  обменной энергии в севообороте на 3,4 и 5,5% больше, а при органическом – на 11,2% меньше, чем при минеральном.

**Ключевые слова:** *Gleyic Cambisol*, удобрение, агрохимические и физические свойства почвы, обменная энергия сельскохозяйственных растений