

Pupinių žolių antžeminės masės, panaudotos žaliajai trąšai, poveikis anglies ir azoto pokyčiams glėjiškame rudžemyje (*Gleyic Cambisol*)

Aušra Arlauskienė,

Alvyra Šlepetienė,

Danguolė Nemeikšienė

Lietuvos agrarinių ir miškų
mokslų centras,

Instituto al. 1,

LT-58344 Akademija, Kėdainių r.

El. paštas: joniskelio_lzi@post.omnitel.net;

alvyra@lzi.lt

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro (LAMMC) Joniškėlio bandymų stotyje 2007–2012 m. sunkaus priemolio glėjiškame rudžemyje (*Endocalcaric-Endohypogleyic Cambisol*) atlikti tyrimai siekiant nustatyti skirtingų daugiamečių žolių: raudonojo dobilo (*Trifolium pratense* L.), mėlynžiedės liucernos (*Medicago sativa* L.), šių žolių mišinių su eraičinsvidre (\times *Festulolium*) antžeminės masės, skirtingais būdais panaudotos žaliajai trąšai, įtaką organinės anglies (C_{org}) ir suminio azoto (N_{sum}) kitimui dirvožemyje ekologinės žemdirbystės sąlygomis. Nustatyta, kad greita įterptų daugiamečių žolių požeminės ir antžeminės masės mineralizacija (I eksperimentas) lėmė N_{min} kiekio padidėjimą po aparimo vėlai rudenį ir kitų metų pavasarį. N_{min} kiekis buvo iš esmės didesnis po pupinių žolių ar visos antžeminės masės mulčiavimo. Lėčiau skaidantis įterptai požeminei ir antžeminei žolių masei (II eksperimentas), N_{min} kiekis didėjo dvejus metus pavasarį, atsinaujinus žieminių javų vegetacijai. Pirmaisiais metais N_{min} kiekį padidino daugiamečių žolės, antraisiais – daugiamečių žolių (daugiausiai pupinių ir eraičinsvidrių mišinių) ir jų panaudojimo būdų sąveika. Didėjant su daugiamečių žolių mase įterpto N kiekiui, mažėjant masės C:N santykiui, dirvožemyje didėjo N_{min} kiekis. C_{org} kiekio dirvožemyje priklausomybės nuo įtarptų organinių trąšų C, N nebuvo. Daugiau C_{org} kaupėsi dirvožemyje tuomet, kai lėčiau vyko įterptų daugiamečių žolių masės mineralizacija. Tyrimų duomenys parodė, kad svarbią reikšmę augalų produktyvumui ir dirvožemyje vykstantiems procesams turi su antžemine ir požemine augalų mase tręšimui panaudotas azotas. N kiekis, įterptas su augalų biomase, lėmė dirvožemio N_{min} , derliaus padidėjimą, didesnę N sukaupimą jame ir daugeliu atvejų didesnę ar mažai kintantį N_{sum} kiekį dirvožemyje. C:N didėjo – didėjant C_{org} , ar mažėjant N_{sum} , o mažėjo – javus auginant po visų pupinių žolių ir jų mišinių su eraičinsvidrėmis.

Raktažodžiai: daugiamečių žolės, žalioji trąša, dirvožemio C_{org} ir N_{sum} .

ĮVADAS

Dirvožemio organinės medžiagos kaupimas yra svarbus procesas ilgalaikiam agrosistemų produktyvumui išsaugoti (Govaerts, Verhulst, Castellanos-Navarrete, Sayre, Dixon., Dendooven, 2009), todėl taikomos augalų auginimo technologijos turėtų didinti C sekvestraciją dirvožemyje (Lal, 2011). R. Lal teigimu (2009), supratimas apie augalų liekanų kon-

versiją į dirvožemio organinių junginių sudėtį yra ribotas ir išlieka prioritetiniu tyrimų objektu.

Dirvožemio humusingumas (C_{org}) yra sąlyginai stabilus dydis (Mattsson, Persson, 2006). Jo skilimo ir sintezės procesų pusiausvyra išsivyrąja agropriešmones naudojant nuolatos ir ilgą laiką (Blombäck, Eckerstenb, Lewana, Aronsson, 2003). C_{org} lygis dirvožemyje priklauso nuo balanso tarp C, įneštos su augalų liekanomis ar organinėmis trąšomis, ir C

nuostolių, skaidantis dirvožemio organinei medžiagai (Six, Bossuyt, Degryze, Deneff, 2004; Lal, 2011). Pastarajai skaidantis, apie pusė C atsipalaiduoja CO₂ formoje (White, 2006). C_{org.} nuostolius galima sumažinti taikant minimalų žemės dirbimą, tinkamą augalų liekanų tvarkymą ir pilnavertės sėjomainos įgyvendinimą (Govaerts, Verhulst, Castellanos-Navarrete, Sayre, Dixon, Dendooven, 2009; Francaviglia, Coleman, Whitmore, Doro, Urracci, Rubino, Ledda, 2012; Aguilera, Lassaletta, Gatinger, Gimeno, 2013). Veiksmingą C konversiją į stabilų dirvožemio organinių junginių sudėtį sąlygoja pupiniai augalai, įtraukti į sėjomainą (Zotarelli, Zatorre, Boddey, Urquiaga, Jantalia, Francini, Alves, 2012), tręšimas organinėmis trąšomis, augalų liekanos (Blanco-Canqui, Lal, 2009). S. F. Christopher ir R. Lal (2007) nurodo, kad anglies apytakos ciklas glaudžiai susijęs su azoto apytaka augaluose ir dirvožemio organinėje medžiagoje. Tų pačių autorių duomenimis, humifikacijos procese limituojančiu veiksniumi yra laikomas N. Stabilų dirvožemio organinės medžiagos frakcijų susidarymą dirbamoje žemėje rodo ≈10–12 C ir N santykis (Kirkly, Kirkegaard, Richardson, Wade, Blanchard, Batten, 2011). M. Tejada, J. L. Gonzalez, A. M. Garcia-Martinez, J. Parrado (2008) duomenimis, maisto medžiagų atsipalaidavimą iš įterptų organinių trąšų, augalų liekanų iš esmės kontroliuoja dirvožemio C:N.

Duomenys apie augalų biomasės mikrobiologinę transformaciją, humifikaciją, N ir C pokyčius dirvožemyje yra nevienareikšmiai (Askegaard, Olesen, Rasmussen, 2011; Doltra, Olesen, 2013). Šiuos procesus sąlygoja labai daug veiksnių: panaudota augalinė medžiaga ir jos biocheminės savybės, temperatūra ir drėgmė skaidymosi metu, dirvožemio mikrobiologinis aktyvumas ir charakteristika (Decock, Six, 2013; Stockmann, Adams, Crawford, Field, Henakaarchchi, Jenkins, Minasny, McBratney, de Remy de Courcelles, Singh, Wheeler, Abbott, Angers, Baldock, Bird, Brookes, Chenu, Jastrow, Lal, Lehmann, O'Donnell, Parton, Whitehead, Zimmermann, 2013). Dažniausiai tyrėjai pateikia šiuos organinių medžiagų skaidymąsi ir sintezę lemiančius rodiklius: C ir N santykį (Cuttle, Shepherd, Goddlass, 2003), celiuliozės, chemiceliuliozės (Lupway, Haque, 1998), lignino kiekius (Muller, Jensen, Nielsen, Magid, 1998) bei lignino ir N (Cobo, 2002), polifenolių ir N santykius (Seneviratne, 2000). Svarbiausiu iš jų yra laikomas C ir N santykis, kuris tiesiogiai kontroliuoja organinių medžiagų transformavimą

dirvožemyje (Tejada, Gonzalez, Garcia-Martinez, Parrado, 2008; Govaerts, Verhulst, Castellanos-Navarrete, Sayre, Dixon, Dendooven, 2009; Mohanty, Sammi Reddy, Probert, Dalal, Sububa Rao, Menzies, 2011). Esant didesniai kaip 30 augalų liekanų C:N, vyksta išlaisvintų maisto medžiagų (N) imobilizavimas, o kai šis rodiklis yra mažesnis kaip 20 (intensyvios mineralizacijos dėka), dirvožemyje didėja N_{min.} kiekis (Christopher, Lal, 2007). Skirtingai negu įterpto mėšlo, žaliųjų trąšų didžioji dalis azoto (54–65 %) greitai mineralizuojasi. Nustatyta, kad pupinių augalų antžeminė masė dėl mažesnio C:N labiau padidino dirvožemio mikrobiologinį aktyvumą, N atsipalaidavimą, jo išnaudojimo efektyvumą, po jų auginamų augalų derlių ir kokybę, palyginti su nepupiniais augalais (Tejada, Gonzalez, Garcia-Martinez, Parrado, 2008; Nemeikšienė, Arlauskienė, Maikštėnienė, Šlepetienė, 2012). Miglinių javų liekanos, kurios turi didesnę fenolių ir karbohidratų koncentraciją bei didesnį C:N, lėčiau skaidosi ir didina organinių medžiagų kiekį dirvožemyje (Russell, Laird, Parkin, Mallarino, 2005). Didelę dalį iš organinių medžiagų išlaisvinto N sunaudoja augalai. Tokie procesai – amoniakinio azoto (NH₃) išgaravimas, N₂, NO₂ ir NO emisija denitrifikacijos metu, nitratinio azoto (NO₃⁻) išsiplovimas į gilesnius dirvožemio sluoksnius – mažina N kiekį dirvožemyje (Govaerts, Verhulst, Castellanos-Navarrete, Sayre, Dixon, Dendooven, 2009). Žaliųjų trąšų įtaka dirvožemio humuso (C_{org.}) kaupimuisi yra ilgas procesas, veikiamas daugelio veiksnių ir jų tarpusavio sąveikos.

Švedijoje atlikti tyrimai parodė, kad mėšlo humifikacijos koeficientas siekė 32 %, augalų šaknų – 39 %, o žaliųjų trąšų – 15 % (Kätterer, Bollinder, Andren, Kirchmann, Menichetti, 2011). Kitų autorių duomenimis, mėšlo skaidymasis apima mineralizacijos ir N imobilizacijos etapus (Mohanty, Sammi Reddy, Probert, Dalal, Sububa Rao, Menzies, 2011), todėl daugėja stabilų organinių junginių ir dirvožemyje labiau kaupiasi humusas, palyginti su augalų liekanomis (Buysse, Roisin, Aubinet, 2013). Lietuvoje daugelis atliktų tyrimų su žaliosiomis trąšomis dirvožemio humusingumui (C_{org.}) padidinti yra trumpalaikiai ir fragmentiški (Arlauskienė, Maikštėnienė, Šlepetienė, 2011). Tyrimų tikslas buvo įvertinti įterptos augalų požeminės ir antžeminės masės įtaką dirvožemio C ir N pokyčiams sunkios granulometrinės sudėties dirvožemiuose, kuriems būdingas vandens, oro, šilumos režimas, lemiantis silpnesnę mikrobiologinę veiklą.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Eksperto vieta ir dirvos charakteristika. LAMMC Joniškėlio bandymų stotyje įrengti du analogiški lauko eksperimentai: pirmasis (I) – 2008 m., antrasis (II) – 2009 m., duomenys statistiškai įvertinti ir apibendrinti 2013 m. Tyrimai vykdyti giliau karbonatingame, giliau glėjiškame rudžemyje (*Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol*), kurio dirvodarinė uoliena – limnoglacialinis molis. Dirvožemis pagal granulimetrinę sudėtį – sunkus priemolis ant dulkiškojo molio su giliau esančiu smėlingu priemoliu. Eksperto įrengimo metais dirvožemis (0–25 cm sluoksnis) buvo vidutinio fosforingumo (atitinkamai I ir II eksperimentai – 142 ir 145 mg kg⁻¹ P₂O₅), didelio kalingumo (atitinkamai I ir II eksperimentai – 224 ir 233 mg kg⁻¹ K₂O) ir vidutinio humusingumo (atitinkamai I ir II eksperimentai – 2,9 ir 2,8 %).

Bandymo schema. Tyrimai atlikti sėjomainoje: daugiametės žolės, žieminiai kviečiai, žieminiai kvietrugiai. Eksperto variantai: A veiksnys – daugiametės žolės: 1) eraičinsvidrė (*× Festulolium*); 2) raudonasis dobilas (*Trifolium pratense* L.); 3) raudonojo dobilo ir eraičinsvidrės mišinys; 4) mėlynžiedė liucerna (*Medicago sativa* L.); 5) mėlynžiedės liucernos ir eraičinsvidrės mišinys. B veiksnys – daugiamečių žolių antžeminės biomasės panaudojimo būdai: 1) žolė išvežta iš lauko (pjauta du kartus); 2) naudota kombinuotai (pirmosios pjūties – išvežta iš lauko, antrosios ir trečiosios – mulčiuotas dirvos paviršiuje); 3) mulčiuota (žolė pjauta keturis kartus ir mulčiuota dirvos paviršiuje). Kontroliniu variantu laikytas tas laukelis, kur eraičinsvidrių antžeminė masė išvežta iš lauko.

Dirvožemio ir augalų analizės. Dirvožemio cheminėms savybėms (C_{org.}, N_{sum.}, P₂O₅, K₂O) nustatyti ėminiai paimti dirvožemio 0–25 cm sluoksnyje lauko eksperimentų įrengimo metais pavasarį ir eksperimentui pasibaigus – po javų derliaus nuėmimo. Dirvožemio cheminės savybės buvo nustatytos 2011–2012 m. šiais metodais: anglis (C), % – Nikitino modifikuotu Tiurino metodu; azotas (N), % – Kjeldalio metodu; judrusis fosforas (P₂O₅), mg kg⁻¹ ir judrusis kalis (K₂O), mg kg⁻¹ – Egnerio-Rimo-Domingo (A-L) metodu. Mineralinio azoto kiekis dirvožemio 0–60 cm sluoksnyje tyrimų laikotarpiu nustatytas 3 kartus: pirmaisiais me-

tais – vėlai rudenį po daugiamečių žolių aparimo, antraisiais ir trečiaisiais metais – pavasarį, pradedus žieminių javų vegetacijai. N_{min.} nustatytas šiais metodais: N-NO₃, mg kg⁻¹ – jonometriniu, N-NH₄, mg kg⁻¹ – spektrofotometriniu metodais.

Daugiamečių žolių kiekvienos pjūties antžeminė ir požeminė (šaknys ir augalų liekanos) masė nustatyta svorio metodu. Paimti žolių, javų grūdų ir šiaudų (derliaus dorojimo metu) pavyzdžiai sausoms medžiagoms, C ir N koncentracijai nustatyti. Nustatytas C ir N koncentraciją (analizatoriumi Vario EL ir Carry 50), apskaičiuoti su žolių antžemine ir požemine mase įterptas į dirvožemį C ir N bei javų derliuje sukauptas N kiekiai (kg ha⁻¹).

Meteorologinės sąlygos. 2008 m. pavasaris buvo permainingas: šiltesnius ir drėgnus orus, kurie sudarė palankias sąlygas augalų vegetacijai, pakeitė šaltas ir sausas gegužės mėn. Liepą ir rugpjūtį oro temperatūra mažai skyrėsi ir buvo artima daugiamečiam vidurkiui, tačiau kritulių iškrito 3,1–48,6 mm daugiau už daugiamečių vidurkį, buvo juntamas drėgmės perteklius. Ruduo buvo šiltas ir lietingas. 2009 m. pavasarį balandžio–gegužės mėn. buvo juntama nedidelė sausra. Vasara buvo lietinga, ypač daug kritulių iškrito birželio ir liepos mėn. (atitinkamai 80,9 ir 107,8 mm). Ruduo buvo permainingas: spalio – lietingas (72,6 mm), o lapkritis – 2,7 °C šiltesnis nei įprastai. 2010 m. balandžio mėn. buvo sausas (kritulių kiekis siekė 23,2 mm), o gegužė – lietinga (iki 69,3 mm). Vasarą kritulių kiekis mažai nukrypo nuo daugiamečio vidurkio, tačiau šiltesni buvo liepos ir rugpjūčio mėn. Rudens vidutinė paros oro temperatūra ir kritulių kiekis mažai skyrėsi nuo daugiamečių. 2011 m. pavasaris buvo sausesnis ir šiltesnis nei įprastai. Sausra užtruko iki birželio vidurio. Vasara buvo šilta – vidutiniškai 1,6 °C šiltesnė nei įprastai. Lietinga buvo liepa, kai iškrito 95,6 mm kritulių, t. y. 26,4 mm daugiau, palyginti su daugiamečiu vidurkiu. Ruduo buvo sausas ir šiltas.

Tyrimo rezultatų matematinė analizė. Atlikta tyrimo duomenų dispersinė dviejų veiksnių (ANOVA versija – 3,1; 2000) ir koreliacinė-regresinė (STAT ENG for EXCEL, versija – 1,5; 2000) analizės. Duomenys buvo analizuojami, kai faktinis Fišerio kriterijus (F_{fakt.}) didesnis už teorinį. Skirtumų tarp vidurkių (kontrolinio ir atskirų variantų) esmingumas nustatytas pagal mažiausią patikimumo skirtumo ribą (R) taikant 0,05 ir 0,01 tikimybės lygius (Tarakanovas, 2000).

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Anglies ir azoto kiekis, įterptas su augalų požemine ir antžemine mase. Abiejų eksperimentų duomenimis, daugiamečių žolių požeminėje masėje C buvo sukaupta 3 064,4–4 404,0 kg ha⁻¹, daugiausia sukauptė mėlynžiedės liucernos, mažiausia – eraičinsvidrės. Dalį eraičinsvidrių antžeminės masės panaudojus žaliajai trąšai, C kiekį padidino 778,4–1 041,5 kg ha⁻¹, pupinių žolių ir jų mišinių su eraičinsvidrėmis – gerokai daugiau 2 141,3–2 703,3 kg ha⁻¹. Mulčiuojant visą eraičinsvidrių antžeminę masę joje C sukaupta 2 418,9 ir 2 339,3 kg ha⁻¹ (atitinkamai I ir II eksperimentai), pupinių ir jų mišinių su eraičinsvidrėmis atitinkamai 1,7 ir 1,6 kartus daugiau. Daugiausia C antžeminėje masėje sukauptė raudonieji dobilai ir jų mišinys su eraičinsvidrėmis.

Daugiamečių žolių rūšys ir jų mišiniai su eraičinsvidrėmis pagal didėjančią N kiekį požeminėje masėje pasiskirstė taip (atitinkamai I ir II eksperimentai): eraičinsvidrės (69,4 ir 66,2 kg ha⁻¹) < raudonųjų dobilų ir mėlynžiedžių liucernų mišiniai su eraičinsvidrėmis (atitinkamai 130,2 ir 129,1 kg ha⁻¹; 146,3 ir 135,4 kg ha⁻¹) < raudonieji dobilai ir mėlynžiedės liucernos (atitinkamai 156,2 ir 169,5 kg ha⁻¹; 180,2 ir 163,2 kg ha⁻¹). Dalį raudonųjų dobilų ir jų mišinio su eraičinsvidrėmis antžeminės masės panaudojus mulčiui, joje sukaupta 148,4–153,0 kg ha⁻¹ N. Taip pat naudojant pupinių ir eraičinsvidrių mišinių antžeminę masę joje N buvo mažiau – 28,1–35,5 kg ha⁻¹, arba 18,9–23,5 % (išskyrus raudonųjų dobilų ir eraičinsvidrių mišinio mulčią; II eksperimentas), palyginti su atitinkamų grynų pupinių žolių mase. Mulčiuojant visą pupinių žolių antžeminę masę joje N buvo 1,4–1,8 karto, o pupinių eraičinsvidrių mišinius – 1,6–1,9 karto daugiau nei antžeminę masę panaudojus kombinuotai. Daugiausia N buvo panaudota mulčiuojant visą pupinių žolių antžeminę masę.

Abiejų eksperimentų vidutiniais duomenimis, daugiamečių žolių rūšys ir jų mišiniai su eraičinsvidrėmis pagal mažėjančią įterptą C ir N kiekių santykį pasiskirstė taip: eraičinsvidrės (46,8) > raudonųjų dobilų ir mėlynžiedžių liucernų mišinys su eraičinsvidrėmis (atitinkamai 24,8 ir 26,6) > raudonieji dobilai ir mėlynžiedės liucernos (atitinkamai 20,5 ir 21,6). Skirtingais būdais naudojant daugiamečių žolių antžeminę masę didžiausias įterptų C ir N kiekių santykis buvo daugiamečių

žolių antžeminę masę išvežus iš lauko (32,7, C ir N kiekiai įterpti tik su žolių požemine mase), mažesni – žolių antžeminę masę naudojant kombinuotai ar mulčiuojant (atitinkamai 26,8 ir 24,7 C ir N kiekiai įterpti su žolių požemine ir antžemine mase).

Mineralinis azotas (N_{min}). I ir II eksperimente apartų daugiamečių žolių masės skaidymosi ir N_{min} kiekio kitimo dirvožemyje dinamika buvo skirtinga. I eksperimento duomenimis, įterptų organinių medžiagų mineralizaciją, jų atpalaidavimo nesuderinamumą su auginamų javų azoto poreikiu lėmė meteorologinės sąlygos. Daugiamečių žolių aparinimo metais (2008) daugkartinė sausų bei perteklinio drėkinimo laikotarpių kaita lėmė intensyvesnius dirvožemio mikrobiologinius procesus vasaros antroje pusėje ir net spalio mėn. Tai vėlai rudenį padidino N_{min} kiekį dirvožemyje (1 lentelė). N_{min} labiausiai padidėjo pupinių žolių požeminę masę įterpus vieną (variantas – antžeminę masę išvežta iš lauko) arba kartu su dideliu kiekiu mulčio (variantas – mulčiuota), mažiausiai – antžeminę masę panaudojus kombinuotai. Didėjant su daugiamečių žolių požemine ir antžemine mase įterptų N ir C kiekių santykiui (kitimo ribos 18,6–57,0), dirvožemyje esmingai mažėjo N_{min} ($r = -0,697, P < 0,01$).

Pavasarių (pirmaisiais metais) dirvožemio N_{min} kiekio kitimui buvo esminė daugiamečių žolių ($P > 0,01$) ir jų antžeminės masės panaudojimo būdų ($P < 0,01$) įtaka. Tarpusavyje palyginus daugiameses žoles nustatyta, kad esmingai didesnis N_{min} kiekis dirvožemyje buvo žieminius kviečius auginant po grynų pupinių žolių ir mėlynžiedžių liucernų mišinio su eraičinsvidrėmis, palyginti su grynomis eraičinsvidrėmis. Visos daugiamečių žolių antžeminės masės mulčiavimas esmingai padidino (vidutiniškai 13,4 kg ha⁻¹) N_{min} kiekį dirvožemyje, o ją panaudojus kombinuotai, turėjo tik tendenciją didinti (vidutiniškai 6,3 kg ha⁻¹), palyginti su laukeliu, kai žolė išvežta iš lauko. Daugiausia N_{min} buvo po raudonųjų dobilų, mėlynžiedžių liucernų, jų mišinio su eraičinsvidrėmis (antžeminę masę panaudojus kombinuotai ir mulčiuojant). Didėjant įterptų su daugiamečių žolių mase (požemine ir antžemine) C ir N kiekių santykiui, N_{min} kiekis dirvožemyje sumažėjo. Ši priklausomybė buvo labai stipri ($r = -0,720, P < 0,01$). Padidėjus įterptų C ir N kiekių santykiui 1 punktu, rudenį dirvožemyje N_{min} sumažėjo 0,9 kg ha⁻¹, pavasarį – 0,6 kg ha⁻¹.

Antrųjų metų pavasarį, atsinaujinus žieminių kvietrugių vegetacijai (2010), esminių skirtumų

1 lentelė. Mineralinio azoto kiekio kitimo dirvožemyje (0–60 cm) dinamika

Table 1. Variation dynamics of mineral nitrogen ($N_{\min.}$) content in the soil (0–60 cm)

Daugiamečių žolių rūšys (A) <i>Perennial grasses (A)</i>	Daugiamečių žolių panaudojimo būdai (B) <i>Management methods of perennial grasses (B)</i>									
	Išvežta iš lauko <i>Removal from field</i>			Naudota kombinuotai <i>Mixed</i>			Mulčiuota <i>Mulching</i>			
	Kg ha ⁻¹									
	I eksperimentas / <i>Experiment I</i>									
	po aparimo <i>After ploughing</i>	pirmaisiais metais <i>1st year</i>	antraisiais metais <i>2nd year</i>	po aparimo <i>After ploughing</i>	pirmaisiais metais <i>1st year</i>	antraisiais metais <i>2nd year</i>	po aparimo <i>After ploughing</i>	pirmaisiais metais <i>1st year</i>	antraisiais metais <i>2nd year</i>	
E / Fl	34,1	37,1	43,1	38,9	37,0	40,7	45,7	44,1	38,0	
Rd / Rc	69,4	49,3	36,7	50,5	60,3	43,1	59,1	57,3	37,9	
Rd + E / Rc + Fl	43,4	43,1	35,9	69,2	46,7	40,6	68,7	50,5	41,0	
Ml / L	66,5	46,4	40,9	45,1	53,8	39,2	77,4	64,2	42,1	
Ml + E / L + Fl	52,9	43,4	39,1	49,1	52,7	44,6	72,6	70,3	51,8	
2008 m. / 2008 R ₀₅ / LSD ₀₅ A – 20,51, B – 15,89, AB – 35,53; 2009 m. / 2009 R ₀₅ / LSD ₀₅ A – 8,78, B – 6,80, AB – 15,20; 2010 m. / 2010 R ₀₅ / LSD ₀₅ A – 4,81, B – 3,72, AB – 8,33										
Daugiamečių žolių rūšys (A) <i>Perennial grasses (A)</i>	II eksperimentas / <i>Experiment II</i>									
	po aparimo <i>After ploughing</i>	pirmaisiais metais <i>1st year</i>	antraisiais metais <i>2nd year</i>	po aparimo <i>After ploughing</i>	pirmaisiais metais <i>1st year</i>	antraisiais metais <i>2nd year</i>	po aparimo <i>After ploughing</i>	pirmaisiais metais <i>1st year</i>	antraisiais metais <i>2nd year</i>	
	E / Fl	24,5	41,0	41,9	24,3	45,6	50,1	21,0	44,3	49,5
	Rd / Rc	39,9	66,5	56,5	40,7	66,2	57,9	36,0	68,1	63,6
	Rd + E / Rc + Fl	34,6	64,8	59,6	38,4	63,8	62,4	33,8	67,3	56,3
Ml / L	37,2	67,6	48,4	33,2	71,4	53,9	31,3	63,5	63,9	
Ml + E / L + Fl	30,1	57,5	64,1	35,9	62,6	50,2	34,1	63,5	75,2	
2009 m. / 2009 R ₀₅ / LSD ₀₅ A – 8,12, B – 6,29, AB – 14,07; 2010 m. / 2010 R ₀₅ / LSD ₀₅ A – 10,60, B – 8,22, AB – 18,37; 2011 m. / 2011 R ₀₅ / LSD ₀₅ A – 11,68, B – 9,04, AB – 20,22										

Pastaba / Note: E / Fl – eraičinsvidrės / *Festulolium*; Rd / Rc – raudonieji dobilai / *Red clover*; Rd + E / Rc + Fl – raudonieji dobilai + eraičinsvidrės / *Red clover + festulolium*; Ml / L – mėlynžiedės liucernos / *Lucerne*; Ml + E / L + Fl – mėlynžiedės cernos + eraičinsvidrės / *Lucerne + festulolium*.

tarp variantų nebuvo, nustatyta tik $N_{\min.}$ kiekio kitimo tendencija.

II eksperimente nustatytas didesnis suderinamumas tarp N atpalaidavimo iš įterptos žolių masės ir javų N poreikio. Žolių masės aparimo metais (2009) vėlai rudenį dirvožemyje nustatyta $N_{\min.}$ gerokai mažiau, nei I eksperimente. Jo kiekį esmingai didino ($P > 0,05$) daugiamečių žolės.

Pavasari (pirmaisiais metais) dirvožemio 0–60 cm sluoksnyje $N_{\min.}$ kiekį iš esmės lėmė tik daugiamečių žolių rūšys ($P > 0,01$). Vidutiniais duomenimis, po

pupinių žolių ir jų mišinių su eraičinsvidrėmis $N_{\min.}$ kiekis buvo 23,9–17,6 kg ha⁻¹, arba 40,4–54,8 % esmingai didesnis, nei po eraičinsvidrių. Skirtingai nei I eksperimente, antžeminės masės panaudojimo būdai didesnės įtakos $N_{\min.}$ kiekio kitimui neturėjo.

Antraisiais metais po daugiamečių žolių ir jų antžeminės masės įterpimo auginant žieminius kvietrugius (2011), dirvožemio 0–60 cm sluoksnyje $N_{\min.}$ kiekis buvo panašus kaip ir pirmisiais metais, tačiau didesnis (vidutiniškai 38,8 %), palyginti su I eksperimento atitinkamo laikotarpio duomenimis.

Didžiausias $N_{\min.}$ kiekis nustatytas dirvožemyje po mėlynžiedžių liucernų mišinio su miglinėmis. Daugiamečių žolių antžeminės masės panaudojimas esminės įtakos dirvožemio $N_{\min.}$ neturėjo. Dėl abiejų veiksnių sąveikos esmingai daugiau $N_{\min.}$ dirvožemyje nustatyta mėlynžiedžių liucernų mišinio su eraičinsvidrėmis antžeminę masę išvežus iš lauko (skirtumas sudarė $22,2 \text{ kg ha}^{-1}$), raudonųjų dobilų mišinio su eraičinsvidrėmis – naudojant kombinuotai ($20,6 \text{ kg ha}^{-1}$), o raudonųjų dobilų, mėlynžiedžių liucernų ir pastarųjų mišinio su eraičinsvidrėmis – visą mulčiuojant ($21,8\text{--}33,3 \text{ kg ha}^{-1}$), palyginti su kontroliniu variantu. Daugiamečių žolių požeminės ir antžeminės masės įterpimo metais (vėlai rudenį), kitų ir dar kitų metų pavasarį nustatyta $N_{\min.}$ kiekio esmingos labai stiprios ir stiprios priklausomybės nuo įterpto C ir N kiekių santykio (kitimo ribos $17,8\text{--}57,1$). Didėjant C:N, $N_{\min.}$ dirvožemyje mažėjo (atitinkamai $r = -0,781$ $P < 0,01$; $r = -0,919$, $P < 0,01$ ir $r = -0,622$, $P < 0,01$). Statistinės analizės duomenimis, padidėjus C ir N kiekių, įterptų su daugiamečių žolių mase, santykiui 1 punktu, $N_{\min.}$ kiekis dirvožemyje įterpimo metais rudenį sumažėjo $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$, kitų metų pavasarį – $0,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ir dar kitų metų – $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$.

Organinė anglis ($C_{\text{org.}}$). I eksperimente prieš daugiamečių žolių aparimą (eksperimento pradžioje) dirvožemyje $C_{\text{org.}}$ buvo nuo $15,0$ iki $17,5 \text{ g kg}^{-1}$ (2 lentelė).

Visą daugiamečių žolių antžeminę masę išvežus iš lauko ir dvejus metus auginant javus, $C_{\text{org.}}$ kiekis sumažėjo. Dalį daugiamečių žolių antžeminės masės panaudojus trąšai (kombinuotas būdas), jis sumažėjo tik po grynų pupinių žolių. Visą pupinių žolių ir mėlynžiedžių liucernų mišinio su eraičinsvidrėmis antžeminę masę panaudojus žaliajai trąšai (mulčiuota), padidėjo, palyginti su duomenimis eksperimento pradžioje.

Eksperimento pabaigoje $C_{\text{org.}}$ kiekio kitimui dirvožemyje esminės įtakos turėjo tik daugiamečių žolių antžeminės masės panaudojimo būdai ($P < 0,01$). Dirvožemyje iš esmės mažesnis $C_{\text{org.}}$ kiekis nustatytas daugiamečių žolių antžeminę masę panaudojus kombinuotai, palyginti su laukeliu, kur žolė išvežta iš lauko. Visos antžeminės masės mulčiavimas turėjo tendenciją didinti dirvožemio $C_{\text{org.}}$ kiekį. Daugiausia $C_{\text{org.}}$ nustatyta po raudonųjų dobilų ir mėlynžiedžių liucernų mišinio su eraičinsvidrėmis visos antžeminės masės įter-

pimo, mažiausiai – visą ar dalį raudonųjų dobilų mišinio su eraičinsvidrėmis antžeminės masės panaudojus žaliajai trąšai.

II eksperimente dirvožemio $C_{\text{org.}}$ pokyčiai buvo ryškesni. Tyrimo laikotarpiu (2009–2011) dirvožemyje $C_{\text{org.}}$ padidėjo nuo $15,8\text{--}17,9 \text{ g kg}^{-1}$ iki $17,4\text{--}19,9 \text{ g kg}^{-1}$. Nustatyta, kad daugiausia $C_{\text{org.}}$ kiekis padidėjo po eraičinsvidrių priešsėlio, palyginti su buvusiu eksperimento pradžioje. Antžeminės masės panaudojimas žaliajai trąšai taip pat lėmė $C_{\text{org.}}$ kiekio padidėjimą.

Eksperimento pabaigoje $C_{\text{org.}}$ kiekio kitimui dirvožemyje esminės įtakos turėjo daugiametės žolės ($P < 0,05$), jų antžeminės masės panaudojimo būdai ($P < 0,05$) ir šių veiksnių sąveika ($P < 0,05$). Dalį antžeminės masės panaudojus žaliajai trąšai, $C_{\text{org.}}$ kiekis padidėjo $5,6 \%$, visą – $4,7 \%$ (vidutiniai duomenys), palyginti su laukeliu, kur žolė išvežta iš lauko. Dirvožemyje daugiausia $C_{\text{org.}}$ nustatyta po eraičinsvidrių ir raudonųjų dobilų priešsėlio, mažiausia – pupinių žolių ir jų mišinių su eraičinsvidrėmis antžeminę masę išvežus iš lauko.

Suminis azotas ($N_{\text{sum.}}$). I eksperimento dirvožemyje $N_{\text{sum.}}$ kiekis tyrimo laikotarpiu (2008–2010) padidėjo visuose laukeliuose nuo $1,23\text{--}1,29 \text{ g kg}^{-1}$ iki $1,25\text{--}1,31 \text{ g kg}^{-1}$, ypač trąšai panaudojus daugiamečių žolių antžeminę masę (3 lentelė).

Eksperimento pabaigoje $N_{\text{sum.}}$ kiekio kitimui dirvožemyje esminės įtakos turėjo daugiametės žolės ($P < 0,05$) ir jų antžeminės masės panaudojimo būdai ($P < 0,01$). Esmingai didesnis $N_{\text{sum.}}$ kiekis nustatytas javus auginant po raudonųjų dobilų, mėlynžiedžių liucernų, jų mišinio su eraičinsvidrėmis. Dirvožemyje $N_{\text{sum.}}$ kiekį padidino (vidutiniškai $2,3 \%$) visos antžeminės masės mulčiavimas. Nustatyta dirvožemio $N_{\text{sum.}}$ priklausomybė nuo įterpto daugiamečių žolių požeminės ir antžeminės masės azoto kiekio. Ši priklausomybė buvo tiesinė ir stipri ($r = 0,579$, $P < 0,05$). Didėjant įterptų C ir N kiekių santykiui dirvožemio $N_{\text{sum.}}$ sumažėjo, nustatyta atvirkštinė stipri tiesinė priklausomybė ($r = -0,521$, $P < 0,05$).

$N_{\text{sum.}}$ kiekis dirvožemyje (eksperimento pabaigoje) labai stipriai koreliavo su $N_{\min.}$ kiekiu pirmaisiais metais po daugiamečių žolių įterpimo. Didėjant šiam rodikliui, didėjo ir dirvožemio $N_{\text{sum.}}$ ($r = 0,826$, $P < 0,01$). Antraisiais metais po daugiamečių žolių masės įterpimo priklausomybės tarp dirvožemio $N_{\min.}$ ir dirvožemio $N_{\text{sum.}}$ nebuvo. Bendrosios energijos ir N kiekis, sukauptas

2 lentelė. Organinės anglies kiekio kitimas dirvožemyje (0–25 cm)

Table 2. Changes of organic carbon content in the soil (0–25 cm)

Daugiamečių žolių rūšys (A) <i>Perennial grasses (A)</i>	Daugiamečių žolių panaudojimo būdai (B) <i>Management methods of perennial grasses (B)</i>								
	Išvežta iš lauko <i>Removal from field</i>			Naudota kombinuotai <i>Mixed</i>			Mulčiuota <i>Mulching</i>		
	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas <i>Difference</i>	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas <i>Difference</i>
	g kg ⁻¹ dirvožemio / g kg ⁻¹ of soil								
I eksperimentas (2008–2010 m.) / Experiment I (2008–2010)									
E / <i>Fl</i>	17,0	16,9	–0,1	15,9	16,4	+0,5	17,5	16,8	–0,7
Rd / <i>Rc</i>	17,4	17,0	–0,4	17,0	16,4	–0,6	16,6	17,2	+0,6
Rd + E / <i>Rc + Fl</i>	16,8	16,5	–0,3	16,1	16,2	+0,1	16,6	16,2	–0,4
Ml / <i>L</i>	17,2	16,9	–0,3	16,7	16,0	–0,7	15,0	16,6	+0,3
Ml + E / <i>L + Fl</i>	17,0	16,6	–0,4	15,3	16,3	+1,0	16,9	17,2	+0,3
2008 m. / 2008 R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,68, B – 0,53, AB – 1,18; 2010 m. / 2010 R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,64, B – 0,49, AB – 1,11; skirtumas / Difference R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,86, B – 0,66, AB – 1,49									
II eksperimentas (2009–2011 m.) / Experiment II (2009–2011)									
Daugiamečių žolių rūšys (A) <i>Perennial grasses (A)</i>	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>
E / <i>Fl</i>	16,5	18,9	+2,4	15,9	18,2	+2,3	16,2	19,9	+3,7
Rd / <i>Rc</i>	16,3	17,9	+1,6	17,9	19,8	+1,9	15,9	19,2	+3,3
Rd + E / <i>Rc + Fl</i>	16,3	17,5	+1,2	16,4	18,6	+2,2	16,6	18,1	+1,5
Ml / <i>L</i>	15,8	17,4	+1,6	16,2	18,9	+2,7	16,4	18,1	+1,6
Ml + E / <i>L + Fl</i>	16,2	17,8	+1,6	16,0	18,9	+2,9	16,2	18,4	+2,2
2009 m. / 2009 R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,67, B – 0,52, AB – 1,17; 2011 m. / 2011 R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,65, B – 0,50, AB – 1,12; skirtumas / Difference R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,80, B – 0,62, AB – 1,39									

Pastaba / Note: E / *Fl* – eraičinsvidrės / *Festulolium*; Rd / *Rc* – raudonieji dobilai / *Red clover*; Rd + E / *Rc + Fl* – raudonieji dobilai + eraičinsvidrės / *Red clover + festulolium*; Ml / *L* – mėlynžiedės liucernos / *Lucerne*; Ml + E / *L + Fl* – mėlynžiedės liucernos + eraičinsvidrės / *Lucerne + festulolium*; * – skirtumas tarp C_{org.} kiekio eksperimento pradžioje ir jo kiekio eksperimento pabaigoje / Difference between C_{org.} in the beginning of the experiment and its content at the end of the experiment.

žieminių javų (kviečių ir kvietrugių) derliuje (šioms rodikliams kintant atitinkamai 70,7–126,9 G J⁻¹ ir 91,4–164,3 kg ha⁻¹), taip pat koreliavo su dirvožemio N_{sum.} Nustatytos stiprios tiesinės priklausomybės (atitinkamai $r = 0,657$, $P < 0,01$ ir $r = 0,723$, $P < 0,01$).

II eksperimento dirvožemyje po daugiamečių žolių aparimo (eksperimento pradžioje) N_{sum.} buvo 1,28–1,48 g kg⁻¹, jo kiekis tyrimų laikotarpiu kito kitaip negu I eksperimente. Visą daugiamečių žolių antžeminę masę išvežus iš lauko, visuose laukeliuo-

se N_{sum.} sumažėjo, palyginti su N_{sum.} prieš žolių aparimą. Kitais būdais panaudojus daugiamečių žolių antžeminę masę, N_{sum.} kito nevienareikšmiai. Dalį mėlynžiedžių liucernų ir raudonųjų dobilų mišinio su eraičinsvidrėmis antžeminės masės panaudojus žaliajai trąšai arba visą mėlynžiedžių liucernų masę mulčiuojant, dirvožemyje N_{sum.} kiekis sumažėjo 0,01–0,15 g kg⁻¹, palyginti su duomenimis prieš žolių aparimą.

Eksperimento pabaigoje N_{sum.} kiekio kitimui dirvožemyje esminės įtakos neturėjo nei daugiamečių

3 lentelė. Suminio azoto kiekio kitimas dirvožemyje (0–25 cm)

Table 3. Changes of total nitrogen content in the soil (0–25 cm)

Daugiamečių žolių rūšys (A) Perennial grasses (A)	Daugiamečių žolių panaudojimo būdai (B) Management methods of perennial grasses (B)									
	Išvežta iš lauko Removal from field			Naudota kombinuotai Mixed			Mulčiuota Mulching			
	Pradžioje In the beginning	Pabaigoje At the end	Skirtumas* Difference	Pradžioje In the beginning	Pabaigoje At the end	Skirtumas* Difference	Pradžioje In the beginning	Pabaigoje At the end	Skirtumas* Difference	
	g kg ⁻¹ dirvožemio / g kg ⁻¹ of soil									
I eksperimentas (2008–2010 m.) / Experiment I (2008–2010)										
E / Fl	1,23	1,30	+0,07	1,22	1,25	+0,03	1,28	1,31	+0,03	
Rd / Rc	1,29	1,35	+0,06	1,28	1,36	+0,08	1,29	1,34	+0,05	
Rd + E / Rc + Fl	1,26	1,27	+0,01	1,25	1,26	+0,01	1,26	1,29	+0,03	
Ml / L	1,29	1,32	+0,03	1,24	1,34	+0,10	1,25	1,39	+0,14	
Ml + E / L + Fl	1,29	1,33	+0,04	1,26	1,34	+0,08	1,25	1,39	+0,14	
2008 m. / 2008 R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,022, B – 0,017, AB – 0,038; 2010 m. / 2010 R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,030, B – 0,023, AB – 0,052; skirtumas / Difference R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,040, B – 0,031 AB – 0,069										
Daugiamečių žolių rūšys (A) Perennial grasses (A)	II eksperimentas (2009–2011 m.) / Experiment II (2009–2011)									
	Pradžioje In the beginning	Pabaigoje At the end	Skirtumas* Difference	Pradžioje In the beginning	Pabaigoje At the end	Skirtumas* Difference	Pradžioje In the beginning	Pabaigoje At the end	Skirtumas* Difference	
	E / Fl	1,47	1,32	–0,15	1,27	1,38	+0,11	1,29	1,31	+0,02
	Rd / Rc	1,44	1,40	–0,04	1,36	1,38	+0,02	1,35	1,48	+0,13
Rd + E / Rc + Fl	1,41	1,32	–0,09	1,48	1,42	–0,06	1,36	1,39	+0,03	
Ml / L	1,41	1,32	–0,09	1,42	1,41	–0,01	1,46	1,41	–0,05	
Ml + E / L + Fl	1,41	1,37	–0,04	1,36	1,41	+0,05	1,28	1,40	+0,12	
2009 m. / 2009 R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,093, B – 0,072, AB – 0,162; 2011 m. / 2011 R ₀₅ LSD ₀₅ A – 0,086, B – 0,067, AB – 0,150; skirtumas / Difference R ₀₅ LSD ₀₅ A – 1,00, B – 0,077, AB – 0,173										

Pastaba / Note: E / Fl – eraičinsvidrės / *Festulolium*; Rd / Rc – raudonieji dobilai / *Red clover*; Rd + E / Rc + Fl – raudonieji dobilai + eraičinsvidrės / *Red clover* + *festulolium*; Ml / L – mėlynžiedės liucernos / *Lucerne*; Ml + E / L + Fl – mėlynžiedės liucernos + eraičinsvidrės / *Lucerne* + *festulolium*; * – skirtumas tarp C_{org.} kiekio eksperimento pradžioje ir jo kiekio eksperimento pabaigoje / Difference between C_{org.} in the beginning of the experiment and its content at the end of the experiment.

žolių rūšys, nei jų panaudojimo būdai. Statistinės analizės duomenimis, dirvožemio N_{sum.} priklausė nuo įterptų daugiamečių žolių požeminės ir antžeminės masės N bei C kiekių, jiems didėjant dirvožemyje daugėjo N_{sum.}. Šie koreliaciniai ryšiai buvo labai stiprūs (atitinkamai $r = 0,789$, $P < 0,01$ ir $r = 0,740$, $P < 0,01$). Didėjant įterptų C ir N kiekių santykiui dirvožemio N_{sum.} sumažėjo, nustatyta atvirkštinė stipri tiesinė priklausomybė ($r = -0,583$, $P < 0,05$).

Dirvožemio N_{sum.} koreliavo su N_{min.} ne tik pirmaisiais metais po žolių aparimo, bet ir antraisiais. Tarp šių rodiklių nustatytos stiprios tiesinės priklausomybės (atitinkamai $r = 0,521$, $P < 0,05$ ir $r = 0,520$, $P < 0,05$). Esminiai stiprūs tiesiniai ryšiai nustatyti dirvožemio N_{sum.} su bendrosios energijos ir N kiekiais, sukauptais žieminių javų (kviečių ir kvietrugių) derliuje (šioms rodikliams kintant atitinkamai 66,5–122,8 G J⁻¹ ir 83,1–159,4 kg ha⁻¹). Didėjant javų derliui (G J⁻¹), jame sukauptam

N kiekiui, didėjo ir dirvožemio N_{sum} . (atitinkamai $r = 0,598$, $P < 0,05$ ir $r = 0,684$, $P < 0,01$).

Anglies ir azoto santykis (C:N). C ir N santykis parodo dirvožemio organinės medžiagos irimo ar sintezės laipsnį, šiam santykiui mažėjant procesai pasislenka mineralizacijos link (Don, Scholten, Schulze, 2009). I eksperimente prieš daugiamečių žolių aparimą (eksperimento pradžioje) dirvožemyje C:N buvo 12,1–13,9 (4 lentelė). Eksperimento pabaigoje C:N sumažėjo visų laukelių dirvožemyje (0,2–0,9), antže-

minę masę išvežus iš lauko, dalį pupinių žolių antžeminės masės panaudojus žaliajai trąšai (1,2–1,6 punkto) arba visų žolių (išskyrus raudonuosius dobilus) antžeminę masę mulčiuojant (0,7–1,1 punkto), palyginti su duomenimis prieš žolių aparimą.

I eksperimento pabaigoje C:N kitimui dirvožemyje esminės įtakos turėjo tik daugiametės žolės ($P < 0,05$). Esmingai mažesnis C:N buvo javus auginant po mėlynžiedžių liucernų ir jų mišinio su eraičinsvidrėmis, palyginti su grynomis

4 lentelė. Anglies ir azoto santykio kitimas dirvožemyje (0–25 cm)

Table 4. Carbon and nitrogen ratio variation in soil (0–25 cm)

Daugiamečių žolių rūšys (A) <i>Perennial grasses (A)</i>	Daugiamečių žolių panaudojimo būdai (B) <i>Management methods of perennial grasses (B)</i>								
	Išvežta iš lauko <i>Removal from field</i>			Išvežta iš lauko <i>Removal from field</i>			Išvežta iš lauko <i>Removal from field</i>		
	g kg ⁻¹ dirvožemio / g kg ⁻¹ of soil								
	I eksperimentas (2008–2010 m.) / <i>Experiment I (2008–2010)</i>								
	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>
E / Fl	13,9	13,0	-0,9	13,0	13,1	+0,1	13,7	12,9	-0,8
Rd / Rc	13,6	12,7	-0,9	13,3	12,1	-1,2	12,8	12,9	+0,1
Rd + E / Rc + Fl	13,3	13,1	-0,2	12,9	12,9	0	13,3	12,6	-0,7
Ml / L	13,3	12,9	-0,4	13,5	11,9	-1,6	13,0	11,9	-1,1
Ml + E / L + Fl	13,1	12,5	-0,6	12,1	12,2	+0,1	13,6	12,5	-1,1
2008 m. / 2008 R_{05} / LSD_{05} A – 0,624; B – 0,483; AB – 1,081; 2010 m. / 2010 R_{05} / LSD_{05} A – 0,568; B – 0,440; AB – 0,983; skirtumas / <i>Difference</i> R_{05} / LSD_{05} A – 0,856; B – 0,663; AB – 1,482									
Daugiamečių žolių rūšys (A) <i>Perennial grasses (A)</i>	II eksperimentas (2009–2011 m.) / <i>Experiment II (2009–2011)</i>								
	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Pabaigoje <i>At the end</i>	Skirtumas* <i>Difference</i>
E / Fl	11,2	14,4	+3,2	12,9	13,3	+0,4	12,6	15,3	+2,7
Rd / Rc	11,3	12,9	+1,6	13,3	14,3	+1,2	11,9	13,0	+1,1
Rd + E / Rc + Fl	11,6	13,4	+1,8	11,1	13,3	+2,2	12,2	13,3	+1,1
Ml / L	11,2	13,3	+2,1	11,5	13,4	+1,9	11,3	12,9	+1,6
Ml + E / L + Fl	11,6	12,1	+0,5	11,8	13,4	+1,6	12,9	13,1	+0,2
2009 m. / 2009 R_{05} / LSD_{05} A – 0,986; B – 0,764; AB – 1,708; 2011 m. / 2011 R_{05} / LSD_{05} A – 0,727; B – 0,563; AB – 1,259; skirtumas / <i>Difference</i> R_{05} / LSD_{05} A – 1,364; B – 1,057; AB – 2,363									

Pastaba / Note: E / Fl – eraičinsvidrės / *Festulolium*; Rd / Rc – raudonieji dobilai / *Red clover*; Rd + E / Rc + Fl – raudonieji dobilai + eraičinsvidrės / *Red clover + festulolium*; Ml / L – mėlynžiedės liucernos / *Lucerne*; Ml + E / L + Fl – mėlynžiedės liucernos + eraičinsvidrės / *Lucerne + festulolium*; * – skirtumas tarp C_{org} kiekio eksperimento pradžioje ir jo kiekio eksperimento pabaigoje / *Difference between C_{org} in the beginning of the experiment and its content at the end of the experiment.*

eraičinsvidrėmis. Vidutiniais duomenimis, daugiamečių žolių rūšys ir jų mišiniai pagal įtaką dirvožemio C:N mažėjimui pasiskirstė taip: eraičinsvidrės > raudonieji dobilai ir jų mišinys su eraičinsvidrėmis > mėlynžiedės liucernos ir jų mišinys su eraičinsvidrėmis. Žaliųjų trąšų panaudojimas turėjo tendenciją mažinti C:N. Eksperimento pabaigoje nustatyta dirvožemio C:N priklausomybė nuo $N_{sum.}$. Šiam rodikliui didėjant (esant $C_{org.}$ nuo 16,0 iki 17,2 g kg⁻¹), C:N esmingai sumažėjo 10,1 % – nuo 13,1 iki 11,9 ($r = -0,715$, $P < 0,01$). Esminis stiprus tiesinis ryšys nustatytas dirvožemio C:N su įterptų daugiamečių žolių C ir N kiekių santykiu ($r = 0,572$, $P < 0,05$).

II eksperimento duomenimis, prieš žolių aparimą (eksperimento pradžioje) dirvožemio C:N buvo 11,1–13,3. Eksperimento pabaigoje (skirtingai negu I eksperimento) jis visų laukelių dirvožemyje padidėjo: labiau – visą žolių antžeminę masę išvežus iš lauko, mažiau – panaudojus žaliąją trąšą. Dirvožemio C:N daugiausiai padidėjo po eraičinsvidrių.

II eksperimento pabaigoje dirvožemio C:N esmingai lėmė daugiametės žolės ($P < 0,01$). Iš esmės mažesnis C:N buvo javus auginant po visų pupinių žolių ir jų mišinių su eraičinsvidrėmis (0,9–1,1 punkto), palyginti su grynomis eraičinsvidrėmis. Daugiamečių žolių rūšys ir jų mišiniai pagal įtaką dirvožemio C:N kitimui pasiskirstė analogiškai I eksperimentui, tik reikšmės buvo didesnės. Skirtingai negu I eksperimente, žaliųjų trąšų panaudojimas turėjo tendenciją didinti C:N. Dirvožemio C:N glaudžiai koreliavo su dirvožemio $C_{org.}$ su $N_{sum.}$ – ryšys buvo silpnas ir neesminis. $C_{org.}$ kiekiui didėjant (esant $N_{sum.}$ 1,31–1,48 g kg⁻¹), C:N esmingai padidėjo 26,4 % – nuo 12,1 iki 15,3 ($r = 0,695$ $P < 0,01$).

IŠVADOS

1. Daugiamečių žolių ir jų mišinių su eraičinsvidrėmis biomasėje C ir N kiekių santykis pasiskirstė taip: 46,8 (eraičinsvidrių) > 24,8–26,6 (pupinių žolių mišinių su eraičinsvidrėmis) > 20,5–21,6 (pupinių žolių). Daugiamečių žolių antžeminės masės mulčiavimas mažino įterptų į dirvožemį C ir N kiekių santykį.

2. Įterptų daugiamečių žolių požeminės ir antžeminės masės greita mineralizacija lėmė $N_{min.}$ kiekio dirvožemyje padidėjimą po aparimo vėlai

rudenį, kitų metų pavasarį ir mažesnę suderinamumą su javų poreikiu azotui (I eksperimentas). $N_{min.}$ kiekis buvo esmingai didesnis po pupinių žolių ar visos antžeminės masės mulčiavimo. Lėčiau skaidantis įterptai požeminei ir antžeminei žolių masei (II eksperimentas), $N_{min.}$ kiekis didėjo dvejus metus pavasarį, atsinaujinus žieminių javų vegetacijai. Pirmaisiais metais $N_{min.}$ kiekį padidino daugiametės žolės, antraisiais – daugiamečių žolių (daugiausiai pupinių ir eraičinsvidrių mišinių) ir jų panaudojimo būdų sąveika. Mažėjant su daugiamečių žolių mase įterptų C ir N kiekių santykiui, dirvožemyje daugėjo $N_{min.}$ kiekis, ypač kitais metais po įterpimo (abiejų bandymų duomenimis).

3. I eksperimento pabaigoje $C_{org.}$ dirvožemyje padidino visos antžeminės masės mulčiavimas, II – daugiametės žolės, dalies ar visos antžeminės masės mulčiavimas. Daugiau $C_{org.}$ kaupėsi tuomet, kai lėčiau vyko įterptų daugiamečių žolių masės mineralizacija.

4. Svarbią reikšmę augalų produktyvumui ir dirvožemyje vykstantiems procesams turi su augalų antžemine ir požemine mase tręšimui panaudotas N. Nustatyta, kad įterptas su augalų biomase N kiekis lėmė javų derliaus padidėjimą, didesnę N sukauptimą jame ir daugeliu atvejų didesnę ar mažai kintantį dirvožemio $N_{sum.}$. Su daugiamečių žolių mase didėjant įterptų C ir N kiekių santykiui dirvožemyje $N_{sum.}$ mažėjo.

5. Dirvožemio C:N didėjo daugėjant jame $C_{org.}$ ar mažėjant $N_{sum.}$. Šio rodiklio kitimui esminės įtakos turėjo daugiametės žolės, mažiau – antžeminės masės panaudojimas. Pagal įtaką dirvožemio C ir N santykio mažinimui daugiametės žolės ir jų mišiniai pasiskirstė taip: mėlynžiedės liucernos ir jų mišinys su eraičinsvidrėmis > raudonieji dobilai ir jų mišinys su eraičinsvidrėmis > eraičinsvidrės.

PADĖKA

Dalis tyrimų rezultatų gauta vykdant projektą „C3 ir C4 žolinių augalų daugiafunkcionalumo inovatyvioms technologijoms mokslinis pagrindimas: fitožaliavos–bioproduktai–poveikis aplinkai“ Nr. VP1-3.1-ŠMM-08-01-023.

Gauta 2013 09 16
Priimta 2013 12 16

LITERATŪRA

1. Aguilera E., Lassaletta L., Gatinger A., Gimeno B. S. 2013. Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 168. P. 25–36.
2. Askegaard M., Olesen J. E., Rasmussen I. A. 2011. Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 142. Issues 3–4. P. 149–160.
3. Arlauskienė A., Maikštėnienė S., Šlepetienė A. 2011. Application of environmental protection measures for clay loam Cambisol used for agricultural purposes. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. Vol. 19(1). P. 71–80.
4. Blanco-Canqui H., Lal R. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Science*. Vol. 28. P. 139–163.
5. Blombacka K., Eckerstenb H., Lewana E., Aronsson H. 2003. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. *Agricultural Systems*. Vol. 76. Issue 1. P. 95–114.
6. Buysse P., Roisin C., Aubinet M. 2013. Fifty years of contrasted residue management of an agricultural crop: impacts on the soil carbon budget and on soil heterotrophic respiration. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2013. Vol. 167. P. 52–59.
7. Christopher S. F., Lal R. 2007. Nitrogen management affects carbon sequestration in North American Croplands. *Critical Reviews in Plant Science*. Vol. 26(1). P. 45–64.
8. Cobo G., Barrios E., Kass D., Thomas R. J. 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil*. Vol. 240. No. 2. P. 331–342.
9. Cuttle S., Shepherd M., Goddlass G. 2003. *A Review of Leguminous Fertility-building Crops, with Particular Reference to Nitrogen Fixation and Utilisation*. Written as a part of Defra Project OF0316 “The Development of Improved Guidance on the Use of Fertility-building Crops in Organic Farming”. 165 p.
10. Decock C., Six J. 2013. An assessment of N-cycling and sources of N₂O during a simulated rain event using natural abundance ¹⁵N. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 165. P. 141–150.
11. Doltra J., Olesen J. E. 2013. The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereal in organic farming under Nordic climate. *European Journal of Agronomy*. Vol. 44. P. 98–108.
12. Don A., Scholten T., Schulze E. D. 2009. Conversion of cropland into grassland: Implications for soil organic-carbon stocks in two soils with different texture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. Vol. 172. P. 53–62.
13. Francaviglia R., Coleman K., Whitmore A. P., Doro L., Urracci G., Rubino M., Ledda L. 2012. Changes in soil organic carbon and climate change – Application of the RothC model in agro-silvo-pastoral Mediterranean systems. *Agricultural Systems*. Vol. 112. P. 48–54.
14. Govaerts B., Verhulst N., Castellanos-Navarrete A., Sayre K. D., Dixon J., Dendooven E. L. 2009. Conservation agriculture and soil carbon sequestration: between myth and farmer reality. *Critical Reviews in Plant Science*. Vol. 28(3). P. 97–122.
15. Kätterer T., Bolinder M. A., Andren O., Kirchmann H., Menichetti L. 2011. Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 141. P. 184–192.
16. Kirkly C. A., Kirkegaard J. A., Richardson A. E., Wade L. J., Blanchard C., Batten G. 2011. Stable soil organic matter: a comparison of C:N:P:S ratios in Australian and other world soils. *Geoderma*. Vol. 163. P. 197–208.
17. Lal R. 2009. Challenges and opportunities in soil organic matter research. *European Journal of Soil Sciences*. Vol. 60. P. 158–169.
18. Lal R. 2011. Sequestering carbon in soils of agroecosystems. *Food Policy*. Vol. 36. P. 33–39.
19. Lupway N. Z., Haque I. 1998. Mineralization of N, P, K, Ca, and Mg from Sesbania and Laucaena leaves varying in chemical composition. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 30. P. 337–343.
20. Mattsson L., Persson J. 2006. Impact of rotations and crop residue treatments on soil organic matter content in two Swedish long-term experiments. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Vol. 52. No. 5. P. 485–494.
21. Mohanty M., Sammi Reddy K., Probert M. E., Dalal R. C., Sububa Rao A., Menzies N. W. 2011. Modelling N mineralization from green manure and farmyard manure from a laboratory incubation study. *Ecological Modeling*. Vol. 222. P. 719–726.
22. Muller T., Jensen L. S., Nielsen N. E., Magid J. 1998. Turnover of carbon and nitrogen in a sandy loam soil following incorporation of chopped maize plants, barely straw and blue grass in the field. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 30. P. 561–571.
23. Nemeikšienė D., Arlauskienė A., Maikštėnienė S., Šlepetienė A. 2012. Žaliųjų trąšų technologijos azoto išnaudojimui pagerinti sėjomainose su žieminiiais javais. *Žemės ūkio mokslai*. T. 19. Nr. 4. P. 213–225.
24. Russell A. E., Laird D. A., Parkin T. B., Malarino A. P. 2005. Impact of nitrogen fertilization and cropping system on carbon sequestration

- in Midwestern mollisols. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 69. P. 413–422.
25. Seneviratne G. 2000. Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture: a synthesis. *Biology and Biochemistry of Soils*. Vol. 31. P. 60–64.
 26. Six J., Bossuyt H., Degryze S., Deneff K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil & Tillage Research*. Vol. 79. P. 7–31.
 27. Stockmann U., Adams M., Crawford J. W., Field D. J., Henakaarchchi N., Jenkins M., Minasny B., McBratney A. B., de Remy de Courcelles V., Singh K., Wheeler I., Abbott L., Angers D. A., Baldock J., Bird M., Brookes P. C., Chenu C., Jastrow J. D., Lal R., Lehmann J., O'Donnell A. G., Parton W. J., Whitehead D., Zimmermann M. 2013. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 164. P. 80–99.
 28. Tejada M., Gonzalez J. L., Garcia-Martinez A. M., Parrado J. 2008. Effects of different green manure on soil biological properties and maize yield. *Bioresource Technology*. Vol. 99. P. 1758–1767.
 29. White R. E. 2006. *Principles and Practice of Soil Science: The Soil as a Natural Resource*. Cornwall: Blackwell Science Ltd. 363 p.
 30. Zotarelli L., Zatorre N. P., Boddey R. M., Urquiaga S., Jantalia C. P., Francini J. C., Alves B. J. R. 2012. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research*. Vol. 132. P. 185–195.

Aušra Arlauskienė, Alvyra Šlepetienė,
Danguolė Nemeikšienė

EFFECT OF THE ABOVEGROUND MASS OF LEGUMES APPLIED FOR THE GREEN MANURE ON CARBON AND NITROGEN CHANGE IN GLEYIC CAMBISOL

Summary

Surveys on *Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol* were implemented in the Joniškėlis Experimental Station of the Lithuanian Agrarian and Forestry Centre during the period of 2007–2012 with an aim to determine the effect of the aboveground mass of different perennials – red clover (*Trifolium pratense* L.), lucerne (*Medicago sativa* L.), mixture of these grasses with the festulolium – applied for the green manure in different ways on the change of the organic carbon ($C_{org.}$) and total nitrogen (N_{total}) in the soil under conditions of the organic agriculture. It was defined that the rapid mineralisation of the aboveground and underground mass of incorporated perennials (Experiment 1) determined the increase of $N_{min.}$ content after the ploughing late in autumn, and in spring of the next year the $N_{min.}$ content was significantly higher after the mulching of legumes or all aboveground mass. Upon slower decomposition of the incorporated aboveground as well as the underground mass of grasses (Experiment 2), $N_{min.}$ content was increasing for two years in spring after renewal of the vegetation of crops. During the first year, $N_{min.}$ content was increased by perennials, and during the second year it was increased by the interaction of ways of applying perennials (mainly mixtures of legumes and festulolium). Upon the increasing N content incorporated together with the mass of perennials and upon reducing C:N ratio, $N_{min.}$ content was increasing in the soil. There was no dependability of $C_{org.}$ content in the soil from the incorporated organic manure C, N. Higher $C_{org.}$ content was accumulated in soil upon slower mineralisation of the incorporated mass of perennials. The survey data indicated that the important effect on the productivity of plants and processes in soil was made by the nitrogen applied for the manure with the aboveground as well as the underground mass of plants. N content, incorporated together with the biomass of plants, determined $N_{min.}$ of the soil, the increase of harvest, greater N accumulation in it and in the majority of cases it affected greater or slowly changing N_{total} content in the soil. C:N increased with increasing $C_{org.}$ or reducing N_{total} , and decreased when crops were cultivated after all perennials or their mixtures with festulolium.

Key words: perennials, green manure, $C_{org.}$ and N_{total} of the soil