

Palankios augalų mitybinės terpės sukūrimas taikant alternatyvias žemdirbystės sistemas

Laura Masionytė,

Stanislava Maikštėnienė

Lietuvos agrarinių ir
miškų mokslų centras,
Instituto al. 1,
LT-58344 Akademija, Kėdainių r.
El. paštas: laura.masionyte@gmail.com

Tyrimų tikslas – nustatyti dirvožemyje biogeninių elementų pokyčius ekologinės žemdirbystės sistemose tręšimui naudojant mėšlą, raudonųjų dobilų biomasę žaliajai trąšai ir jų derinius, o tausojamosiose – mitybos elementų kiekį papildant mineralinėmis trąšomis.

Tyrimai atlikti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) Joniškėlio bandymų stotyje 2006–2013 m. sunkaus priemolio giliau karbonatingame giliau glėjiškame rudžemyje (RDg4-k2), *Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol* (CMg-n-w-can), kuriam būdingas mažas fosforingumas ir vidutinis arba didelis kalingumas. Sėjomainos rotacija: paprastasis miežis (*Hordeum vulgare* L.) + įs. → raudonasis dobilas (*Trifolium pratense* L.) → paprastasis kvietys (*Triticum aestivum* L.) → sėjamas žirnis (*Pisum sativum* L.).

Nustatyta, kad skirtingo humusingumo dirvožemyje, trąšai naudojant raudonųjų dobilų masę, mėšlą 40 Mg kg⁻¹ ar jų derinius po pirmosios 4 laukų rotacijos dirvožemio fosforingumas išliko artimas buvusiam, o po antrosios – nustatytas ženklus sumažėjimas. Tai rodo, kad panaudotų agropriemonių neužteko stabiliam dirvožemio fosforingumui palaikyti. Kalio kiekio neigiami pokyčiai nustatyti ekologinėje žemdirbystės sistemoje, kurioje trąšai naudota raudonųjų dobilų masė. Tręšimas mėšlu turėjo tendenciją didinti jo kiekį dirvožemyje.

Raktažodžiai: alternatyvios žemdirbystės sistemos, mėšlas, žaliaji trąša, judrieji P ir K

ĮVADAS

Skirtingo intensyvumo žemdirbystės sistemose įvairiomis priemonėmis skatinant augalų produktyvumą keičiasi ir visos ekosistemos funkcionavimas. Kiekvienoje žemdirbystės sistemoje svarbu atsižvelgti į producentų – energijos kaupėjų, jos naudotojų (konsumentų) – žmonių ir gyvūnų, reducentų – organizmų (mikro-, mezo- ir makro-), skaidančių organines medžiagas, sąsajas. Pagrindiniai energijos kaupėjai (autotrofai) – gamtoje turintys chlorofilo žalieji augalai, kurie fotosintezės dėka iš paprastų neorganinių junginių (anglies dvideginio ir vandens) sukuria organinę medžiagą (Bučienė, 2003; Arlauskienė ir kt., 2013). Svarbu antropogenine veikla sudaryti sąlygas kaupti orga-

nines medžiagas. Visos žemės ūkio augalų energijos kaupimą skatinančios priemonės – racionali augalų kaita, tręšimas, dirvožemio drėgmės režimo reguliavimas ir žemės dirbimas – keičia ekosistemos funkcionavimo stabilumą (Loreau, Mazancourt, 2013). Ypač didėjo agrosistemų ekologinė destabilizacija pastaraisiais dešimtmečiais, kai suintensyvėjusi pramoninė sintetinių trąšų gamyba skatino jų naudojimą, o grūdų kainos kilo, susidarė galimybė pirkti bei naudoti įvairias trąšas, tačiau staigaus derliaus šuolio nebuvo. Naudojant intensyviają žemdirbystės sistemą ekologinė destabilizacija didėja, kadangi šioje žemdirbystės sistemoje tręšimas orientuotas į augalų mitybos poreikius derliui didinti (Hodge et al., 2000; Hoffmann, Johnsson, 2000; Maikštėnienė ir kt., 2008;

Fuksa et al., 2013). Subalansuota žemės ūkio augalų mityba yra pagrindinė ilgalaikio produktyvumo sąlyga (Mažvila ir kt., 2009).

Gausiai naudojant mineralines trąšas, ypač azoto, mažai sorbuojama dirvožemio dalelių, iškyla paviršinių ir požeminių vandenų užteršimo pavojus. Tokias pat pasekmes gali sukelti ir neracionalus tręšimas organinėmis trąšomis, ypač įvairiomis mėšlo formomis (Tripolskaja, 2005). Naudojant intensyvią žemdirbystės sistemą ekologinė destabilizacija didėja, kadangi šioje žemdirbystės sistemoje tręšimas orientuotas į augalų mitybos poreikius derliui didinti (Hodge et al., 2000; Hoffmann, Johnsson, 2000; Maikštėnienė ir kt., 2008; Fuksa et al., 2013). Gamtosauginiu požiūriu svarbiausias žemdirbystės uždavinys – išlaikyti balansą tarp augalo poreikių, įterpiamo maisto medžiagų kiekio ir dirvožemio našumo parametrų. Dirvožemio potencialų našumą lemia kompleksas veiksnių: pakitus vienam, mažesne ar didesne dalimi kinta kitas ar net keletas jų (Bučienė, 2003).

Alternatyviose žemdirbystės sistemose siekiama visų veiksnių dermės, kad įdėjus minimalias sąnaudas gautume maksimalų derlių ir išlaikytume stabilų dirvožemio našumą. Ekologinėje žemdirbystės sistemoje svarbu atkurti susilpnėjusį natūralų dirvožemio biologinį aktyvumą, atstatyti mitybos elementų disbalansą, todėl iš pradžių tenka tenkintis mažėjančiu įvairių sėjomainos augalų derliumi. Yra tyrimų duomenų, rodančių, kad, atsikūrus dirvožemio mikroorganizmų veiklai ir aktyvumui, sugrįžta ir net pradeda didėti augalų produktyvumas (Bučienė, 2003). Alternatyviose žemdirbystės sistemose nenaudojant mineralinių trąšų iškyla problema – kaip sudaryti mitybos elementų balansą ir didinti augalų produktyvumą išlaikant stabilų dirvožemio našumą. Taikant aplinką tausojančias žemdirbystės sistemas ir naudojant įvairias organines trąšas, kurios padidina organinės anglies kiekį, sunku užtikrinti optimalią augalų mitybą (Pupalienė, 2004). Ilgainiui alternatyviose agrosistemose naudojant tik organines trąšas susidaro organinės anglies perteklius dėl azoto stygiaus ir destrukcijai nepalankus C:N santykis (Maikštėnienė ir kt., 2008). Todėl agropriemonių poveikį augalams ir dirvožemiui tenka vertinti įvairiais aspektais. Pagrindinė organinė trąša – mėšlas, jame esančios maisto medžiagos po trąšų įterpimo (dėl mažesnio išnaudojimo koeficiento) auginamiems augalams duoda mažes-

nį derliaus priedą nei toks pat jų kiekis, esantis mineralinėse trąšose, tačiau jų veikimas ilgesnis (Maikštėnienė ir kt., 2008). Su organinėmis trąšomis įterpto fosforo ir kalio augalai pasisavina tik dalį, todėl dirvožemyje lieka tam tikra dalis maisto medžiagų, kurias gali panaudoti kitų metų augalai (Mašauskas, Mašauskienė, 2005).

Sistemiškai sėjomainoje auginant daugiameses pupines žoles, dalį biomasės panaudojant žaliajai trąšai ir be mineralinių trąšų galima optimizuoti anglies ir azoto santykį bei išlaikyti tinkamą dirvožemio balansą. Daugiamečių žolių gausi šaknų sistema, kurios C:N santykis platesnis (40:1) nei antžeminės masės (20:1), skatina organinės medžiagos transformacijos procesų vyksmą humifikacijos kryptimi, o tai lemia humusinių medžiagų kaupimąsi (Gliessman, 2007).

Intensyvėjant antropogeninei veiklai silpnėja ekosistemos savireguliacijos procesai. Periodiškai tręšiant mineralinėmis trąšomis išryškėja neigiamos ilgalaikio intensyviosios žemdirbystės taikymo pasekmės. Intensyviau skaidomas humusas, didėja dirvožemio tankis ir dirvožemis degraduoja kaip sistema, aprūpinanti augalus būtinomis maisto medžiagomis, o tokioje desinchronizacijoje augalai patiria stresą. Racionaliomis alternatyviosios žemdirbystės sistemomis laikomos tos, kurios sudaro galimybę išspręsti augalams reikalingų maisto medžiagų balanso problemas išlaikant dirvožemio potencialų našumą (Bučienė, 2003).

Tyrimų tikslas – nustatyti dirvožemyje biogeninių elementų pokyčius ekologinėse žemdirbystės sistemose tręšimui naudojant mėšlą, raudonųjų dobilų biomasę žaliajai trąšai bei taikant jų derinius, o tausojamosiose – mitybos elementų kiekį papildant mineralinėmis trąšomis.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimai atlikti 2006–2013 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) Joniškėlio bandymų stotyje sunkaus priemolio glėjiškame rudžemyje (RDg4-k2) pagal FAO – *Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol (CMg-n-w-can)*. Dirvožemio agrocheminės savybės 0–20 cm gylyje prieš įrengiant eksperimentą įvairavo taip: pH_{KCl} – 6,0–6,1, humusas – 2,00–2,40 %, judrusis fosforas (P) 125–145 mg kg⁻¹, judrusis kalis (K) 185–230 mg kg⁻¹ ribose. Dirvožemio tankis armenyje buvo 1,42–1,48 g cm⁻³, bendrasis poringumas – 43,1–45,1 %.

Tyrimai dviejose 4 laukų rotacijose atlikti po raudonųjų dobilų panaudojimo žaliajai trąšai auginant žeminius kviečius. Eksperimente daugiamečių žolių pasėlyje auginta raudonųjų dobilų 'Vyliai' įsėjant 15 kg ha^{-1} . Ruošiant dirvą žeminių sėjai, raudonųjų dobilų masė buvo susmulkinama, paskleidžiama (išskyrus tausojamą I žemdirbystės sistemą, kurioje masė išvežta iš lauko), įterpiama ir užariama žaliajai trąšai kartu su iškratytu 40 Mg ha^{-1} kraikiniu mėšlu (išskyrus ekologinę I ir tausojamą II žemdirbystės sistemas; vidutiniais duomenimis, mėšlo kokybinė sudėtis buvo: 0,31 % N; 0,18 % P ir 0,63 % K). Paprastieji žeminiai kviečiai 'Ada' sėti rugpjūčio 27 – rugsėjo 5 d., daigų sėklų – $4,5 \text{ mln. ha}^{-1}$.

Eksperimente tirtos žemdirbystės sistemos: ekologinė I – tręšimui naudota raudonųjų dobilų masė; ekologinė II – raudonųjų dobilų masė + mėšlas 40 Mg ha^{-1} ; tausojamoji I – mėšlas $40 \text{ Mg ha}^{-1} + \text{N}_{30}$ šiaudų mineralizacijai skatini; tausojamoji II – raudonųjų dobilų masė + $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ žeminių kviečių tręšimui + N_{30} šiaudų mineralizacijai skatini.

Eksperimentas įrengtas 4 laukų sėjomainoje. Sėjomainos rotacija: paprastasis miežis (*Hordeum vulgare* L.) vasarinė veislė 'Luokė' + įs. → raudonasis dobilas (*Trifolium pratense* L.) veislė 'Arimaičiai' → paprastasis kvietys (*Triticum aestivum* L.) žeminė veislė 'Ada' → sėjamasis žirnis (*Pisum sativum* L.) veislė 'Pinochio'. Eksperimento laukeliai išdėstyti rendomizuotai. Pagrindinio laukelio dydis – $21 \times 5 = 105 \text{ m}^2$, apskaitinio – $14 \times 2,3 = 32,2 \text{ m}^2$.

Žeminių kviečių priešsėlio (raudonieji dobilai) žydėjimo metu kiekviename laukelyje buvo pažymėti keturi $0,25 \text{ m}^2$ ploto apskaitos mikrolaukeliai, iš kurių sukaupta biomasė nustatyta svėrimo metodu, sausų medžiagų (SM) kiekis bei azoto, fosforo ir kalio koncentracijos (%). Fosforas nustatytas kolorimetriniu, kalis – liepsnos fotometriniu metodais. Biomasėje sukauptos maisto medžiagos % perskaičiuotos kg ha^{-1} .

Gauti eksperimento duomenys įvertinti statistškai taikant kompiuterines duomenų vertinimo programas ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Skirtumų tarp vidurkių esmingumai nustatyti pagal mažiausią patikimo skirtumo ribą – R, taikant 95 ir 99 % tikimybės lygį, žymimas atitinkamai * ir **.

Meteorologinės sąlygos. Meteorologinės sąlygos pateiktos ir įvertintos remiantis Joniškėlio bandymų stoties meteorologinės aikštelės duomenimis.

Eksperimentų vykdymo metu jos buvo kontrastingos kritulių kiekio ir temperatūros režimo atžvilgiu.

2006 metais augalų vegetacijos laikotarpis buvo sausas. Balandžio mėn. iškrito 62,3, gegužė – 71,3, birželis – 11,4 ir liepą – 4,12 % daugiamečių kritulių normos. Vidutinė oro temperatūra buvo artima daugiamečiam vidurkiui. Rugpjūčio–spalio mėn. – perteklinio drėgnumo: kritulių kiekis 85,5 mm viršijo daugiamečių vidurkį.

2007 metais. Raudonųjų dobilų vegetacija atsinaujino balandžio mėn. viduryje. Augalų augimo laikotarpiu (gegužė–liepa) buvo palyginti šilta, atitiko daugiamečius vidurkius, kritulių kiekis buvo nežymiai didesnis, palyginti su daugiamečiu vidurkiu.

2008 metais. Pagrindinių augalų vegetacijos periodo (gegužė–rugpjūtis) vidutinė paros oro temperatūra mažai skyrėsi, palyginti su daugiamečiu vidurkiu. Augalams drėgmės trūko, gegužės mėn. kritulių iškrito 32,7 mm mažiau, palyginti su daugiamečiu vidurkiu. Rugpjūčio mėn. kritulių iškrito 48,6 mm daugiau nei daugiamečių vidurkis.

2009 metais. Sausas balandis ir gegužė pristabdė daugiamečių žolių augimą. Vidutinė paros temperatūra buvo atitinkamai 2,2 ir 0,6 °C aukštesnė už daugiamečių vidurkį, per šiuos du mėnesius kritulių iškrito 47,6 mm mažiau, palyginti su daugiamečiu vidurkiu. Tačiau birželis ir liepa buvo labai drėgni, kritulių iškrito atitinkamai 80,9 ir 107,6 mm daugiau nei daugiamečių vidurkis.

2010 metais. Balandžio mėn. iškrito 61,2 % daugiamečių kritulių normos. Vidutinė oro temperatūra buvo artima daugiamečiam vidurkiui. Gegužė kritulių iškrito 34,2 % daugiau ir buvo nežymiai šilčiau nei daugiamečių vidurkis.

2011 metais. Balandžio–liepos mėn. temperatūra buvo nežymiai aukštesnė nei įprasta šį periodą. Augalų vegetacijos pradžioje kritulių iškrito dvigubai mažiau, palyginti su daugiamečiu vidurkiu. Birželis buvo artimas daugiamečiams, o liepą kritulių kiekis buvo 72,4 % didesnis nei įprasta.

2012 metais liepa buvo nežymiai šiltesnė ir iškrito šiek tiek daugiau kritulių nei daugiamečių vidurkis. Rugpjūtį ir spalį buvo truputį šilčiau nei įprasta. Kritulių rugsėjo mėn. iškrito 2,6 karto daugiau, o spalį 26,7 % mažiau, palyginti su daugiamečiu vidurkiu.

2013 metais. Balandžio mėn. buvo šaltesnis 25,8 % nei paprastai, kritulių kiekis atitiko daugiamečių normas. Visą vegetacijos laikotarpį (gegužė–rugpjūčio mėn.) oro temperatūra buvo šiltesnė nei

įprasta. Tačiau birželio–rugpjūčio mėn. kritulių iškrito 23,4–42,6 % mažiau.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Specifinėmis savybėmis pasižyminčiuose mažo fosforingumo kalinguose glėjiškuose rudžemiuose alternatyviose žemdirbystės sistemose tirtas organinių trąšų poveikis biogeninių elementų pokyčiams dirvožemyje. Su organinėmis trąšomis į dirvožemį įterptas SM kiekis vidutiniškai per dvi 4 laukų sėjomainos rotacijas pateiktas 1 lentelėje.

Mažiausias SM kiekis, įterptas ekologinėje I ir tausojamojoje II žemdirbystės sistemose, trąšai naudojant vien tik raudonųjų dobilų masę. Nuosekliai, kad daugiausia SM buvo įterpta ekologinėje II sistemoje su raudonųjų dobilų mase ir 40 Mg ha⁻¹ mėšlo, t. y. 3,5 karto daugiau, palyginti su žemdirbystės sistemomis, kuriose įterpta tik raudonųjų dobilų masė žaliajai trąšai. Žemdirbystės sistemoje į dirvožemį įterpus vien tik mėšlą, SM kiekis buvo 2,7 karto didesnis, nei įterpus vien tik raudonųjų dobilų masę.

Žemdirbystės sistemose su mėšlu ir su į dirvožemį grąžinta raudonųjų dobilų biomase buvo įterpti reikšmingi biogeninių elementų kiekiai. Ekologinėje II žemdirbystės sistemoje įterptas didžiausias biogeninių elementų kiekis. Šioje žemdirbystės sistemoje į dirvožemį azoto įterpta 2,1 karto, fosforo – 5,1 karto ir kalio – 3,7 karto daugiau, negu žieminių kviečių tręšimui panaudojus vien tik raudonųjų dobilų masę (ekologinė I žemdirbystės sistema).

Tausojamojoje I žemdirbystės sistemoje į dirvožemį įterptų biogeninių elementų NPK kiekis

buvo atitinkamai 15,8 % ir 4,1 bei 2,5 karto didesnis, palyginti su ekologine I sistema. Tausojamojoje II žemdirbystės sistemoje žieminių kviečių tręšimui panaudojus raudonųjų dobilų masę, kurio SM kiekis buvo nežymiai mažesnis nei ekologinėje I, tačiau papildomam tręšimui naudojant minimalias mineralinių N₃₀P₆₀K₆₀ trąšų normas, bendras biogeninių elementų kiekis, įterptas į dirvožemį, buvo ženkliai didesnis, azoto – 31,8 % daugiau, fosforo ir kalio atitinkamai 7,8 ir 2,2 karto daugiau.

Dirvožemio genetinės savybės – granulimetrinė sudėtis, maisto medžiagų gausa yra jo derlumo pagrindas. Sunkios granulimetrinės sudėties dirvožemiai, vyraujantys Šiaurės Lietuvoje, turi didžiausią potencialų našumą (Maikštėnienė ir kt., 2008). Tačiau ir šiuose dirvožemiuose judriųjų maisto medžiagų formų augalams dažniausiai nepakanka, todėl tręšimas turi kompensuoti maisto medžiagų trūkumą ir sudaryti dirvožemyje makro- ir mikroelementų atsargas po jų auginamiems augalams. Fosforas yra palyginti mažai judrus dirvožemio elementas, bet dėl mažo tirpstanumo dažnai trūksta jo judriųjų formų, ypač moliunguose sunkesniuose dirvožemiuose, todėl augalai jo gauna ribotą kiekį (Black, 1968; Holford, 1997; Mažvila, 1998; Gliessman, 2007).

Literatūroje nurodoma, kad fosforo neturtin-guose sunkaus priemolio rudžemiuose, kasmet gausiai tręšiant fosforo trąšomis, jo kiekis dirvožemyje iš pradžių didėja, paskui stabilizuojasi, tačiau nustojus tręšti dirbtinai įturtintame dirvožemyje fosforo žymiai sumažėja (Yu et al., 2012). L. Tripolskaja teigia, jog fosforas yra labiau migruojantis dirvožemyje nei anksčiau manyta. Ji nurodo, kad ekologinėse žemdirbystės sistemose viena iš

1 lentelė. SM ir mitybos elementų kiekis, įterptas į dirvožemį žieminiams kviečiams

Table 1. Amount of DM and nutrients incorporated into soil for winter wheat

Žemdirbystės sistemos / Crop management systems	SM/DM	N	P	K
	Mg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹		
Ekologinė I, raudonųjų dobilų masė / Organic I, mass of red clover	3,09	91,32	8,81	56,40
Ekologinė II, raudonųjų dobilų masė / Organic II, mass of red clover	2,97	89,12	9,19	68,26
+ mėšlas 40 Mg ha ⁻¹ / + manure 40 Mg ha ⁻¹	8,45	105,73	35,91	140,80
Suma / Amount	11,42**	194,85**	45,10**	209,06**
Tausojamoji I, mėšlas 40 Mg ha ⁻¹ / Sustainable I, manure 40 Mg ha ⁻¹	8,45**	105,73	35,91**	140,80**
Tausojamoji II, raudonųjų dobilų masė / Sustainable II, mass of red clover	3,10	90,39	8,80	66,38
+ N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	0,40	30,00	60,00	60,00
Suma / Amount	3,50	120,39*	68,80**	126,38
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,800	26,261	5,568	18,878

didžiausių judriojo fosforo kiekio dirvožemyje papildymo galimybių yra tręšimas mėšlu. Jei su mėšlu jo įterpiama tiek, kiek paima augalai, tai jo kiekis dirvožemyje išlieka stabilus, bet dažniausiai augalų poreikiai būna didesni, negu juos gali tenkinti dabartinės tręšimo mėšlu galimybės (Tripolskaja, 2005).

Ekologinėje I žemdirbystės sistemoje tręšimui panaudojus vien raudonųjų dobilų biomase, žieminių kviečių derlingumas buvo gana mažas ir siekė 4,03 Mg ha⁻¹ SM, todėl ir mitybos elementų jame sukaupti gana nedideli kiekiai (2 lentelė). Vidutiniais tiriamojo laikotarpio duomenimis, sunkaus priemolio dirvožemyje dėl lėtos organinių medžiagų mineralizacijos mėšlas ekologinėje II ir tausojamojoje I žemdirbystės sistemose žieminių kviečių grūdų derlingumo iš esmės nepadidino, palyginti su ekologine I sistema. Didžiausias grūdų derlingumas buvo intensyvesnėje – tausojamoje II – žemdirbystės sistemoje, kur žieminiai kviečiai be žaliųjų trąšų tręšti ir mineralinėmis N₃₀P₆₀K₆₀. Šioje sistemoje grūdų derlingumas buvo 18,7 % didesnis nei ekologinėje I.

Žieminių kviečių pagrindinėje produkcijoje didžiausias NPK kiekis buvo sukauptas tausojamoje II žemdirbystės sistemoje, kurioje be žaliųjų trąšų dar naudotos vidutinės NPK normos ir sukaupta atitinkamai 29,2, 16,4 ir 8,7 % daugiau, negu tręšiant vien tik raudonųjų dobilų mase. Tręšiant mėšlu derinyje su raudonųjų dobilų mase ar vien mėšlu, biogeninių elementų kiekis žieminių kviečių grūdų derliuje taip pat buvo žymiai mažesnis, negu tręšiant raudonųjų dobilų mase ir papildomai NPK trąšomis.

Fosforas yra vienas iš pagrindinių biogeninių mitybos elementų, dalyvaujančių visuose augalo

gyvybiniuose procesuose, kadangi jis sudaro svarbiausią nukleoproteidų dalį, skatina augalų šaknų vystymąsi, dalyvauja fotosintezėje bei žaliųjų baltymų ir karotino gamybos procesuose, todėl tampa limituojančiu veiksniu, svarbesniu nei kalcis ir kalis (Mažvila, 1998; Lapinskas, 2008). Dirvožemyje vyksta patys įvairiausi fosforo dinamikos procesai, kuriuos sudaro neorganinio ir organinio fosforo junginių pasiskirstymai tarp kietosios dalies ir dirvožemio tirpalo bei organinio fosforo mineralizacijos ir neorganinio mobilizacijos, taip pat tarp neorganinio ir organinio fosforo junginių migracijos dirvožemyje ir jo paviršiuje (Heming, 2007).

Pirmosios rotacijos pradžioje sunkaus priemolio rudžemio turtingumas fosforu skyrėsi iš esmės (3 lentelė).

Tiriamajame dirvožemyje po pirmosios ir antrosios sėjomainos rotacijų ekologinėse I ir II žemdirbystės sistemose tręšimui naudojant raudonųjų dobilų masę, mėšlą ar jų derinius buvo nustatytas fosforo kiekio sumažėjimas, kas atitinkamai sudarė ekologinėje I 17,8 ir 28,9 %, o ekologinėje II – 1,9 ir 9,6 % mažiau, palyginti su buvusiu rotacijos pradžioje. Tausojamojoje I žemdirbystės sistemoje tręšimui naudojant vien mėšlą, kurio fosforingumas buvo gana mažas (0,89 %), judriojo fosforo kiekio pokyčiams dirvožemyje didesnės įtakos neturėjo – jo kiekis išliko gana stabilus.

Antrosios sėjomainos rotacijos pabaigoje visose žemdirbystės sistemose nustatyta judriojo fosforo kiekio mažėjimo tendencija, palyginti su pradiniais duomenimis. Sunkios granulimetrinės sudėties dirvožemiams būdinga genetinė savybė – mažas fosforingumas. Veikiamas panaudotų priemonių šiame dirvožemyje jis išliko mažo fosforingumo

2 lentelė. Žieminių kviečių grūdų derlingumas ir su grūdais išneštų mitybos elementų kiekis

Table 2. Yield of winter wheat and amount of nutrition elements removed with it

Žemdirbystės sistemos / Crop management systems	Derlingumas Yield Mg ha ⁻¹	N	P	K
		Kg ha ⁻¹		
Ekologinė I, raudonųjų dobilų masė / Organic I, mass of red clover	4,03	73,71	15,40	19,09
Ekologinė II, raudonųjų dobilų masė + mėšlas 40 Mg ha ⁻¹ Organic II, mass of red clover + manure 40 Mg ha ⁻¹	4,20	79,59	15,96	18,28
Tausojamoji I, mėšlas 40 Mg ha ⁻¹ / Sustainable I, manure 40 Mg ha ⁻¹	4,14	76,70	16,19	18,11
Tausojamoji II, raudonųjų dobilų masė + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ Sustainable II, mass of red clover + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	4,79**	95,26**	17,92**	20,76
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,280	5,913	1,465	2,173

3 lentelė. Judriojo P kiekio pokyčiai dirvožemyje mg kg^{-1} Table 3. Changes of soil P content during rotations, mg kg^{-1}

Žemdirbystės sistemos / Crop management systems	P mg kg^{-1}		
	tyrimų pradžia Initiation of investigations	po I rotacijos After 1st rotation	po II rotacijos After 2nd rotation
Ekologinė I, raudonųjų dobilų masė Organic I, mass of red clover	53,45	43,92	38,00
Ekologinė II, raudonųjų dobilų masė + mėšlas 40 Mg ha^{-1} Organic II, mass of red clover + manure 40 Mg ha^{-1}	46,13*	45,23	41,72*
Tausojamoji I, mėšlas 40 Mg ha^{-1} Sustainable I, manure 40 Mg ha^{-1}	42,00*	45,05	42,39*
Tausojamoji II, raudonųjų dobilų masė + $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ Sustainable II, mass of red clover + $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	52,85	54,42*	46,87**
R_{05} / LSD_{05}	4,216	3,535	3,586

grupėje. Tai rodo, kad panaudotų agropriemonių neužteko dirvožemio stabiliam fosforingumui palaikyti.

Sunkaus priemolio rudžemiams būdinga savybė – didelis kalingumas. Judriojo kalio kiekio pradiniai duomenys bei duomenys po pirmosios ir antrosios rotacijos pateikti 4 lentelėje.

Pirmosios sėjomainos rotacijos pabaigoje nustatytas judriojo kalio kiekio ženklus sumažėjimas laukeliuose, tręštuose vien raudonųjų dobilų mase, palyginti su buvusiu rotacijos pradžioje. Antrosios sėjomainos rotacijos pabaigoje skirtumai tarp žemdirbystės sistemų buvo didesni, palyginti su buvusiais pirmosios rotacijos pabaigoje. Esminiai didžiausi kalio kiekiai nustatyti ekologinėje II ir tausojamojoje I, trąšai panaudojus raudonųjų dobilų

masę ir mėšlą arba vien tik mėšlą, palyginti su trąšai panaudota raudonųjų dobilų mase. Ekologinėje I žemdirbystės sistemoje naudojant vien raudonųjų dobilų masę žaliajai trąšai, po pirmosios ir antrosios rotacijų dirvožemyje nustatyti neigiami judriojo K kiekio pokyčiai. Tai sudarė 6,9 ir 7,2 % mažiau nei prieš įrengiant eksperimentą. Panašūs neigiami kalio pokyčiai buvo ir tausojamojoje II žemdirbystės sistemoje, kurioje tręšimui panaudota raudonųjų dobilų masė ir mineralinės trąšos $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$.

Po antrosios sėjomainos rotacijos nustatyta, kad žemdirbystės sistemose, kuriose panaudota raudonųjų dobilų masė žaliajai trąšai bei minimalios mineralinių trąšų normos, nebuvo teigiamų kalio kiekio pokyčių, palyginti su buvusiu eksperimento pradžioje.

4 lentelė. Judriojo K kiekio pokyčiai dirvožemyje mg kg^{-1} Table 4. Changes of soil K content during rotations, mg kg^{-1}

Žemdirbystės sistemos / Crop management systems	K mg kg^{-1}		
	tyrimų pradžia Initiation of investigations	po I rotacijos After 1st rotation	po II rotacijos After 2nd rotation
Ekologinė I, raudonųjų dobilų masė Organic I, mass of red clover	182,52	169,93	169,32
Ekologinė II, raudonųjų dobilų masė + mėšlas 40 Mg ha^{-1} Organic II, mass of red clover + manure 40 Mg ha^{-1}	171,07*	182,12*	186,13*
Tausojamoji I, mėšlas 40 Mg ha^{-1} Sustainable I, manure 40 Mg ha^{-1}	171,31*	180,54*	204,18**
Tausojamoji II, raudonųjų dobilų masė + $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ Sustainable II, mass of red clover + $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	190,18*	176,66*	180,98
R_{05} / LSD_{05}	2,838	4,086	14,652

Sunkios granulimetrinės sudėties rudžemiams būdingas didelis kalingumas, toks dirvožemis nuolat atpalaiduoja pakankamai kalio junginių, kuriuos pasisavina augalai, taip pat mažai lemia išnešamas su augalų derliumi iš dirvožemio kalio atsargas. Literatūroje teigiama, kad kalio režimui dirvožemyje palaikyti mėšlo vaidmuo yra labai svarbus, kadangi kraikiniame mėšle kalio yra vidutiniškai 0,57–0,62 %. Net įterpus minimalų mėšlo kiekį 40 Mg ha⁻¹, gali būti kompensuoti kalio nuostoliai, paimti iš dirvos su derliumi. Dirvožemiuose, kurių genetinė savybė – didelis kalingumas ekologinėse žemdirbystės sistemose sistemingai tręšiant organinėmis trąšomis, kalio režimas dirvožemyje gali patenkinti įvairių sėjomainos augalų poreikius (Tripolskaja, 2005).

IŠVADOS

1. Tyrimų pradžioje pagal judriojo fosforo kiekį dirvožemis buvo artimas vidutinio fosforingumo (95–122 mg kg⁻¹) grupei. Alternatyviosiose žemdirbystės sistemose trąšai naudojant tik raudonųjų dobilų masę judriojo fosforo kiekis dirvožemyje ženkliai sumažėjo, palyginti su pradiniais duomenimis, o tręšimui panaudojus raudonųjų dobilų masę ar mėšlą, ar abu kartu, jo kiekio pokyčiai per dvi 4 laukų rotacijas turėjo teigiamas didėjimo tendencijas.

2. Trąšai naudojant tik raudonųjų dobilų masę su nedideliu mineralinių trąšų kiekiu N₃₀P₆₀K₆₀, dirvožemyje nustatyta fosforo mažėjimo tendencija. Po pirmosios rotacijos dirvožemio fosforingumas išliko artimas buvusiam, o po antrosios – nustatytas ženklus jo sumažėjimas. Tai rodo, kad panaudotų agropriemonių neužteko dirvožemio stabiliam fosforingumui palaikyti.

3. Alternatyviosiose žemdirbystės sistemose per dvi 4 laukų sėjomainos rotacijas raudonųjų dobilų masės įterpimas žaliajai trąšai neužtikrino judraus kalio stabilumo dirvožemyje. Mėšlas 40 Mg ha⁻¹ turėjo tendenciją didinti kalio kiekį, o mėšlas kartu su raudonųjų dobilų mase ženkliai jį padidino. Trąšai naudojant tik raudonųjų dobilų masę su nedideliu mineralinių trąšų kiekiu N₃₀P₆₀K₆₀, nustatyta K₂O mažėjimo tendencija.

PADĖKA

Straipsnyje pateikiami tyrimų rezultatai, gauti vykstant ilgalaikę LAMMC mokslinių tyrimų progra-

mą „Augalų biopotencialas ir kokybė daugiafunkciniam naudojimui“.

Gauta 2014 11 26

Priimta 2015 03 30

LITERATŪRA

1. Arlauskienė A., Šlepetienė A., Nemeikšienė D. 2013. Pupinių žolių antžeminės masės, panaudotos žaliajai trąšai, poveikis anglies ir azoto pokyčiams glėjiškame rudžemyje (*Gleyic Cambisol*). *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 20(4). P. 241–252.
2. Bučienė A. 2003. *Žemdirbystės sistemų ekologiniai ryšiai*: monografija. Klaipėda. 176 p.
3. Fuksa P., Hakl J., Brant V. 2013. Energy balance of catch crops production. *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 100(4). P. 355–362.
4. Gliessman S. R. 2007. *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. 2nd ed. 384 p.
5. Heming S. D. 2007. Phosphorus balances for arable soils in Southern England 1986–1999. *Soil Use and Management*. Vol. 23. Issue 2. P. 162–170.
6. Hodge A., Stewart J., Robinson D., Griffiths B. S., Fitter A. H. 2000. Plant N capture and microfaunal dynamics from decomposing grass and earthworm residues in soil. *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 32. P. 1763–1772.
7. Hoffmann M., Johnsson H. 2000. Nitrogen leaching from agricultural land in Sweden: Model calculated effects of measures to reduce leaching loads. *Ambio*. Vol. 29. P. 67–73.
8. Holford I. C. R. 1997. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Australian Journal of Soil Research*. Vol. 35. P. 227–239.
9. Yu H., Ding W., Luo J., Geng R., Ghani A., Cai Z. 2012. Effects of long-term compost and fertilizer application on stability of aggregate-associated organic carbon in an intensively cultivated sandy loam soil. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 48(3). P. 325–336.
10. Lapinskas E. 2008. *Azoto pokyčiai dirvožemyje ir jo reikšmė augalams*: monografija. Akademija, Kėdainių r.: Lietuvos žemdirbystės institutas. 320 p.
11. Loreau M., Mazancourt C. 2013. Biodiversity and ecosystem stability: a synthesis of underlying mechanisms. *Ecology Letters*. Vol. 16(s1). P. 106–115.
12. Maikštėnienė S., Velykis A., Arlauskienė A., Krištaponytė I., Satkus A. 2008. *Tausojamoji žemdirbystė našiuose dirvožemiuose*: monografija. Akademija, Kėdainių r.: Lietuvos žemdirbystės institutas. 327 p.
13. Mašauskas V., Mašauskienė A. 2005. Effects of biennial and every four years versus annual potassium application in long-term experiment. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. Nauchnykh

- zhurnal Instituta prochvovedeniya i agrokhimii Natsional'noy akademii nauk. No. 1(34). S. 252–255.
14. Mažvila J., Arbačiauskas J., Antanaitis A., Lubytė J., Adomaitis T., Vaišvila Z. 2009. Ilgalaikis tręšimo poveikis dirvožemio agrocheminėms savybėms. *Zemdirbystė-Agriculture*. T. 96. Nr. 2. P. 35–52.
 15. Mažvila J. 1998. *Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita*: monografija. Kaunas. 195 p.
 16. Raudonius S. 2008. *Mokslinių tyrimų planavimas ir analizė*: mokomoji knyga. Akademija, Kaunas. 140 p.
 17. Tripolskaja L. 2005. *Organinės trąšos ir jų poveikis aplinkai*. Akademija, Kėdainių r. 216 p.

Laura Masilionytė, Stanislava Maikštėnienė

CREATION OF FAVOURABLE NUTRITION ENVIRONMENT FOR WINTER WHEAT IN ALTERNATIVE AGRICULTURE SYSTEMS

Summary

One of the most valuable organic fertilizers sustaining soil fertility in alternative agriculture systems is solid manure. Manure has all main elements for plant nutrition, however, their ratio and amounts are different to meet all plant nutrition requirements. Phosphorus amount in manure is lowest (only 0.9–1.3%), therefore phosphorus can become a yield limiting factor in organic agrosystems if only an organic fertilizer is applied in phosphorus poor soil. In order to maintain soil fer-

tility in plant production farms with no possibility of manure fertilization green manure is used in organic agrosystems. The research objective is the establishment of soil biogenic element changes in organic agrosystems while using manure, the biomass of red clover as green manure and their mixtures, and the amount of nutrition elements with mineral fertilizer supplementation in sustainable agrosystems.

The investigations were conducted at the Joniškėlis Experimental Station of the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry (LRCAF) in 2006–2013 on clay loam *Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol (CMg-n-w-can)* soil characterized by low phosphorus content and average or low potassium content. The crop rotation: spring barley (*Hordeum vulgare* L.) + intercrop → red clover (*Trifolium pratense* L.) → winter wheat (*Triticum aestivum* L.) → pea (*Pisum sativum* L.).

It was established that after the 1st 4-field crop rotation the phosphorus content in the soil with different humus amounts was close to the previous one when using a red clover aftermath, manure 40 Mg kg⁻¹ or their mixtures for fertilization, and after the 2nd rotation a significant decrease was established; the fact showed that the agromeasures applied were not sufficient to maintain a stable phosphorus content in soil. Negative changes in potassium amount were established in the organic agriculture system which used the red clover aftermath as a fertilizer; fertilization with manure tended to increase its amount in soil.

Key words: alternative agriculture systems, manure, green manure, variations of P₂O₅ and K₂O