

## *Dirvotyra ir agrochemija • Soil Science and Agrochemistry*

# Glėjiško rudžemio (*Endocalcari-Epihypogleyic Cambisol*) armens agrocheminių savybių pokyčiai taikant ilgametes žemdirbystės sistemas

Dalia Feizienė,

Virginijus Feiza,

Gražina Kadžienė,

Alvyra Šlepetienė

*Lietuvos žemdirbystės institutas,*

*Instituto al. 1, LT-58344*

*Akademija, Kėdainių r.*

*El. paštas: dali@lzi.lt*

Straipsnio tikslas – giliau karbonatinio sekliai glėjiškojo rudžemio armens (0–20 cm), kaip pagrindinio žemės ūkio gamybos objekto, agrocheminių savybių skirtumų ir kitimo pobūdžio nustatymas skirtingo intensyvumo žemdirbystės sistemose; dirvožemio agrocheminės kokybės nustatymas pagal Amacher, O'Neill ir Perry schemą. Nustatyta, kad žemės dirbimo supaprastinimas arba jo atsisakymas ir tiesioginės sėjos taikymas aštuonerius metus lėmė judriųjų P, K, pH, humuso bei bendrosios C sluoksniavimąsi armenyje. Makroelementų (PK) turtingame ir vidutinio humusingumo I bandymo (vidutinio sunkumo priemolis ( $p_1/L$ ) ant  $p_1/L$ ) dirvožemio agrocheminės kokybės indeksas buvo 9 (iš 14 galimų). Makroelementų vidutiniškai turtingo ir mažo humusingumo II bandyme (smėlingas lengvas priemolis (sp/SL) ant sp/SL) šis indeksas tesiekė 5. Dirvožemio 0–10 cm sluoksnyje supaprastintas žemės dirbimas (RT) ir tiesioginė sėja (NT) I bandyme lėmė geresnę agrocheminę dirvožemio kokybę (vidutinis indeksas 10) nei tradicinis žemės dirbimas – CT (vidutinis indeksas 8). II bandyme dirvožemio agrocheminės kokybės indeksas iš esmės nesiskyrė visose žemės dirbimo sistemose ir siekė 6. 10–20 cm sluoksnio kokybė I bandyme buvo geresnė RT sistemoje (9) nei CT ar NT (atitinkamai 7 ir 8), o II bandyme nesiskyrė visose žemės dirbimo sistemose ir buvo 5. Per aštuonerius šių sistemų taikymo metus I bandyme geriausia dirvožemio 0–20 cm sluoksnio agrocheminė kokybė pasižymėjo plotai, kuriuose taikyta: supaprastintas žemės dirbimas + netręšta, supaprastintas žemės dirbimas + tręšta padidinta mineralinių NK trąšų norma bei tiesioginė sėja + tręšta padidinta mineralinių NK trąšų norma, o II bandyme labai panaši kokybė nusistovėjo visose žemės dirbimo sistemose, tręšiant vidutiniškai arba gausiau.

**Raktažodžiai:** armens agrocheminės savybės, žemės dirbimas–tręšimas, rudžemis, dirvožemio agrocheminės kokybės indeksas

## ĮVADAS

Kasdieniam gyvenime dirvožemis visų pirma suprantamas kaip terpė augalams augti. Tačiau jis dalyvauja ne vien agroekosistemų, bet ir kur kas platesnėje ekosistemų veikloje. Neretai dirvožemio kokybė ir dirvožemio sveikata suprantami kaip sinonimai. Tai tiesa, nes tik derlingas, kokybiškas dirvožemis atlieka ir savo tiesioginę agroekosistemos funkciją, taip pat yra globalinės ekosistemos dalis, todėl atlieka ir aplinkosauginę funkciją. Dirvožemis yra iš esmės neatsinaujinantis didelio degradacijos ir labai mažo regeneracijos laipsnio išteklius. Jo išteklių optimizavimas, siekiant didinti jo naudojimo efektyvumą ir mažinti aplinkos degradacijos procesus, yra pagrindinis iššūkis Europos politikai (COM 232. 2006). Pripažindama dirvožemio išteklių

degradaciją bei dėl to pasireiškiančius ir aplinkos neigiamus pokyčius, Europos komisija pasiūlė Tematinę dirvožemio strategiją (COM 231, 2006).

Dirvožemio našumas ir tvarumas priklauso nuo trijų veiksnių įtakos: dirvožemio savybių, aplinkos bei dirvožemio naudojimo. Šie veiksniai tarpusavyje susiję, vienas kitą veikia, taigi dirvožemis – dinamiškas kūnas, su nepaliaujamai jame vykstančiais procesais. Šis požiūris reikalauja ne tik integruoto žemės naudojimo, bet ir planavimo atskiros šalies ir visos Europos mastu (Toth et al., 2007). Metodai, kuriais vertinama dirvožemio kokybė, turi būti „lankstūs“, kad galėtume įvertinti galimas žalas, kurios gresia dirvožemiui.

**Tyrimų objektas:** dirvožemio kokybės pokyčiai Vidurio Lietuvos lengvo priemolio giliau karbonatingame sekliai glėjiškame

rudžemyje (*Endocalcari-Epihypogleyic Cambisols*), taikant ilgalaikes skirtingas žemdirbystės sistemas.

**Straipsnio tikslas** – 1) rudžemio, kaip pagrindinio žemės ūkio gamybos objekto, agrocheminių savybių skirtumų ir kitimo pobūdžio nustatymas, taikant skirtingo intensyvumo žemdirbystės sistemas; 2) dirvožemio armens agrocheminės kokybės įvertinimas-indeksavimas pagal Amacher, O'Neill ir Perry schemą (Amacher et al., 2007).

## TYRIMŲ SĄLYGOS IR METODAI

**Indeksavimas.** Dirvožemio armens kokybės indeksas (DKI) – grupė dirvožemio savybių, nusakančių išvestinę-specifinę dirvo-

žemio kokybės bei jo sveikatingumo būklę. Dirvožemio kokybės indeksas išreiškiamas vienu skaičiumi, nes jis yra išvestinis-integruotas, atspindi skirtingų savybių rodiklius. Matematiškai šis rodiklis nusakomas taip:

$DKI = \Sigma$  (atskirų dirvožemio savybių matematinės reikšmės).

DKI esmė tai, kad atskiri dirvožemio savybių rodikliai, patikimai teigiamai arba neigiamai koreliuojantys tarpusavyje, yra vartojami toliau juos vertinti, naudojant daugiafaktorinę jų tarpusavio sąveikos analizę. Dirvožemiui apibūdinti, remdamiesi Lietuvos mokslininkų pateiktomis ir jau seniai naudojamomis klasifikacijomis (Lietuvos..., 1998), pateikiame atskirų savybių supaprastintas interpretacijas (1 lentelė).

1 lentelė. Dirvožemio armens cheminių parametru klasifikavimas ir indeksų suteikimas pagal Amacher, O'Neill ir Perry schemą (Amacher et al., 2007)

Table 1. Classification of soil chemical parameters and indexation according to Amacher, O'Neill and Perry scheme (Amacher et al., 2007)

Parametras / Parameter	Lygis / Level	Dirvožemio armens interpretacija / Interpretation of the soil arble layer	Indeksas / Index
Judrusis / Available $P_2O_5$ $mg\ kg^{-1}$	<50	labai mažo fosforingumo / very low phosphorus content	0
	50–100	mažo fosforingumo / low phosphorus content	1
	100–150	vidutinio fosforingumo / moderate phosphorus content	1
	150–200	fosforingas dirvožemis, adekvatus P kiekis augalų augimui / acceptable content of phosphorus adequate for plant growing	1
	>200	didelio fosforingumo / high content of phosphorus	2
Judrusis / Available $K_2O$ $mg\ kg^{-1}$	<50	labai mažo kalingumo / very low potassium content	0
	50–100	mažo kalingumo / low potassium content	1
	100–150	vidutinio kalingumo / moderate potassium content	1
	150–200	kalingas dirvožemis, adekvatus K kiekis augalų augimui / acceptable content of potassium adequate for plant growing	1
	>200	didelio kalingumo / high content of potassium	2
Dirvožemio / Soil $pH_{KCl}$	<3,5	ypač rūgštus dirvožemis / extremely acid soils	0
	3,6–4,5	labai rūgštus dirvožemis / very acid soils	1
	4,6–5,0	vidutinio rūgštumo dirvožemis / moderately acid soils	1
	5,1–5,5	mažo rūgštumo dirvožemis / low acidity soils	1
	5,6–6,0	rūgštokas dirvožemis, optimumas daugeliui augalų / very low acidity soil optimal for most plants	2
	6,1–6,5	neutralokas dirvožemis, optimumas daugeliui augalų / close to neutral acidity, optimal for most plants	2
	6,6–6,9	artimas neutraliam dirvožemis, optimumas daugeliui augalų / very close to neutral acidity, optimal for most plants	2
	7,0–8,5	neutralus ir šarmiškas dirvožemis / neutral and close to alkaline soils	1
>8,5	šarminis dirvožemis / alkaline soil	0	
Humusas % (mineraliniuose dirvožemiuose arba organinė C; C = Humusas: 1,74) / Humus % (in mineral soils or organic carbon; C = Humus: 1.74)	<1,0	labai mažo humusingumo, priskirtinas degradavusių dirvožemių kategorijai / very low content of humus; denoted as degraded soils	-1
	1,1–2,0	mažo humusingumo, menkas N šaltinis augalams / low content of humus, low N source for plant growing	0
	2,1–3,0	vidutinio humusingumo, vidutinis N šaltinis augalams / moderate content of humus, moderate N source for plant growing	1
	3,1–4,0	optimalaus humusingumo, pakankamas N šaltinis augalams / optimal content of humus, sufficient N source for plant growing	1
	>4,0	didelio humusingumo, labai geras N šaltinis augalams / high content of humus, sufficient N source for plant growing	2
Suminė / Total C %	<0,5	labai mažo anglingumo, priskirtinas degradavusių dirvožemių kategorijai / very low content of C; denoted as degraded soils	0
	0,5–1,0	mažo anglingumo, menkas mitybos šaltinis augalams / low content of C, poor source for plant growing	1
	>1,0	optimalaus anglingumo, geras mitybos šaltinis augalams / optimal content of C, sufficient source for plant growing	1
Suminis / Total N % (mineraliniuose dirvožemiuose / in mineral soils)	<0,1	labai mažo azotingumo, priskirtinas neturtingų dirvožemių kategorijai / very low content of N; denoted as poor soils	0
	0,1–0,5	mažo azotingumo, menkas mitybos šaltinis augalams / low content of N, low source for plant growing	1
	>0,5	optimalaus azotingumo, geras mitybos šaltinis augalams / optimal content of N, sufficient source for plant growing	2
Suminė / Total S $mg\ kg^{-1}$	<100	mažo sieringumo, kritinė riba augalų mitybai / low content of S; critical content for plant growing	0
	100–200	optimalaus sieringumo / optimal content of S for plant growing	1
	>200	didelio sieringumo, kritinė kenksminga riba augalų mitybai / critically noxious content of S for plant growing	0

**Dirvožemio sąlygos.** Apibendrinti tyrimai, atlikti 1999–2007 m. Lietuvos žemdirbystės instituto (LŽI) lengvo priemolio giliau karbonatingame sekliai glėjiškame rudžemio (*Endocalcari-Epihypogleyic Cambisols*) armenyje, laukuose, kuriuose aštuonerius metus taikomos skirtingos žemės dirbimo–trėšimo sistemos. Bandymai įrengti skirtingų agrocheminių savybių dirvožemiuose: I armuo – makroelementų (PK) turtingas ir vidutinio humusingumo, o II – makroelementų (PK) vidutiniškai turtingas ir mažo humusingumo. Dirvožemio granulimetrinė sudėtis pateikta 2 lentelėje. Pagal FAO klasifikaciją, I bandymo dirvožemio granulimetrinė sudėtis atitinka vidutinio sunkumo priemolį ( $p_1/L$ ) ant  $p_1/L$ , o II – smėlingą lengvą priemolį ( $sp/SL$ ) ant  $sp/SL$ .

**Tyrimo schema.** Dviejų veiksmų bandymai atlikti 4 pakartojimais (3 lentelė). Kiekvieną pakartojimą sudarė 3 žemės dirbimo sistemos, o kiekvieną pastarąją dar 3 skirtingo trėšimo variantai. Bandymų kontroliniu variantu yra įvardijama CT-1 sistema (gilus arimas + priešsėjinis kultivavimas ir akėjimas, netrėšta).

**Sėja ir trėšimas.** Sėjomainoje auginti žieminiai kviečiai, cukriniai runkeliai, vasariniai kviečiai, vasariniai miežiai, žirniai, žieminiai kviečiai, vasariniai rapsai. Trėšimo normos kiekvienam bandymui apskaičiuotos, remiantis LŽI sukurta ir adaptuota kompiuterine programa „Trėšimas“ (Švedas, Tarakanovas, 2000).

**Analizių metodai:** judrieji  $P_2O_5$  ir  $K_2O$   $mg\ kg^{-1}$  – A–L metodas; humusas (organinė C = humusas / 1,724) – Tiurino metodas; suminė anglis – VARIO EL III; suminis azotas – VARIO EL III; suminė siera – VARIO EL III, pH – potenciomtru. Dirvožemio mėginiai agrocheminėms analizėms paimti prieš pagrindinį žemės dirbimą 2007 m. rudenį.

**Tyrimo rezultatų matematinė analizė.** Tyrimo duomenų dispersinė ir koreliacinė-regresinė analizė atlikta įprastiniu būdu,

priimtu naudoti augalininkystėje (Clewer, Scarisbrick, 2001). Vidurkių pasiskirstymas nustatytas taikant mažiausią patikimo skirtumo ribą (R), esant 0,05 tikimybei. Duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterinę programą „Anova“. Patikimo skirtumo rodikliai ( $R_{05}$ ) apskaičiuoti atskiriems veiksniams bei jų sąveikai. Koreliacinė-regresinė analizė atlikta pagal kompiuterinę programą STAT\_ENG (Clewer, Scarisbrick, 2001).

## TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Svarbiausi dirvožemio agrocheminę kokybę apibūdinantys parametrai yra organinė medžiaga, pH, fosforo, kalio ir azoto koncentracija. Nuo dirvožemio agrocheminės kokybės labai priklauso maisto medžiagų apykaita grandyje dirvožemis–augalai, jų pasisavinamumas, teršalų mobilumas, kai kurios fizikinės savybės, pavyzdžiui, dirvožemio plutos susidarymas.

**Fosforas** – vienas svarbiausių žemės ūkio augalų mitybos elementų. Dėl mažo judrumo, mažo tirpumo fosforas dirvožemyje dažnai tampa trūkstamu augalams elementu. Tirpia ir augalams prieinama forma jis virsta dūlėjant pirminiams mineralams, mineralizuojantis augalų liekanoms, kintant dirvožemių naudojimo intensyvumui ir būdai (Lietuvos..., 1998).

Judriojo fosforo statusas I ir II bandymuose labai skyrėsi (1 pav., 4 lentelė). Abiejuose bandymuose susiformavo ilgamečio kasmet besikartojančių tokių pačių žemės dirbimo–trėšimo sistemų taikymo nulemtas armens fosforingumas. I bandyme (labai fosforingas dirvožemis), nepaisant to, kad nuo 1999 m. nenaudota fosforo trąšų, pagrindinio žemės dirbimo minimalizavimas arba jo atsisakymas ir tiesioginės sėjos taikymas (RT ir NT) lėmė 10–19% didesnę judriojo fosforo koncentraciją 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje ir 10–16% didesnę 10–20 cm sluoksnyje, palyginus su CT. Vis dėlto II bandyme (vidutinio

2 lentelė. Glėjiškojo rudžemio granulimetrinė sudėtis

Table 2. Soil texture of *Gleyic Cambisol*

Dirvožemio sluoksniš / soil layer (cm)	Dirvožemio dalelės / Soil particles %					
	I bandymas / 1st trial			II bandymas / 2nd trial		
	smėlis / sand (2,0–0,05 mm)	dulkės / silt (0,05–0,002 mm)	molis / clay (<0,002 mm)	smėlis / sand (2,0–0,05 mm)	dulkės / silt (0,05–0,002 mm)	molis / clay (<0,002 mm)
0–20	51,76	28,96	19,28	53,71	32,58	13,71
20–40	47,53	40,87	11,60	53,66	33,91	12,43

3 lentelė. Tyrimo schema

Table 3. Field trial design

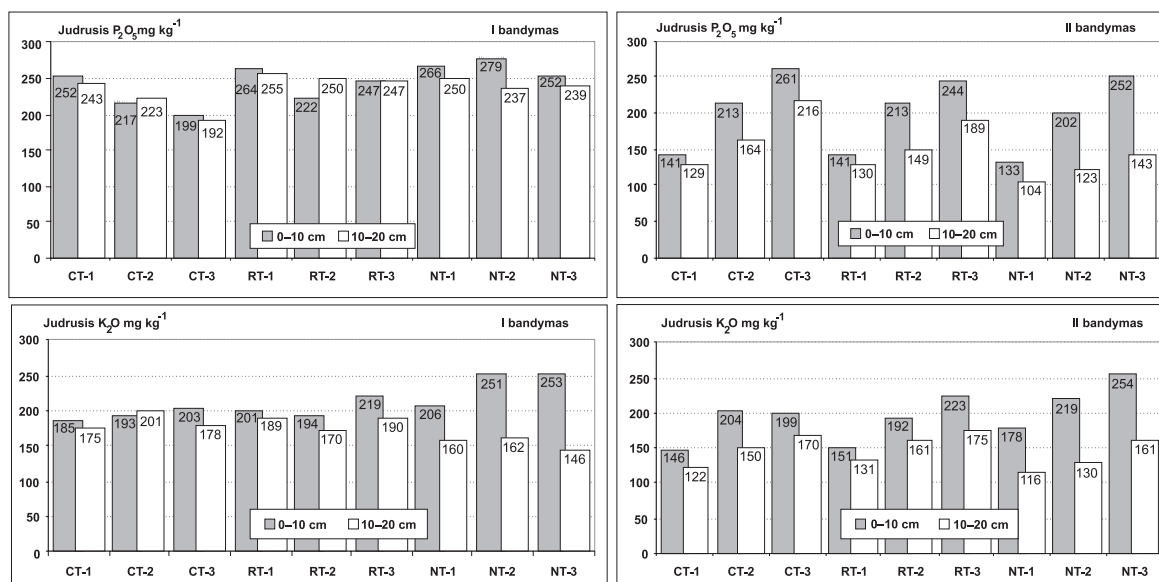
Žemės dirbimas / Tillage		
Santrumpa / Abbreviation	Pagrindinis / Primary	Priešsėjinis / Presowing
CT – tradicinis dirbimas / conventional tillage	Gilus arimas / Deep ploughing (23–25 cm)	Purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu / Spring tine cultivation (4–5 cm)
RT – supaprastintas dirbimas / reduced tillage	Seklus arimas / Shallow ploughing (14–16 cm)	Purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu / Spring tine cultivation (4–5 cm)
NT– tiesioginė sėja / Direct drilling	Nedirbta / No tillage	Tiesioginė sėja / Direct drilling
Trėšimas / Fertilisation		
1	Netrėšta / Not fertilised	
2	Mineralinių NPK trąšų normos apskaičiuotos pagal dirvožemyje esantį maisto medžiagų kiekį ir planuojamą derlių (sąlyginai vidutinės trąšų normos) / Moderate rates: NPK fertilisers according to soil properties and expected yield	
3	NPK trąšų normos apskaičiuotos pagal dirvožemyje esantį maisto medžiagų kiekį ir 30% didesnę nei 2 variante planuojamą derlių (sąlyginai maksimalios trąšų normos) / High rates: NPK fertilisers according to soil properties and 30% greater expected yield than in treatment 2	

4 lentelė. Judrijų  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  kiekio armenyje duomenų dispersijaTable 4. Statistical data of mobile  $P_2O_5$  and  $K_2O$  content in the arable layer

Veiksny / Factor	Judrusis $P_2O_5$ / Available $P_2O_5$						Judrusis $K_2O$ / Available $K_2O$					
	I bandymas / 1st trial			II bandymas / 2nd trial			I bandymas / 1st trial			II bandymas / 2nd trial		
	MS	$F_{fakt.} / F_{akt.}$	$R_{05} / LSD_{05}$	MS	$F_{fakt.} / F_{akt.}$	$R_{05} / LSD_{05}$	MS	$F_{fakt.} / F_{akt.}$	$R_{05} / LSD_{05}$	MS	$F_{fakt.} / F_{akt.}$	$R_{05} / LSD_{05}$
Žemės dirbimas / Tillage (A)	14576	5,09**	12,66	4707	7,01**	8,67	290	0,55	7,69	745	1,56	7,31
Tręšimas / Fertilisation (B)	8132	2,84	12,66	46486	69,27**	8,67	980	1,86	7,69	19420	40,65**	7,31
Dirvožemio sluoksnis / Soil layer (C)	820	0,57	8,95	45804	68,25**	6,13	24827	47,01**	5,44	45703	95,66**	5,17
Sąveika / Interaction (A × B)	5686	0,99	18,99	388	0,58	13,00	901	1,71	11,53	340	0,71	10,97
Sąveika / Interaction (A × C)	2791	0,97	17,90	2289	3,41*	12,59	8806	16,67**	10,87	4510	9,44**	10,34
Sąveika / Interaction (B × C)	231	0,08	17,90	4929	7,35**	12,59	1485	2,81	10,87	977	2,05	10,34
Sąveika / Interaction (A × B × C)	2416	0,42	31,01	389	0,58	21,23	602	1,14	18,84	242	0,51	17,91

Pastaba. Šioje bei 7, 9 ir 11 lentelėse \* reiškia, kad duomenys patikimi esant  $P < 0,05$ ; \*\* – duomenys patikimi esant  $P < 0,01$ .

Note: In this and in tables 7, 9 and 11 \* means, that data are significant at  $P < 0,05$ ; \*\* – data are significant at  $P < 0,01$

1 pav. Judrijų  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  kiekis I ir II lauko bandymų armenyje 2007 m., po vasarinių rapsų derliaus nuėmimoFig. 1. Mobile  $P_2O_5$  and  $K_2O$  content in arable layer of the 1st and 2nd field trials in 2007, after spring oil-seed rape harvesting

fosforingumo armuo), nors nuo 1999 m. ir buvo naudojamos visos NPK trąšos, žemės dirbimo paprastinimas sukėlė priešingus rezultatus – 3–17% mažesnę judriojo fosforo koncentraciją 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje ir 5–27% mažesnę 10–20 cm sluoksnyje, palyginus su CT. Tai reiškia, kad žemės dirbimo paprastinimas dirvožemiuose su mažiau judriojo fosforo turi tendenciją dar labiau bloginti šį kokybinį parametą.

Augalų mitybos lygis taip pat lėmė judriojo fosforo kiekio tam tikrus skirtumus. I bandyme visai nebuvo tręšiama P trąšomis, tad didėjant tręšimo tik NK trąšomis lygiui, didėjo derlius, su juo išnešamų medžiagų (ir P) kiekis, todėl dirvožemio judriojo fosforo kiekis po aštuonerių metų tapo mažesnis nei visai netręštuose plotuose. II bandyme buvo tręšiama visomis NPK trąšomis, todėl dirvožemio judriojo fosforo kiekis po aštuonerių metų tapo atitinkamai didesnis nei visai netręštuose plotuose.

Tyrimai parodė, kad RT ir NT lėmė judriojo fosforo sluoksniavimąsi armenyje (5 lentelė). Taigi mūsų duomenys atspindi bei papildo ir kitų tyrėjų rezultatus (Feizienė et al., 2006; Feizienė et al., 2006a; Feizienė et al., 2006b; Holanda et al., 1998; Howard et al., 1999; Yin, Vyn, 2004). Sluoksniavimąsi puikiai nusako santykis *judriojo fosforo kiekis 0–10 cm sluoksnyje / judriojo fosforo*

*kiekis 10–20 cm sluoksnyje*. Analizės ir skaičiavimai parodė, kad jis I bandyme RT sistemoje iš esmės nesiskyrė nuo CT, o taikant NT buvo vidutiniškai 7% didesnis nei CT. II bandyme skirtumai buvo kur kas ryškesni. Šis santykis RT sistemoje buvo vidutiniškai 8%, o NT sistemoje 32% didesnis nei CT sistemoje.

Didesnis sluoksniavimąsi nusakantis fosforo santykis reiškia, kad didesnis judriojo fosforo kiekis yra sutelktas viršutiniame 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje, augalai nespėja jo sunaudoti, o 10–20 cm sluoksnis vis labiau pradeda skursti.

Kaip įvardyti šį reiškinį? Judrusis dirvožemio fosforas – mažai judrus elementas. Vadinasi, minimalizuojant žemės dirbimą yra mažesnis pavojus teršti gruntinius vandenis. Kita vertus, fosforui labiau telkiantis viršutiniame dirvožemio sluoksnyje, iškyla pavojus, jog jis su paviršiniaus (lietaus, sniego tirpimo ir pan.) vandenimis gali greičiau patekti į atvirus vandens telkinius. Tai labai aktualu kalvotuose, vandens erozijai jautriuose regionuose.

Manytume, kad ryškus fosforo sluoksniavimasis armenyje – tai neigiamas reiškinys, iš esmės keičiantis dirvožemio agrocheminę kokybę. Dėl pakitusios P koncentracijos atskiruose dirvožemio sluoksniuose kinta augalų mitybos pobūdis, keičiasi mikroorganizmų terpė ir t. t.

Atsižvelgdami į rudžemio fosforingumo tyrimų rezultatus, nustatėme indeksus pagal Amacher, O'Neill ir Perry schemą (Amacher et al., 2007). Pagal šią schemą I bandymo dirvožemis, nepaisant anksčiau minėtų skirtumų bei pokyčių, kuriuos lemia nevienodos žemės dirbimo–trėšimo sistemos, gauna aukščiausią kokybinį įvertinimą. II bandyme kokybės indeksas mažesnis. Jame, nors augalų mitybos sąlygos (pagal judriojo fosforo koncentraciją) ir palankios, tačiau ne maksimaliai geriausios. Be to, šiame bandyme, kaip jau aptarta, yra didesnė esminių pokyčių rizika (6 lentelė).

**Kalis.** Lietuvos dirvose judriojo kalio yra daugiau nei judriojo fosforo. Kalis yra normalaus ir sveiko augalo veiksnys, kurio negalima pakeisti kitais elementais. Augalų fiziologijoje jis yra vienas reikšmingiausių katijonų, esantis ne tik augalo audiniuose, bet ir turintis įtakos fiziologinėms ir biocheminėms funkcijoms (Lietuvos..., 1998).

Judriojo kalio, kaip ir fosforo, statusas I ir II bandymuose labai skyrėsi (1 pav., 4 lentelė). Abiejuose bandymuose susi-

formavo ilgamečio kasmet besikartojančių tokių pačių žemės dirbimo–trėšimo sistemų taikymo nulemtas dirvožemio kalingumas. Abiejuose bandymuose CT ir RT taikymas leido susiformuoti iš esmės panašiai kalio koncentracijai tiek 0–10 cm, tiek 10–20 cm sluoksniuose. Tačiau NT taikymas I bandyme (didelio kalingumo dirvožemis) turėjo įtakos vidutiniškai 15% didesnei, o II bandyme (vidutinio kalingumo dirvožemis) vidutiniškai 21% didesnei koncentracijai 0–10 cm sluoksnyje, nei CT tame pačiame sluoksnyje, ir atitinkamuose bandymuose 13 bei 12% mažesnei koncentracijai 10–20 cm sluoksnyje. Preliminariai galima teigti, kad NT taikymas iš dalies apriboja judriojo kalio migraciją į gilesnius dirvožemio sluoksnius.

RT ir NT lėmė judriojo kalio sluoksniavimąsi (5 lentelė). Šį reiškinį iliustruoja santykis *judriojo kalio kiekis 0–10 cm sluoksnyje / judriojo kalio kiekis 10–20 cm sluoksnyje*. Jis I bandyme RT sistemoje buvo vidutiniškai 6%, o NT sistemoje vidutiniškai 45% didesnis nei CT. II bandyme šis santykis CT ir RT sistemose iš esmės nesiskyrė, o NT sistemoje buvo 28%

5 lentelė. Sluoksniavimąsi nusakantis santykis judriojo fosforo (arba kalio) kiekis 0–10 cm sluoksnyje / judriojo fosforo (arba kalio) kiekis 10–20 cm sluoksnyje  
Table 5. Stratification describing the ratio of available phosphorus (or potassium) content in 0–10 cm soil depth / vilable phosphorus (or potassium) content in 10–20 cm soil depth

	Žemdirbystės sistemos / Soil management systems								
	T-1	T-2	T-3	S-1	S-2	S-3	M-1	M-2	M-3
Judrusis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>									
I bandymas / 1st trial	1,05	0,97	1,04	1,03	0,92	0,99	1,07	1,16	1,05
Vid. / Mean	1,02			0,98			1,09		
II bandymas / 2nd trial	1,08	1,30	1,22	1,10	1,47	1,30	1,28	1,66	1,81
Vid. / Mean	1,20			1,29			1,58		
Judrusis K <sub>2</sub> O / Available K <sub>2</sub> O									
I bandymas / 1st trial	1,06	1,00	1,14	1,07	1,15	1,15	1,29	1,58	1,74
Vid. / Mean	1,06			1,12			1,54		
II bandymas / 2nd trial	1,21	1,39	1,17	1,16	1,21	1,27	1,56	1,70	1,58
Vid. / Mean	1,26			1,21			1,61		

6 lentelė. Glėjiškojo rudžemio armens kokybės indeksų nustatymas pagal faktinius agrocheminių savybių po vasarinių rapsų derliaus nuėmimo 2007 m. duomenis  
Table 6. *Gleyic Cambisol* quality index determination according to data of actual arable layer agrochemical properties after spring oil-seed rape harvesting in 2007

Žemdirbystės sistemos / Soil management systems	Dirvožemio sluoksnis / Soil depth (cm)	Judrusis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Judrusis K <sub>2</sub> O / Available K <sub>2</sub> O		Humusas / Humus		Suminė C / Total C		Suminis N / Total N		Suminė S / Total S		pH <sub>KCl</sub>		
		bandymai														
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		I	II
CT-1	0–10	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	
	10–20	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	
CT-2	0–10	2	2	1	2	0	0	1	0	1	0	1	1	2	2	
	10–20	2	1	2	1	0	0	1	0	1	0	1	0	2	2	
CT-3	0–10	1	2	2	1	0	0	1	0	1	0	1	0	2	2	
	10–20	1	2	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	
RT-1	0–10	2	1	2	1	1	0	1	0	1	0	1	0	2	2	
	10–20	2	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	2	2	
RT-2	0–10	2	2	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	2	2	
	10–20	2	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	2	2	
RT-3	0–10	2	2	2	2	1	0	1	0	1	0	1	1	2	2	
	10–20	2	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	2	2	
NT-1	0–10	2	1	2	1	1	0	1	0	1	0	1	1	2	2	
	10–20	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	
NT-2	0–10	2	2	2	2	1	0	1	0	1	0	1	1	2	2	
	10–20	2	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	2	2	
NT-3	0–10	2	2	2	2	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	

didesnis nei CT sistemoje ir 33% didesnis nei RT sistemoje. Didesnis sluoksniavimasis nusakantis kalio santykis reiškia, kad didesnis judriojo kalio kiekis yra sutelktas viršutiniame 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje, augalai nespėja jo sunaudoti, o 10–20 cm sluoksnis vis labiau pradeda skursti.

Kalio normos (vidutinės ir padidintos) I bandyme visus aštuonerius tyrimo metus nebuvo didelės, tad dirvožemio kalingumo pokyčiams esminės įtakos neturėjo. II bandyme tręšimo kalio trąšomis normų didinimas lėmė atitinkamai ir statistškai patikimai didesnę dirvožemio kalingumą po aštuonerių metų, palyginus su netręštais plotais.

Kaip įvardyti kalio sluoksniavimasis? Judrusis dirvožemio kalis – mobilus elementas. Vadinasi, minimalizuojant žemės dirbimą yra mažesnis pavojus teršti gruntinius vandenius. Tačiau kaliui, kaip ir fosforui, labiau telkiantis viršutiniame dirvožemio sluoksnyje iškyla pavojus, jog jis su paviršniais (lietaus, sniego tirpimo ir pan.) vandenimis gali greičiau patekti į atvirus vandens telkinius. Tai taip pat labai aktualu kalvotuose, vandens erozijai jautriuose regionuose.

Manytume, kad ryškus kalio, kaip ir fosforo, sluoksniavimasis – tai neigiamas reiškinys, iš esmės keičiantis dirvožemio agrocheminę kokybę. Dėl pakitusios K koncentracijos atskiruose dirvožemio sluoksniuose kinta augalų mitybos pobūdis, keičiasi mikroorganizmų terpė, dėl ženkliai sumažėjusios kalio koncentracijos galimi nepageidaujami dirvožemio sorbcinio komplekso pokyčiai.

Pagal Amacher, O'Neill ir Perry schemą (Amacher et al., 2007) I bandymo dirvožemis, nepaisant anksčiau minėtų skirtumų bei pokyčių, kuriuos lemia nevienodos žemės dirbimo–tręšimo sistemos, gauna aukščiausią kokybinį įvertinimą. II bandyme kokybės indeksas mažesnis. Jame, nors augalų mitybos sąlygos (pagal judriojo kalio koncentraciją) ir palankios, tačiau ne maksimaliai geriausios. Be to, šiame bandyme, kaip jau aptarta, yra didesnė esminių pokyčių rizika (6 lentelė).

Vidutiniais tyrimo duomenimis, didelio kalingumo dirvožemyje visos žemės dirbimo–tręšimo sistemos laiduoja geriausią šio parametro indeksą, tačiau vidutiniškai kalingame dirvožemyje geresnį indeksą lemia NT.

**Humusas ir organinė C.** Vienas svarbiausių dirvožemio rodiklių – humusas. Jame yra sukauptos didelės maisto medžiagų atsargos. Didesnis humuso kiekis gerina dirvožemio fizikines savybes bei struktūrą, rodo didelį dirvožemio buferiškumą, plačią biologinę įvairovę bei gerą struktūrą. Tačiau dirvožemiai, kurių viršutiniame sluoksnyje organinės ang-

lies kiekis mažesnis nei 1%, yra priskiriami degradavusių dirvožemių kategorijai.

Vidutinis I bandymo humusingumas buvo 2,00%, II bandymo tik 1,55% (2 pav., 7 lentelė). Vadinasi, pastarojo bandymo dirvožemis turi degradavimo požymių, kadangi humuso kiekis yra mažesnis už pateiktą nuorodą ( $1\% C \times 1,724 = 1,724\%$  humuso ir  $1,55\% < 1,724\%$ ).

Per aštuonerius metus tyrimų poligone, skirtingose žemės dirbimo sistemose susiformavo nevienodo humusingumo viršutinis (0–10 cm) armens sluoksnis. Abiejuose bandymuose šiame sluoksnyje iš esmės didžiausias humusingumas nustatytas NT sistemoje. I bandyme vidutinis humuso kiekis CT sistemoje buvo 1,87%, RT 2,02% ir NT 2,15%. II bandyme – atitinkamai 1,51; 1,55 ir 1,70%. Humuso kiekio skirtumai 10–20 cm sluoksnyje skirtingose žemės dirbimo sistemose – neesminiai.

Abiejuose bandymuose, didėjant tręšimo lygiui, nuosekliai padidėjo ir dirvožemio humusingumas (2 pav.). Tikėtina, kad augalai, gaudami geresnį maitinimą, po derliaus nuėmimo lauke palikdavo daugiau organinių liekanų (šaknys, ražienos), kurios irdamos tapo humuso gausėjimo šaltiniu.

Mūsų duomenys siejasi su daugelio kitų tyrėjų darbais, kuriuose konstatuojama ryški NT sistemos įtaka dirvožemio organinės C sluoksniavimuisi ir jos kaupimuisi dirvos paviršiuje (McGechan et al., 2005; Rasmussen, 1999; Šlepėtienė, Šlepėtys, 2005; Tebrügge, Düring, 1999). I bandyme ilgametis NT taikymas lėmė 13%, o II bandyme 8% didesnę santykį *Humusas 0–10 cm sluoksnyje / Humusas 10–20 cm sluoksnyje* nei CT sistemoje (8 lentelė).

Pagal Amacher, O'Neill ir Perry schemą geresnė kokybė pagal organinės C (arba humuso) kiekį pasižymėjo rudžemis tik I bandymo RT ir NT sistemose (6 lentelė). Nors žemės dirbimą minimalizuojant gresia armens rūgštėjimas, humusingumas esti didesnis nei taikant CT ar RT. Kadangi humusas svarbus augalams ir bioįvairovės gerinimui, jo kiekio padidėjimas yra vertinamas kaip dirvožemio kokybės gerėjimas.

**Suminė C.** Dirvožemio organinė medžiaga (OM) – skirtingo suirimo laipsnio augalinės ir gyvulinės kilmės liekanos, kurių sudėtyje aptinkamas cheminis elementas – anglis. Gyvi makroorganizmai, gyvenantys dirvožemyje, dažniausiai nepriskiriami prie dirvožemio OM.

Suminės C kiekis nebūtinai koreliuoja su organinės C kiekiu. Vis dėlto mūsų bandymuose buvo nustatytos labai panašios tendencijos, kaip ir humuso (organinės C) pokyčiuose (2 pav., 7 lentelė). Aukštesnis tręšimo lygis abiejuose bandymuose lėmė

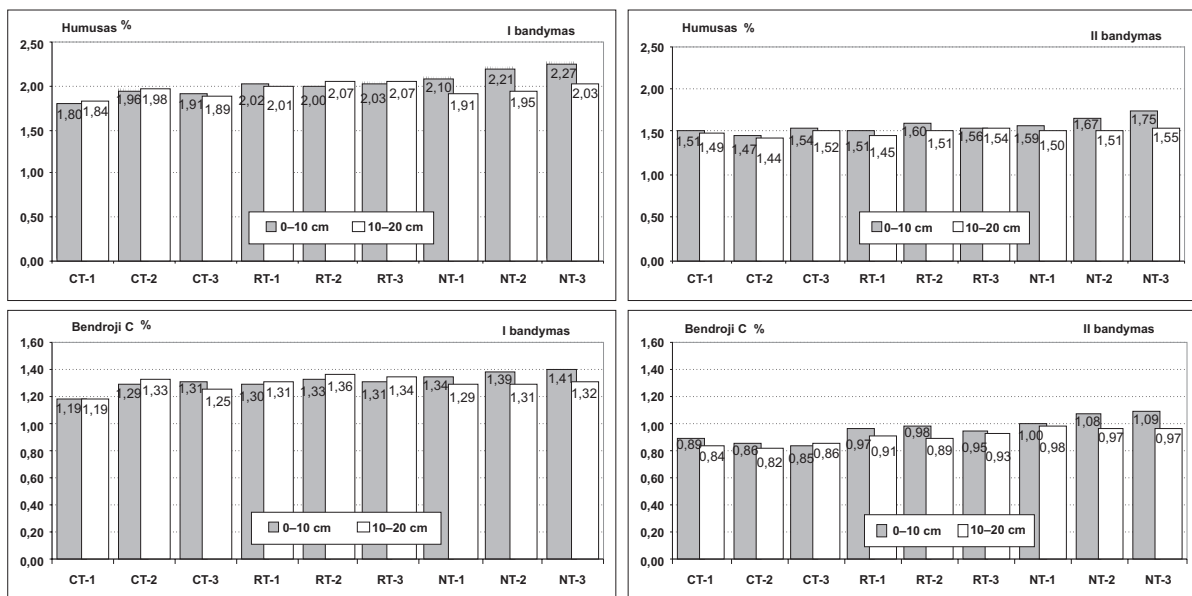
7 lentelė. Humuso ir suminės C kiekio armenyje duomenų dispersija

Table 7. Statistical data on humus and total C findings in the arable layer

Veiksny / Factor	Humusas / Humus						Suminė / Total C					
	I bandymas / 1st trial			II bandymas / 2nd trial			I bandymas / 1st trial			II bandymas / 2nd trial		
	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>act.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>act.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>act.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>act.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>
Žemės dirbimas / Tillage (A)	0,213	19,13**	0,035	0,061	4,79*	0,038	0,044	15,49**	0,018	0,054	13,61**	0,020
Tręšimas / Fertilisation (B)	0,059	5,28**	0,035	0,028	2,19	0,038	0,029	10,27**	0,018	0,030	11,36**	0,098
Dirvožemio sluoksnis / Soil layer (C)	0,070	6,25*	0,025	0,107	8,39**	0,027	0,008	2,84	0,013	0,010	2,85	0,019
Sąveika / Interaction (A × B)	0,017	1,53	0,053	0,010	0,81	0,057	0,005	1,74	0,027	0,005	1,84	0,027
Sąveika / Interaction (A × C)	0,125	11,18**	0,050	0,025	1,92	0,054	0,016	5,56**	0,025	0,014	6,56**	0,031
Sąveika / Interaction (B × C)	0,001	0,08	0,050	0,002	0,18	0,054	0,002	0,70	0,025	0,002	0,95	0,026
Sąveika / Interaction (A × B × C)	0,003	0,3	0,090	0,003	0,27	0,090	0,002	0,69	0,040	0,002	0,69	0,060

8 lentelė. Sluoksniavimasi nusakantis santykis humuso (arba suminės C) kiekis 0–10 cm sluoksnyje / humuso (arba bendrosios C) kiekis 10–20 cm sluoksnyje  
Table 8. Stratification describing the ratio of humus (or total C) content in 0–10 cm soil depth / humus (or total C) content in 10–20 cm soil depth

	Žemdirbystės sistemos / Soil management systems								
	T-1	T-2	T-3	S-1	S-2	S-3	M-1	M-2	M-3
Humusas / Humus									
I bandymas / 1st trial	0,98	0,99	1,01	1,01	0,97	0,99	1,11	1,14	1,12
Vid. / Mean	0,99			0,99			1,12		
II bandymas / 2nd trial	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,01	1,06	1,11	1,13
Vid. / Mean	1,02			1,04			1,10		
Bendroji C / Total C									
I bandymas / 1st trial	1,00	0,97	1,13	0,99	0,98	0,98	1,05	1,07	1,07
Vid. / Mean	1,03			0,98			1,06		
II bandymas / 2nd trial	1,06	1,05	0,99	1,07	1,10	1,02	1,02	1,11	1,13
Vid. / Mean	1,03			1,06			1,09		



2 pav. Humuso ir suminės C kiekis I ir II lauko bandymų armenyje 2007 m., po vasarinių rapsų derliaus nuėmimo  
Fig. 2. Content of humus and total C in the arable layer of the 1st and 2nd field trials in 2007, after spring oil-seed rape harvesting

nežymiai (tačiau statistiškai patikimai) didesnę bendrosios anglies kiekį dirvožemyje.

Pagrindinio žemės dirbimo minimalizavimas ir jo atsisakymas (RT ir NT) turėjo labai teigiamą įtaką bendrosios C kiekiui dirvožemyje. Devintaisiais skirtingų žemės dirbimo-tręšimo sistemų taikymo metais I bandyme, 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje bendrosios C kiekis RT sistemoje buvo vidutiniškai 12%, o NT sistemoje 14% didesnis, o 10–20 cm sluoksnyje atitinkamai 8 ir 9% didesnis nei CT sistemoje. II bandyme 0–10 cm dirvožemio sluoksnyje bendrosios C kiekis RT sistemoje buvo vidutiniškai 6%, NT sistemoje 16% didesnis nei CT sistemoje, o 10–20 cm sluoksnyje visose žemės dirbimo sistemose iš esmės nesiskyrė.

Bendrosios anglies sluoksniavimasis taip pat buvo pastebimas, tačiau jis nebuvo toks ryškus, kaip humuso (8 lentelė). Vis dėlto NT sistemoje santykis *Suminė C 0–10 cm / Suminė C 10–20 cm sluoksnyje* I bandyme buvo vidutiniškai 8%, o II bandyme 6% didesnis nei CT ir RT sistemose.

Bandymų dirvožemio kokybės vertinimas pagal suminės C rodiklį pateikė skirtingus rezultatus (6 lentelė). C kiekis nei I, nei II bandymo dirvožemyje nebuvo pakankamas, kad užti-

krintų nepriekaištingą „augalų maisto medžiagų fabriko“ veiklą. Suminės C kiekis, kaip šaltinis, kuriam transformuojantis dirvožemis nuosekliai papildomas augalų maisto medžiagomis, I bandyme ir ypač II bandyme nebuvo pakankamas. Todėl dirvožemio kokybė pagal suminės C rodiklį atitiko tik vidutinį indeksą.

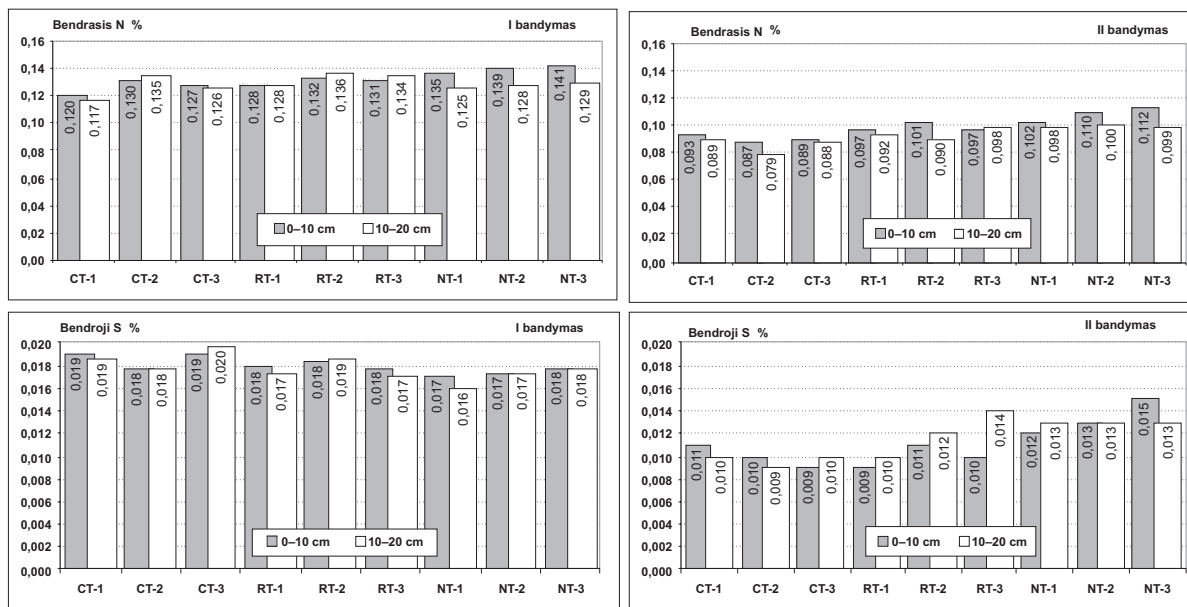
**Suminis N.** Azotas – vienas svarbiausių elementų gamtoje. Daugelis tyrėjų teigia, kad suminio azoto kiekis dirvožemyje – mažai kintantis dydis (Halvorson et al., 2001; Kaye et al., 2002; Kaye et al., 2003; Liu, 1995). Tačiau yra nuorodų ir į tai, kad suminio azoto kiekį dirvožemyje gali smarkiai veikti drėgmė, metų laikas, A<sub>1</sub> horizonte suminio N kiekis vasarį gali būti 0,12, kovą 0,61, o gegužę 0,03% (Mubyana et al., 2003). Dar kiti tyrėjai nurodo, kad suminis N nėra absoliučiai nekintantis dydis, o jo pokyčiai galimi dėl dirvožemio kvėpavimo (biocheminių–biofizikinių procesų komplekso) intensyvumo (Bowden et al., 2004).

Azoto kiekis aštuonerius metus skirtingai dirbtuose lauku dirvožemiuose iš esmės skyrėsi (3 pav., 9 lentelė). I bandyme jo kiekis dirvožemio 0–10 cm sluoksnyje RT sistemoje buvo vidutiniškai 7% didesnis, o NT sistemoje 11% didesnis nei CT sistemoje. 10–20 cm sluoksnyje skirtumai nebuvo tokie ryškūs.

9 lentelė. Suminių N ir S kiekio armenyje duomenų dispersija

Table 9. Statistical data on total N and S findings in the arable layer

Veiksny / Factor	Suminė N / Total N						Suminė S / Total S					
	I bandymas / 1st trial			II bandymas / 2nd trial			I bandymas / 1st trial			II bandymas / 2nd trial		
	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>akt.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>akt.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>akt.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>akt.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>
Žemės dirbimas / Tillage (A)	0,0003	13,95**	0,002	0,0005	6,32**	0,003	0,000013	5,47**	0,001	0,000013	4,65**	0,001
Tręšimas / Fertilisation (B)	0,0004	15,87**	0,002	0,0003	4,41*	0,003	0,000001	0,53	0,001	0,000001	0,63	0,001
Dirvožemio sluoksnis / Soil layer (C)	0,0001	5,92*	0,001	0,0004	5,83*	0,002	0,000001	0,27	0,001	0,000001	0,37	0,001
Sąveika / Interaction (A × B)	0,0001	2,60*	0,002	0,0002	2,19	0,004	0,000005	2,27	0,001	0,000005	2,37	0,001
Sąveika / Interaction (A × C)	0,0003	13,37**	0,002	0,0001	1,25	0,004	0,000000	0,17	0,001	0,000000	0,17	0,001
Sąveika / Interaction (B × C)	0,0000	0,89	0,002	0,0000	0,23	0,004	0,000001	0,46	0,001	0,000001	0,56	0,001
Sąveika / Interaction (A × B × C)	0,0000	0,51	0,015	0,0000	0,52	0,010	0,000000	0,17	0,001	0,000000	0,32	0,001



3 pav. Suminių N ir S kiekis I ir II lauko bandymų armenyje 2007 m., po rapsų derliaus nuėmimo

Fig. 3. Total N and S content in the arable layer of the 1st and 2nd field trials in 2007 after spring oil-seed rape harvesting

II bandyme azoto kiekis dirvožemio 0–10 cm sluoksnyje RT sistemoje iš esmės nesiskyrė nuo kiekio CT sistemoje, o NT sistemoje buvo 12% didesnis nei CT sistemoje. 10–20 cm sluoksnyje skirtumai nebuvo esminiai.

Azoto kiekis priklausė nuo tręšimo lygio. Aštuonerius metus skirtingai tręštuose laukuose dirvožemio N kiekis nuosekliai didėjo, didėjant tręšimo lygiui. 0–10 cm sluoksnyje daugiausia N nustatyta: I bandyme NT sistemos maksimaliai tręštame lauke, o II bandyme CT bei RT sistemų vidutiniškai tręštame lauke.

Azoto kiekis priklauso nuo dirvožemio humusingumo. Todėl ir šio dirvožemio cheminio parametro analizė parodė azoto sluoksniavimosi rezultatus (10 lentelė). Vis dėlto, sluoksniavimasis išryškėjo labiau tik I bandyme, kuriame NT sistemoje santykis *Suminis N 0–10 cm sluoksnyje / Suminis N 10–20 cm sluoksnyje* buvo didesnis nei CT ir RT sistemose.

Faktinė suminio N koncentracija I bandymo dirvožemiuose kito nuo 0,117 iki 0,143%, o II bandymo dirvožemiuose – tik nuo 0,096 iki 0,114%. Tad pagal Amacher, O'Neill ir Perry schemą geresne kokybe pagal suminės N kiekį pasižymėjo dirvožemis tik I bandyme (6 lentelė). II dirvožemyje azoto kiekis nebuvo pakankamas. Vadinas, ir kokybė prastesnė.

**Suminė S.** Svarbiausias sieros šaltinis yra dirvadarinės uolienos, atmosfera ir mineralinės trąšos. Ji fiziologiškai labai aktyvi. Augalams siera gyvybiškai svarbus elementas, pagal reikšmę mityboje esantis greta azoto (Lietuvos..., 1998).

I bandyme tik žemės dirbimas turėjo įtakos armens sieringumo pokyčiams per aštuonerius metus. Didžiausias jos kiekis susidarė CT sistemoje. RT sistemoje S kiekis buvo vidutiniškai 9%, o NT sistemoje 5% mažesnis nei CT sistemoje (3 pav., 9 lentelė). Tręšimo išskirtinė reikšmė dirvožemio sieros kiekiui neišryškėjo. Sieros sluoksniavimasis abiejuose bandymuose dirvožemio 0–20 cm sluoksnyje buvo nežymus ir nedėsningas (10 lentelė).

I bandyme dirvožemio bendrosios S kiekis kito vidutiniškai nuo 0,017 iki 0,020%. II bandyme – nuo 0,010 iki 0,013%. Literatūroje teigiama, kad judriosios S kiekis sudaro 10–20% nuo bendrosios S kiekio (Lietuvos..., 1998). Trąšų poreikis atsiranda, kai dirvožemyje judriosios S esti < 17 mg kg<sup>-1</sup> (t.y. apie 0,012%, arba 100 mg kg<sup>-1</sup> bendrosios S).

Atsižvelgiant į tai ir į Amacher, O'Neill ir Perry schemą, I bandyme S kiekis augalų mitybai esti pakankamas, todėl gali būti įvertintas indeksu „1“ (6 lentelė). II bandyme bendrosios S kiekis yra nepakankamas, jau juntamas šio elemento poreikis, todėl indeksas tegali būti „0“.



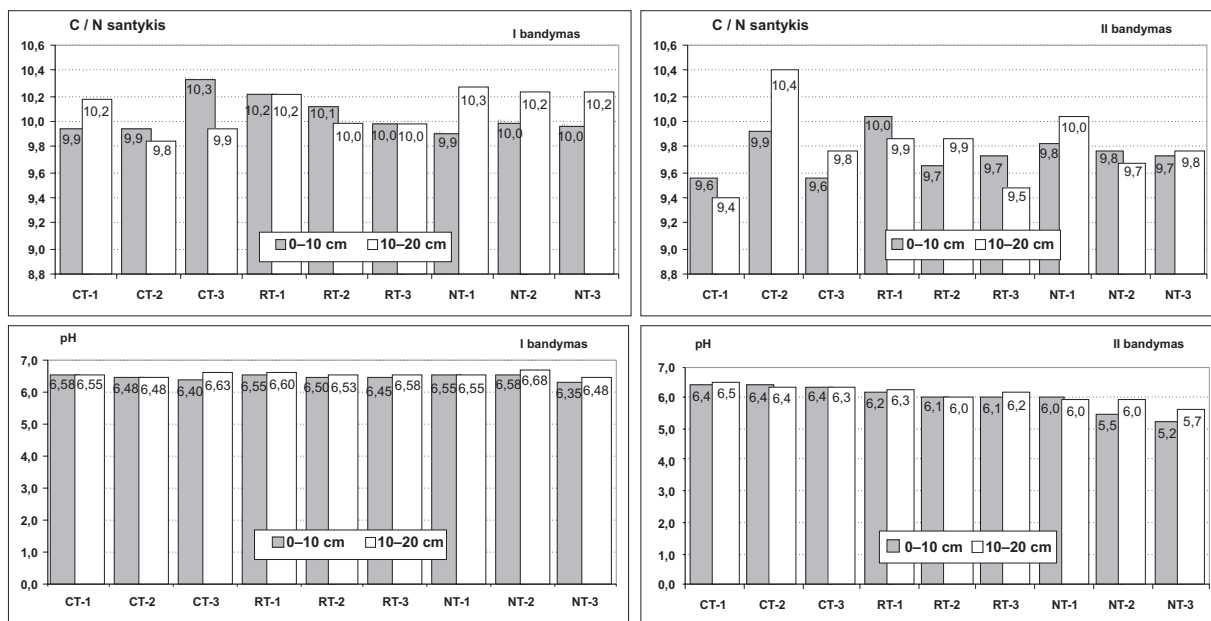
10 lentelė. Sluoksniavimasi nusakantis santykis bendrasis N (arba bendroji S) 0–10 cm sluoksnyje / bendrasis N (arba bendroji S) 10–20 cm sluoksnyje  
Table 10. Stratification describing the ratio of total N (or total S) content in 0–10 cm soil depth / total N (or total S) content in 10–20 cm soil depth

	Žemdirbystės sistemos / Soil management systems								
	T-1	T-2	T-3	S-1	S-2	S-3	M-1	M-2	M-3
Bendrasis N / Total N									
I bandymas / 1st trial	1,02	0,96	1,01	1,00	0,97	0,98	1,08	1,09	1,10
Vid. / Mean	1,00			0,98			1,09		
II bandymas / 2nd trial	1,04	1,10	1,01	1,05	1,12	0,99	1,04	1,10	1,13
Vid. / Mean	1,05			1,05			1,09		
Bendroji S / Total S									
I bandymas / 1st trial	1,02	1,00	0,97	1,04	0,99	1,04	1,07	1,00	1,00
Vid. / Mean	1,00			1,02			1,02		
II bandymas / 2nd trial	1,10	1,11	0,90	0,90	0,92	0,71	0,92	1,00	1,15
Vid. / Mean	1,04			0,84			1,02		

C/N santykis. Suminės C kiekis nebūtinai koreliuoja su organinės C kiekiu. Geriausiai organinės medžiagos irimo intensyvumą nusako C : N. Kuo organinė medžiaga turi didesnę C su N santykį, tuo ilgiau ji pūva dirvožemyje. Norint paspartinti organinės medžiagos irimą, paprastai papildomai yra įterpiama azoto. Nurodoma, kad lėtas organinės medžiagos irimas esti tada, kai C : N yra 30 : 1 ir didesnis. Abiejų mūsų bandymų ar-

menyje šis santykis buvo nedidelis ir kito nuo 9,5 iki 10,8, t. y. organinė medžiaga iro pakankamai intensyviai (4 pav., 11 lentelė). Skirtingo žemės dirbimo sistemos ir skirtingas tręšimas iš esmės vienodai veikė šį santykį.

Armens pH priklauso nuo dirvožemio genetinio tipo, granulimetrinės sudėties, humuso kiekio. Agroekosistemose rūgš-tėjimą skatina abiotiniai ir antropogeniniai veiksniai; rūgštūs



4 pav. Santykis C : N bei pH I ir II lauko bandymų armenyje 2007 m., po vasarinių rapsų derliaus nuėmimo

Fig. 4. C : N ratio and pH in arable layer of the 1st and 2nd field trials in 2007 after spring oil-seed rape harvesting

11 lentelė. Santykio C : N ir pH armenyje duomenų dispersija

Table 11. Statistical data of C : N ratio and pH findings in the arable layer

Veiksny / Factor	Santykis / C : N ratio						pH					
	I bandymas / 1st trial			II bandymas / 2nd trial			I bandymas / 1st trial			II bandymas / 2nd trial		
	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>oct.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>oct.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>oct.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	MS	F <sub>fakt.</sub> / F <sub>oct.</sub>	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>
Žemės dirbimas / Tillage (A)	0,032	0,31	0,10	0,042	0,32	0,11	0,002	0,07	0,055	2,874	35,8**	0,095
Tręšimas / Fertilisation (B)	0,044	0,43	0,10	0,054	0,45	0,11	0,044	1,62	0,055	0,429	5,34**	0,095
Dirvožemio sluoksnis / Soil layer (C)	0,060	0,58	0,07	0,062	0,58	0,07	0,087	3,21	0,039	0,222	2,77	0,067
Sąveika / Interaction (A × B)	0,082	0,79	0,16	0,072	0,80	0,16	0,037	1,38	0,083	0,138	1,71	0,142
Sąveika / Interaction (A × C)	0,226	2,19	0,15	0,236	2,08	0,17	0,000	0,01	0,078	0,164	2,05	0,134
Sąveika / Interaction (B × C)	0,117	1,14	0,15	0,127	1,21	0,17	0,037	1,38	0,078	0,050	0,62	0,134
Sąveika / Interaction (A × B × C)	0,051	0,50	0,15	0,081	0,80	0,22	0,007	0,27	0,130	0,087	1,09	0,230

krituliai, agrotechnika, tręšimas fiziologiškai rūgščiomis mineralinėmis trąšomis, Ca, Mg ir kitų elementų išsiplovimas bei praradimas per derlių.

Per aštuonerius metus skirtingose žemės dirbimo–tręšimo sistemose susidarė nevienodas dirvožemio pH (4 pav., 11 lentelė). I bandyme (sąlyginai mitybos elementai ir humuso turtingas dirvožemis) žemės dirbimas pH neveikė. Tačiau ilgametis gausus tręšimas (padidintos normos) rūgščiomis azoto trąšomis lėmė statistiškai patikimai mažesnę dirvožemio pH reikšmę, nei mineralinių trąšų nenaudojant. II bandyme (sąlyginai mitybos elementų ir humuso vidutiniškai turtingas dirvožemis) RT sistemoje pH buvo vidutiniškai 5% mažesnis 0–10 cm sluoksnyje ir 4% mažesnis 10–20 cm sluoksnyje nei CT sistemoje. NT sistemoje pH buvo atitinkamai vidutiniškai 12 ir 8% mažesnis nei CT sistemoje. Tiek vidutinis, tiek gausus tręšimas azoto trąšomis šiame bandyme lėmė statistiškai patikimai mažesnę dirvožemio pH reikšmę, nei mineralinių trąšų visai nenaudojant.

Šiame tyrime nustatėme dirvožemio rūgštumo sluoksniavimąsi. Iš esmės tai ne naujas reiškinys. Jį plačiai aprašė daugelis užsienio tyrėjų, kartu analizuodami pagrindinių augalų mitybos elementų (azoto, fosforo, kalio) bei dirvožemio organinės medžiagos (organinės bei bendrosios anglies) sluoksniavimosi priežastis ir pobūdį (Evans et al., 1998).

Mūsų duomenys iš esmės koreliuoja su kitų tyrėjų tyrimų rezultatais. RT ir NT taikymas lėmė pH sluoksniavimąsi (12 lentelė). Šį reiškinį gerai nusako santykis  $pH_{0-10\text{ cm sluoksnyje}} / pH_{10-20\text{ cm sluoksnyje}}$ . Šis santykis I bandyme visose žemės dirbimo–tręšimo sistemose iš esmės nesiskyrė, tačiau II bandyme NT sistemoje jis buvo vidutiniškai 5% mažesnis nei CT ir RT sistemose. Tai nusako tiesioginės sėjos ilgamečio taikymo laukuose galimą lėtą rūgštėjimo procesą.

I bandymo armuo, nepaisant minėtų skirtumų bei pokyčių, kuriuos lemia nevienodos žemės dirbimo–tręšimo sistemos, gauna aukščiausią kokybinį įvertinimą. II bandyme tik NT sistemoje kokybės indeksas mažesnis. Jame, kaip jau aptarta, yra didesnė esminių pokyčių rizika (6 lentelė).

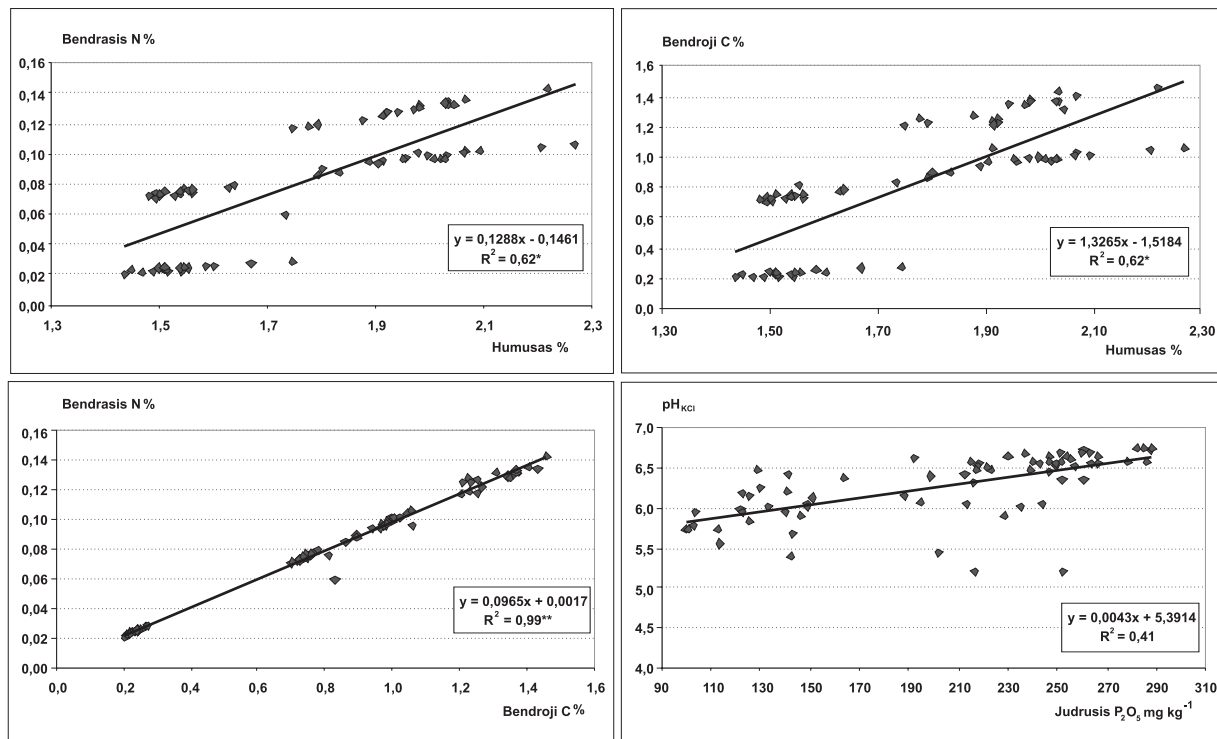
Vis dėlto, nors tyrimo rezultatai nėra itin kontrastiški ar kontraversiški, mūsų pastabos tinka ir galbūt galėtų praversti aiškinant dirvožemio natūralizacijos procesus bei prognozuojant tendencijas. Be to, netgi tokių faktų pateikimas padėtų nustatant ir pasirenkant dirvožemio naudojimo kryptis ir intensyvumą.

**Glėjiškojo rudžemio armens agrocheminių parametų porinės koreliacijos.** Armens agrocheminių parametų poriniai ryšiai parodė, kad kintant vienam parametrai neišvengiamai kinta ir antrasis parametras (5 pav.).

12 lentelė. Sluoksniavimąsi nusakantis santykis  $pH_{0-10\text{ cm sluoksnyje}} / pH_{10-20\text{ cm sluoksnyje}}$

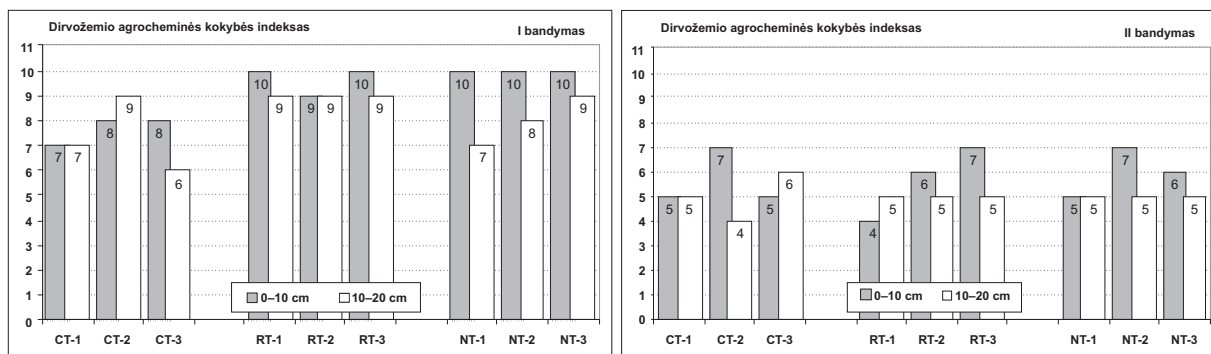
Table 12. Stratification describing the ratio of pH in 0–10 cm soil depth / pH in 10–20 cm soil depth

	Žemdirbystės sistemos / Soil management systems								
	T-1	T-2	T-3	S-1	S-2	S-3	M-1	M-2	M-3
I bandymas / 1st trial	1,00	1,00	0,97	0,99	1,00	0,98	1,00	0,99	0,98
Vid. / Mean	0,99			0,99			0,99		
II bandymas / 2nd trial	0,99	1,01	1,01	0,99	1,00	0,98	1,01	0,92	0,92
Vid. / Mean	1,00			0,99			0,95		



5 pav. Koreliacijos tarp dirvožemio skirtingų agrocheminių parametų (I ir II bandymų vidutiniai duomenys)

Fig. 5. Correlation between different agrochemical parameters (mean data for the 1st and the 2nd trial)



6 pav. Glėjiško rudžemio armens agrocheminės kokybės indeksas skirtingose žemdirbystės sistemose, 2007 m.

Fig. 6. Agrochemical soil quality index of *Gleyic Cambisol* arable layer under different soil management systems, 2007

Kaip teigiama daugelyje teorinių studijų bei mokslinių darbų, mūsų bandymų duomenys taip pat patvirtino esminę koreliaciją tarp dirvožemio humuso ir bendrojo azoto ( $R_{05} = 0,62^*$ ); didėjant humusingumui nuosekliai didėjo ir azoto kiekis.

Nors teigiama, kad organinė anglis (= humusas / 1,724) nebūtinai turi koreliuoti su bendrąja anglimi, mūsų bandymuose minėtas ryšys buvo esminis ( $R_{05} = 0,62^*$ ).

Labai stipri koreliacija buvo nustatyta tarp bendrojo N ir bendrosios C ( $R_{05} = 0,99^*$ ). Tai byloja apie gerą organinių medžiagų situaciją tiek vidutinio sunkumo priemoliuose (I bandymas), tiek smėlinguose lengvuose priemoliuose (II bandymas).

Koreliacija tarp dirvožemio  $pH_{KCl}$  ir judriųjų fosforo ar kalio buvo nestipri, vertinant pagal tikimybės lygį,  $< už 0,05$ .

Kiti skirtingų parametų priklausomybės ryšiai, vertinant porinės koreliacijos metodu, buvo neesminiai nei esant tikimybės lygiui  $< už 0,05$ , nei esant jam  $< už 0,01$ .

**Glėjiškojo rudžemio armens agrocheminė kokybė.** Skirtingų armens agrocheminių parametų indeksų suma išryškino skirtingų ilgalaikių žemės dirbimo ir tręšimo sistemų įtaką bendrai armens agrocheminei kokybei (6 pav.).

Aukščiausias galimas (pagal mūsų bandymuose tirtų agrocheminių savybių rodiklius) agrocheminės kokybės indeksas buvo 14. Vis dėlto vertinimas parodė, kad net makroelementų (PK) turtingame ir vidutinio humusingumo I bandymo armenyje indeksas yra mažesnis – 0–20 cm sluoksnyje vidutiniškai 9. II bandymo (makroelementų (PK) vidutiniškai turtingas ir mažo humusingumo) armens agrocheminės kokybės indeksas tesiekė 5. Tai reiškia, kad dirvožemio kokybė potencialiai dar gali gerėti.

Suminis atskirų dirvožemio agrocheminių savybių vertinimas atskleidė, kad 0–10 cm sluoksnyje RT ir NT I bandyme lėmė geresnę kokybę (vidutinis indeksas 10) nei CT (vidutinis indeksas 8). II bandyme dirvožemio agrocheminės kokybės suminis indeksas iš esmės nesiskyrė visose žemės dirbimo sistemose ir siekė 6. 10–20 cm sluoksnyje I bandyme buvo geresnė RT sistemoje (9) nei CT ar NT (atitinkamai 7 ir 8), o II bandyme nesiskyrė visose žemės dirbimo sistemose ir buvo 5.

Vertinant visas devynias tirtas žemės dirbimo–tręšimo sistemas, nustatyta, kad per aštuonerius šių sistemų taikymo metus I bandyme geriausia dirvožemio 0–20 cm sluoksnyje agrocheminė kokybė pasižymėjo plotai, kuriuose taikyta RT-1, RT-3 bei NT-3, o II bandyme labai panaši kokybė nustatyta visose žemės dirbimo sistemose su vidutiniu arba padidintu tręšimu.

## IŠVADOS

1. Žemės dirbimo supaprastinimas arba jo atsisakymas ir tiesioginė sėjos taikymas aštuonerius metus lėmė judriųjų fosforo, kalio, pH, humuso bei bendrosios anglies sluoksniavimąsi armenyje.

2. Makroelementų (PK) turtingame ir vidutinio humusingumo I bandymo armens agrocheminės kokybės indeksas buvo 9. Armens 0–10 cm sluoksnyje RT (sekclus arimas + purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu) ir NT (tiesioginė sėja) bandyme lėmė geresnę kokybę (vidutinis indeksas 10) nei CT (gilus arimas + purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu) (vidutinis indeksas 8). 10–20 cm sluoksnyje kokybė buvo geresnė RT sistemoje (9) nei CT ar NT (atitinkamai 7 ir 8).

II bandymo (makroelementų (PK) vidutiniškai turtingas ir mažo humusingumo) armens agrocheminės kokybės indeksas tesiekė 5. Armens agrocheminės kokybės indeksas iš esmės nesiskyrė visose žemės dirbimo sistemose ir 0–10 cm sluoksnyje siekė 6, o 10–20 cm sluoksnyje – 5.

3. Po aštuonerių šių sistemų taikymo metų I bandyme geriausia dirvožemio 0–20 cm sluoksnyje agrocheminė kokybė pasižymėjo plotai, kuriuose taikyta RT-1 (sekclus arimas + purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu, netręšta), RT-3 (sekclus arimas + purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu, tręšta padidintomis mineralinių trąšų normomis) bei NT-3 (tiesioginė sėja, tręšta padidintomis mineralinių trąšų normomis), o II bandyme labai panaši kokybė nustatyta visose žemės dirbimo sistemose su vidutiniu arba padidintu tręšimu.

**Padėka.** Dėkojame Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui, parėmusiam tiriamąjį darbą „Dirvožemio multifunkcinių pokyčių tyrimai pagal agroaplinkosaugos bei tvarumo indeksus“.

Gauta 2008 02 21

Priimta 2008 04 03

## Literatūra

- Amacher M. C., O'Neill K. P., Perry C. H. Soil vital signs: a new soil quality index (SQI) for assessing forest soil health. Research paper of USD of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2007. 12 p.
- Bowden R. D., Davidson E., Savage K. et al. Chronic nitrogen additions reduce total soil respiration and microbial

- respiration in temperate forest soils at the Harvard Forest. *Forest Ecology and Management*. 2004. Vol. 196. P. 43–56.
3. Clewer A. G., Scarisbrick D. H. *Practical Statistics and Experimental Design for Plant and Crop Science*. John Wiley and Sons, LTD, 2001. 331 p.
  4. COM 231. 2006. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions-Thematic Strategy for Soil Protection, Commission of the European Communities, Brussels, 22-09-2006.
  5. COM 232. 2006. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for the Protection of Soil and Amending Directive 2004/35/EC Commission of the European Communities, Brussels, 22-09-2006.
  6. Evans C. M., Conyers M. K., Black A. S et al. Effect of ammonium, organic amendments, and plant growth on soil pH stratification // *Australian Journal of Soil Research*. 1998. Vol. 36. No. 4. P. 641–654.
  7. Feizienė D., Feiza V., Kadžienė G. Tillage-fertilization management practices to sustain integrity of soil properties and yields in a crop rotation // *Agriculture*. 2006a. Vol. 93. Iss. 4. P. 32–46.
  8. Feizienė D., Kadžienė G., Feiza V. Tillage and fertilisation influence on available PK status in unequal soils of central Lithuania // *Žemės ūkio mokslai*. 2006b. Nr. 4. P. 22–30.
  9. Halvorson A. D., Wienhold B. J., Black A. L. 2001. Tillage and nitrogen fertilization influence on grain and soil nitrogen in an annual cropping system // *Agronomy Journal*. Vol. 93. P. 836–840.
  10. Holanda F. S. R., Mengel D. B., Paula M. B. et al. Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in soil profile // *Soil Science and Plant Analysis*. 1998. Vol. 29. P. 2383–2394.
  11. Howard D. D., Essington M. E., Tyler D. D. Vertical Phosphorus and Potassium stratification in no-till cotton soils // *Agronomy Journal*. 1999. Vol. 91. P. 266–269.
  12. Yin X. H., Vyn T. J. Residual effect of potassium placement for conservation-till corn on subsequent no-till soybean // *Soil and Tillage Research*. 2004. Vol. 75. P. 151–159.
  13. Kaye J. P., Binkley D., Rhoades C. 2003. Stable soil nitrogen accumulation and flexible organic matter stoichiometry during primary floodplain succession // *Biogeochemistry*. Vol. 63. P. 1–22.
  14. Kaye J. P., Binkley D., Zou X. et al. Non-labile nitrogen retentions beneath three tree species in a tropical plantations // *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 2002. Vol. 64. P. 1503–1514.
  15. Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita (sud. J. Mažvila). Kaunas, 1998. P. 195.
  16. Liu S. Nitrogen cycling and dynamic analysis of man made larch forest ecosystem // *Plant and Soil*. 1995. Vol. 168–169. 391–397.
  17. McGechan M. B., Henshall J. K., Vinten A. J. A. Cultivation and soil organic matter management in low input cereal production following the ploughing out of grass leys // *Biosystems Engineering*. 2005. Vol. 90(1). P. 85–101.
  18. Mubyana T., Krah M., Totolo O. et al. Influence of seasonal flooding on soil total nitrogen, organic phosphorus and microbial populations in the okavango // *Journal of Arid Environments*. 2003. Vol. 54. P. 359–369.
  19. Rasmussen K. J. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review // *Soil and Tillage Research*. 1999. Vol. 53. Iss. 1. P. 3–14.
  20. Šlepetienė A., Šlepetys J. Status of humus in soil under various long-term tillage systems // *Geoderma*. 2005. Vol. 127. P. 207–215.
  21. Švedas A., Tarakanovas P. *Tręšimo planavimas. Kompiuterinė versija Tręšimas*. Akademija, 2000. P. 34.
  22. Tebrügge F., Düring R. A. Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany // *Soil and Tillage Research*. 1999. Vol. 53. Iss. 1. P. 15–28.
  23. Toth G., Stolbovoj V., Montanarella L. *Soil Quality and Sustainability Evaluation – An Integrated Approach to Support Soil-related Policies of the European Union*. EUR 22721 EN-DG Jodint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Luxembourg. Office for Official Publications of the European Communities, EUR Scientific and Technical Research Series. 2007. 40 p.

Dalia Feizienė, Virginijus Feiza, Gražina Kadžienė, Alvyra Šlepetienė

**CHANGES OF ENDOCALCARI-EPIHYPOGLEYIC CAMBISOL ARABLE LAYER AGROCHEMICAL PROPERTIES IN LONG-TERM SOIL MANAGEMENT SYSTEMS**

*Summary*

The goal of this paper is to determine the differences and changes of agrochemical properties in the arable layer of the *Endocalcari-Epihyogleyic Cambisol* under different intensity of soil management systems and the agrochemical soil quality according to the scheme of Amacher, O'Neill and Perry. The reduced intensity of tillage or direct drilling (no tillage) used for successive 8 years influenced available P, K, pH, humus and total C stratification. The agrochemical soil quality index reached 9 points (from 14 possible) on soil rich in macronutrients (PK) and containing moderate levels of humus in the 1st field trial, while on soil moderately rich in macronutrients and containing low levels of humus in the 2nd field trial the agrochemical soil quality index reached only 5. Reduced (RT) and direct drilling (NT) implementation ensured a higher agrochemical soil quality index (on average 10) compared to that of traditional tillage (on average 8) in the 0–10 cm soil depth of the 1st field trial. In the 2nd field trial, the agrochemical soil quality index did not differ in tillage systems of different intensity and reached 6. Soil quality at a depth of 10–20 cm of the 1st field trial was higher in RT (9) than in CT or NT (7 and 8, respectively), while in the 2nd field trial the agrochemical soil quality index of the same soil layer was very similar under different tillage systems and reached 5. After 8 years the different soil management systems have been used, the best agrochemical soil quality index for the 0–20 cm soil layer in the 1st field trial was determined when the following management systems were implemented: reduced tillage + not fertilised; reduced tillage + moderate rates: NPK fertilisers according to soil properties and expected yield; direct drilling + moderate rates. The agrochemical soil quality index for the 0–20 m soil layer in the 2nd field trial was be similar whichever a tillage system and their combination with either moderate or high rates of NPK fertilisers applied.

**Key words:** arable layer agrochemical properties, soil tillage – fertilisation, *Endocalcari-Epihyogleyic Cambisol*, agrochemical quality index