

Organinė anglis ir kiti svarbūs makroelementai rūgščiame ir kalkintame dirvožemyje

Ieva Jokubauskaitė,

Alvyra Šlepetienė,

Danutė Karčauskienė

Lietuvos agrarinių ir
miškų mokslų centras,
Instituto al. 1,
LT-58344 Akademija, Kėdainių r.
El. paštas: evvute@yahoo.com;
alvyra@lzi.lt

Tyrimo tikslas – įvertinti periodinio kalkinimo įtaką organinės anglies ir kitų svarbių makroelementų kiekiui natūraliai rūgščiuose dirvožemiuose. Tyrimai atlikti 2012 m. LAMMC Vėžaičių filiale, ilgamečiame lauko bandyme (įrengtame 1949 m.). Dirvožemis – nepasotintas sekliai glėjiškas balkšvažemis (*Dystric – Epihypogleyic Albeluvisol*). Pirminis dirvožemio kalkinimas atliktas 1949 m. Kalkinių trąšų normų poveikis stebėtas iki 1964 m., 1965 m. dirvožemis pakartotinai pakalkintas 0,5 normos pagal hidrolizinį rūgštumą ($3,3 \text{ t ha}^{-1}$). Periodiškas kalkinimas pradėtas 1985 m. pirminio ir pakartotinio kalkinimo 0,5 normos ($3,3 \text{ t ha}^{-1}$) fone, dirvožemis periodiškai intensyviai kalkintas iki 2005 m. Periodiniam kalkinimui skirtingu periodiškumu naudoti nevienodi kalkinių trąšų kiekiai. Vėliau dirvožemis pakartotinai nekalkintas, buvo stebima, kaip jis rūgštėjo ir kito jo savybės. Per ilgesnį nei 60 metų tyrimų laikotarpį ir natūraliai rūgščiuose bei ilgą laiką intensyviai periodiškai kalkintuose dirvožemiuose susiformavo tam tikros jiems būdingos cheminės savybės. Dirvožemio kalkinimas organinės anglies kiekį esminiai mažino. Nekalkintame dirvožemyje nustatyta gana didelė santykinė judriųjų huminių medžiagų dalis. Kalkinant dirvožemį judriųjų huminių rūgščių koncentracija ariamajame sluoksnyje iš esmės sumažėjo. Dirvožemio humuso sudėtyje įvyko persitvarkymas – sumažėjo santykinė judriųjų humuso medžiagų dalis suminės dirvožemio organinės anglies atžvilgiu. Suminio fosforo kiekis ariamajame sluoksnyje nežymiai sumažėjo, o suminio azoto kiekis dirvožemyje esminiai sumažėjo įterpiant $3,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (0,5 normos) kas 7 metus. Statistiškai patikimai didesni kalio kiekiai nustatyti kalkinant dirvožemį 2,0 normomis. Esminis C:N sumažėjimas nustatytas įterpiant $15,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (2,0 normos) kas 3–4 metus. Didžiausias C:P santykis (22,1) buvo nustatytas dirvožemyje, kalkintame 0,5 normos kas 7 metus, tačiau nustatyti skirtumai yra neesminiai.

Raktažodžiai: dirvožemis, kalkinimas, dirvožemio organinė anglis, judriosios humuso medžiagos, azotas, fosforas, C:N,C:P

ĮVADAS

Vienas iš pagrindinių dirvožemio kokybės rodiklių yra organinės medžiagos, taip pat ir humuso kiekis jame. Dirvožemio organinė medžiaga yra svarbus veiksnys dirvožemio derlingumui, aplinkos funkcijoms, atskirų elementų transformacijoms ir apyvartumui nusakyti (Steward et al., 2007). Dirvožemio organinė medžiaga lemia azoto, fosforo, kalio ir kitų maisto medžiagų prieinamumą augalams. Pagrindinis organinės medžiagos komponentas – humusas. Humusas dalyvauja pagrini-

diniuose organinių medžiagų transformacijos procesuose: humifikacija, mineralizacija, fiksavimas ir migracija. Humuso trūkumas – vienas svarbiausių dirvožemio derlingumą, stabilumą, atsparumą nepalankių gamtinių ir antropogeninių veiksnių poveikiui limituojančių rodiklių. Todėl ekosistemose, veikiamose įvairių antropogeninių veiksnių, labai svarbu stabilizuoti arba sumažinti organinės medžiagos degradaciją (Steward et al., 2007; Cotrufo et al., 2011).

Vakarų Lietuvoje vyrauja nepasotintieji balkšvažemiai (*Dystric Albeluvisol*). Tai dirvožemiai,

pašižymintys žemu sorbciniu imlumu, palyginti mažu organinės medžiagos kiekiu, dideliu judriojo aliuminio kiekiu ir dideliu rūgštumu, vienu iš pagrindinių veiksnių, lemiančių cheminės dirvožemio degradacijos procesus. Augalai, augantys tokiuose dirvožemiuose, yra mažai produktyvūs, ypač kurie jautrūs dirvožemio rūgštumui (Karčiauskienė, Repšienė, 2009).

Dirvožemio kalkinimas – viena iš dirvožemio degradacijos mažinimo priemonių, pagerinančių makroelementų prieinamumą ir sumažinančių dirvožemio rūgštumą. Kalkinimu ne tik neutralizuojamas dirvožemio rūgštingumas, bet ir pagerinama jo struktūra, vandens režimas, pagausėja judriojo fosforo, kalio, azoto, sieros, kalcio ir magnio, sumažėja žalingo augalams judriojo aliuminio. Kalkinimo poveikis dirvožemiui organinės anglies kiekio atžvilgiu yra skirtingas. Literatūroje aptinkama įvairių nuomonių. Pasak A. Abril (2008), D. A. Fornara ir kt. (2011), kalkinimas net ir nedidelėmis kalkinių medžiagų dalimis padidino organinės anglies kiekį dirvožemyje, palyginti su nekalkintu. Kitų tyrėjų nuomone, kalkinimas mažina organinės medžiagos kiekį dirvožemyje. Tyrimais nustatyta, kad ketverius metus kalkintame dirvožemyje anglies kiekis buvo 10 % mažesnis, palyginti su nekalkintu. Intensyviai kalkinant dirvožemį sumažėja judriųjų huminių rūgščių kiekis, dėl ko pagerinama anglies konversija į stabilių dirvožemio organinių junginių sudėtį (Osata, 2009; Mijangos et al., 2010). Kaltintame dirvožemyje, palyginti su nekalkintu, nustatyta greitesnė organinių medžiagų apykaita, taip pat padidėjęs C mineralizacijos potencialas. Tai gali būti vertinama kaip žalingas veiksnys anglies išsaugojimo požiūriu (Fuentes et al., 2006; Mijangos et al., 2010).

Įvairių makroelementų kiekis dirvožemyje susijęs su humuso kiekiu, pH bei kitais dirvožemio savybių rodikliais (Lietuvos dirvožemiai, 2001). Makroelementų kiekis dirvožemyje priklauso taip pat ir nuo įterptamų kalkinių medžiagų kiekio. Užsienyje atliktų tyrimų duomenimis, makroelementų kiekis esminiai padidėjo gaminant įterptamų kalkinių medžiagų kiekį (Moreira et al., 2010; Rizvi et al., 2012). Dirvožemyje esančio fosforo pasisavinimas yra ribojamas tiek bendru šio elemento mažu kiekiu, tiek labai mažu tirpumu. Tyrimais nustatyta, kad periodinis kalkinimas keičia fosforo režimą armenyje. Mažėjant dirvo-

žemio rūgštumui (nuo pH_{KCl} 4,5 iki 6,2–6,7), suminio fosforo kiekis irgi šiek tiek mažėja. Tokie pokyčių skirtumai aiškinami tuo, kad dirvožemio rūgštumo sumažėjimas nuo mažo iki neutralaus turi mažesnę įtaką augalų derliaus dydžiui (taigi ir fosforo sukaupimui derliuje), nei rūgštumo pokyčiai nuo labai rūgštaus iki mažo rūgštumo dirvožemio (Končius, 2007).

Lietuvos sąlygomis kalkinimo poveikis dirvožemio savybėms yra ilgalaikis. Atlikti moksliniai tyrimai rodo, kad ryškiausias kalkinimo poveikis jaučiamas 6–8, o kai kur – iki 10 metų. Po kalkinimo iki pradinių reikšmių greičiausiai atsistato pH_{KCl} rodiklis. Aptinkama duomenų, kad lengvos granulometrinės sudėties dirvožemių kalkinti nereikia 4–5, vidutinio sunkumo – 7–10, o sunkių – 9–12 metų ir ilgiau. Kalkinant užtikrinama dirvožemio kokybė, didėja derlingumas. Tačiau dirvožemio kalkinimas iš naujo gali skatinti cheminę degradaciją ir organinės anglies kiekio mažėjimą dirvožemyje (Tripolskaja, Marcinkonis, 2005; Ožeraitienė ir kt., 2006; Končius, 2008; Caires et al., 2011).

Šio tyrimo tikslas – įvertinti periodinio kalkinimo įtaką organinės anglies ir kitų svarbių makroelementų kiekiui natūraliai rūgščiuose dirvožemiuose.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimų schema ir dirvožemis

Tyrimai buvo atlikti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Vėžaičių filiale, ilgamečiame lauko bandyme „Kalkinimo pasekmių agroekosistemos kokybei kompleksinis vertinimas Vakarų Lietuvoje“. Lauko bandymas įrengtas 1949 m. nepasotintame sekliai glėjiškame balkšvažemyje (JI g 8-n) – *Dystric – Epihypogleyic Albeluvisol* (ABg-p-w-dy). Dirvožemio granulometrinė sudėtis – smėlingas lengvas priemolis. V. Gipiškio ir J. Savicko duomenimis, 1967 m. šio dirvožemio profilio sandara buvo tokia: A_p (0–22 cm) – E (23–42) – B_1 (96–160 cm) – D_1 (161–180 cm) – D_2 (161–205 cm) – D_3 (206–300 cm). Pagal profilio diferenciaciją šis dirvožemis atstovauja tipingam Vakarų Lietuvos regiono rūgščiam nepasotintajam balkšvažemiui. Bandymo įrengimo metais ariamasis sluoksnis buvo 19–22 cm storio, karbonatų nerasta iki 2 metrų gylio. Ariamojo dirvožemio sluoksnio rūgštumas pH_{KCl} – 4,2,

judriojo aliuminio (Al^{3+}) – 60 mg kg^{-1} . Dirvožemis buvo mažo fosforingumo (P_2O_5) 50 mg kg^{-1} bei vidutinio kalingumo (K_2O) 130 mg kg^{-1} , vidutinio humusingumo (2,9 %).

Pirminis kalkinimas atliktas 1949 m. įvairiomis gesintų kalkių normomis: 0,5 ir 2,0 pagal dirvožemio hidrolizinį rūgštumą. Prieš beriant į dirvožemį kalkinės trąšos persijotos per 0,5 cm skersmens akučių rėtį, išbėrus įkultivuotos ir apartos. Kalkinių trąšų normų poveikis stebėtas iki 1964 m. Tais metais du lygiagretūs analogiški bandymai padalinti į dvi juostas. Pirmojoje juostoje dirvožemis nekalkintas ir stebėtas pirminio kalkinimo poveikis. Antrojoje juostoje 1965 m. dirvožemis pakartotinai kalkintas 0,5 normos pagal hidrolizinį rūgštumą (3,3 t ha^{-1}). Periodiškas kalkinimas pradėtas 1985 m. pirminio ir pakartotinio kalkinimo 0,5 normos (3,3 t ha^{-1}) gesintomis kalkėmis. Periodiniam kalkinimui pagal dirvožemio hidrolizinį rūgštumą skirtingu periodiškumu naudoti skirtingi kalkinių trąšų (dulkių klintmilčių (92,55 % $CaCO_3$)) kiekiai (1 lentelė). Periodinis kalkinimas 0,5 normos (3,3 t ha^{-1} $CaCO_3$) buvo atliekamas kas 7 metus, kalkinimas 2,0 normomis (15,0 t ha^{-1} $CaCO_3$) – kas 3–4 metus. Tyrimų dirvožemis periodiškai intensyviai kalkintas iki 2005 m. 2008 m. šie lauko bandymai pertvarkyti į vieną tyrimą. 2008–2012 m. dirvožemis pakartotinai nekalkintas, buvo stebima, kaip pakalkintas dirvožemis rūgštėjo ir kito jo savybės. Taikant sistemingą pirminio, pakartotinio ir periodiško kalkinimo sistemą 1949–2005 m. laikotarpiu, susiformavo skirtingo pH lygio dirvožemiai.

1 lentelė. Tyrimų schema, Vėžaičiai, 1949–2012 m.

Table 1. Experimental design, Vėžaičiai, 1949–2012

Kalkinimo intensyvumas <i>Liming intensity</i>	Įterptas suminis $CaCO_3$ kiekis t ha^{-1} 1949–2005 m. <i>Total amount of $CaCO_3$ applied, t ha^{-1}, 1949–2005</i>	pH _{KCl}
1. Nekalkinta / <i>Unlimed</i>	–	4,2
2. Periodiškas kalkinimas 0,5 normos (3,3 t ha^{-1} $CaCO_3$) kas 7 metus / <i>Periodical liming using 0.5 of the liming rate (3.3 t ha^{-1} $CaCO_3$) every 7 years</i>	18,1	5,6
3. Periodiškas kalkinimas 2 normomis (15,0 t ha^{-1} $CaCO_3$) kas 3–4 metus / <i>Periodical liming using 2.0 of the liming rate (15.0 t ha^{-1} $CaCO_3$) every 3–4 years</i>	104,9	6,6

Tyrimai atlikti 3 lauko pakartojimais. Pradinio laukelio dydis – 74,75 m² (ilgis – 11,5 m, plotis – 6,5 m), derliaus apskaitinis laukelis – 16,1–25,3 m².

Tyrimas atliktas taikant tokią sėjomainą (1949–2005 m.):

1) pašariniai runkeliai, tręšiama 40 t ha^{-1} mėšlo ir $N_{68}P_{80}K_{120}$;

2) miežiai su daugiamečių žolių įsėliu – $N_{60}P_{60}K_{60}$;

3) daugiametės žolės – $P_{60}K_{60}$;

4) daugiametės žolės – $P_{60}K_{60}$;

5) žieminiai kviečiai – $N_{60}P_{60}K_{60}$;

6) žirnių ir miežių mišinys, auginamas grūdams, – $P_{60}K_{60}$;

7) vikių ir avižų pašarų mišinys – $P_{60}K_{60}$.

2008 m. rekonstravus lauko bandymą, pakeista ir augalų sėjomaina:

1) miežiai 'Ūla' su daugiamečių žolių įsėliu – $N_{60}P_{60}K_{90}$;

2) daugiametės žolės – $P_{90}K_{90}$;

3) žieminiai kvietrugiai 'Talentro' – $N_{90}P_{60}K_{100}$;

4) vasariniai rapsai 'Heros' – $N_{120}P_{90}K_{150}$.

Mineraliniam tręšimui naudotas amonio nitratas, granuluotas superfosfatas ir kalio chloridas.

TYRIMŲ METODAI

Dirvožemio ėminiai 2012 m. paimti grąžtu iš kiekvieno laukelio ariamojo sluoksnio (0–20 cm gylio), nuėmus miežių su daugiamečių žolių įsėliu derlių. Dirvožemio mėginiai išdžiovinti iki orausės būklės. Išrinkus šaknis ir matomas augalų liekanas, dirvožemio mėginiai susmulkinti porcelianinėje grūstuvėje ir persijoti per 2 mm rėtį.

Dirvožemio cheminiai tyrimai atlikti LAMMC Žemdirbystės instituto Cheminių tyrimų laboratorijoje tokiais metodais: suminis azotas ir suminis fosforas – Kjeldalio metodu spektrofotometriškai su Cary 50 (VARIAN), suminio kalio (K) kiekis išmatuotas absorbcimetru AAnalyst 200, „šlapiai“ sudeginus sieros rūgštyje. Dirvožemio organinės anglies kiekis nustatytas naudojant Tiurino metodo modifikaciją, atliekant V. Nikitino pasiūlytu būdu „šlapio“ deginimo procedūrą. V. Nikitino (1999) metodu dirvožemio organinės medžiagos geriausiai oksiduojasi, kai 160 °C deginama 30 min. 100 ml Erlenmejerio kolbose, kalio bichromato sieros rūgšties tirpale, ir matuojama spektrofotometru Cary 50 (VARIAN) 590 nm bangos ilgyje naudojant gliukozės standartus.

Judriosios humuso medžiagos ekstrahuotos 0,1 M NaOH tirpalu (Ponomariova, Plotnikova, 1980). Ekstrahuotos judriosios humuso medžiagos suskirstytos į huminių rūgščių ir fulvinių rūgščių frakcijas, parūgštinus ekstraktą iki pH 1,3–1,5, naudojant 0,5 M H₂SO₄ tirpalą, laikant termostate 68–70 °C temperatūroje tol, kol iškrenta huminių rūgščių nuosėdos. Vėliau huminės rūgštys atskirtos filtravimo būdu ir ištirpintos 0,1 M NaOH tirpale. Humuso medžiagų kiekis nustatytas spektrofotometru Cary 50 (VARIAN). Tyrimų duomenys statistikai įvertinti, naudojantis kompiuterine programa ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Siekiant nustatyti įvairaus kalkinimo intensyvumo įtaką, vertinti dirvožemio anglies ir kitų svarbių makroelementų pokyčiai. Dėsnungumams nustatyti buvo lyginami natūraliai rūgštūs ir pakalkinti dirvožemiai naudojant skirtingas kalkinių trąšų normas.

Vienas iš svarbiausių dirvožemio derlingumo elementų – jame esantis organinės medžiagos kiekis. Organinės medžiagos destrukcija ir sintezė vyksta dirvožemyje nuolat, sudarant vientisą imobilizacinį-mineralizacinį ciklą. Kalkinimo įtaka organinės anglies kiekiui dirvožemyje nėra vienoda. Literatūroje aptinkama įvairių duomenų. Pasak A. Abril (2008) ir M. C. Mana (2007), intensyviai kalkinant dirvožemį organinės anglies kiekis yra didesnis, palyginti su nekalkintu. Kitų tyrėjų nuomonė priešinga (Osata, 2009; Liang et al., 2011) – kalkinant dirvožemį organinės anglies

kiekis jame sumažėja. Humuso kiekio mažėjimą dirvožemyje gali lemti suaktyvėjusi mikroorganizmų veikla, spartinanti organinių liekanų mineralizaciją.

Remiantis mūsų atliktų tyrimų duomenimis, periodiškai kalkinimas (0,5 ir 2,0 normomis) mažina organinės anglies dirvožemyje kiekį (2 lentelė). Statistiškai patikimi skirtumai nustatyti kalkinant dirvožemį 0,5 ir 2,0 normomis. Palyginus su nekalkintu dirvožemiu (14,3 g kg⁻¹), organinės anglies kiekis sumažėjo 1,6 g kg⁻¹ intensyviai kalkintame dirvožemyje (12,7 g kg⁻¹). Tokį sumažėjimą galėjo lemti pH rodiklis, kuris veikia mineralizacijos procesus dirvožemyje, ir tai, kiek anglies yra sunaudojama mikroorganizmų mitybai. Tyrimais nustatyta, kad esant didesniai kaip 6,5 pH_{KCl} rodikliui, dirvožemyje suaktyvėja anglies mineralizacijos procesai, todėl intensyvesnis kalkinimas, kurio metu pH_{KCl} rodiklis svyruoja 6,8–7,2 ribose, gali mažinti organinės anglies kiekį dirvožemyje (Baltrūnas ir kt., 2010).

Judriosios humuso medžiagos priskiriamos prie jauniausių ir aktyviausių humuso formų ir pasižymi sparčiu skaidymusi, palyginti su stabiliomis humuso formomis. Ši judrioji dirvožemio organinės anglies dalis gali būti greitai suskaidoma mikroorganizmų, kaip anglies ir energijos šaltinis. Mineralizacijos proceso metu šios humuso rūgštys dirvožemį praturtina maisto medžiagomis, būtinomis augalų mitybai ir antžeminės masės formavimuisi. Remiantis gautais rezultatais (2 lentelė), galima teigti, kad kalkinant dirvožemį judriųjų huminių rūgščių koncentracija ariamajame sluoksnyje esminiai sumažėjo. Judriųjų huminių rūgščių kiekis kito nuo 2,92 g kg⁻¹ nekalkintame dirvožemyje iki 2,19 g kg⁻¹ nustatyto periodiškai kalkintame dirvožemyje. Judriųjų humuso medžiagų kiekis dirvožemyje, intensyviai jį kalkinant, mažėjo. Nekalkintame dirvožemyje nustatyta gana didelė santykinė judriųjų humuso medžiagų dalis (45,0 %) (1 pav.). Didėjant judriųjų humuso medžiagų kiekiui, dirvožemio organinės anglies stabilumas mažėja, ir padidėja augalų maistinių medžiagų iššiplovimo, dirvožemio degradacijos ir erozijos galimybė. Tai gali būti vertinama kaip neigiamas poveikis, ypač kada organinės anglies kiekis dirvožemyje yra nedidelis. Didelis judriųjų humuso medžiagų kiekis lemia tokius humifikacijos procesus, kuomet dirvožemyje formuojasi mažai subrendusios huminės medžiagos. Kalkinant dirvožemį mažėjo

2 lentelė. Periodiško kalkinimo poveikis dirvožemio organinės anglies ir judriųjų humuso medžiagų kiekiui, Vėžaičiai, 2012 m.

Table 2. The effect of periodical liming on the content of soil organic carbon and humic substances, Vėžaičiai, 2012

Tyrimo variantai Treatments	Dirvožemio organinės anglies kiekis Soil organic carbon amount	Judriosios humuso medžiagos Mobile humic substances	Judriosios hu- minės rūgštys Mobile humic acids
	g kg ⁻¹		
1. Nekalkinta / Unlimed	14,3	6,43	2,92
2. Periodiškas kalkinimas 0,5 normos kas 7 metus (3,3 t ha ⁻¹ CaCO ₃) / Periodical liming using 0.5 of the liming rate (3.3 t ha ⁻¹ CaCO ₃) every 7 years	13,4*	5,62**	2,39**
3. Periodiškas kalkinimas 2,0 normos kas 3–4 metus (15,0 t ha ⁻¹ CaCO ₃) / Periodical liming using 2.0 of the liming rate (15.0 t ha ⁻¹ CaCO ₃) every 3–4 years	12,7**	5,29**	2,19**
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,80	0,268	0,147
R ₀₁ / LSD ₀₁	1,32	0,444	0,244

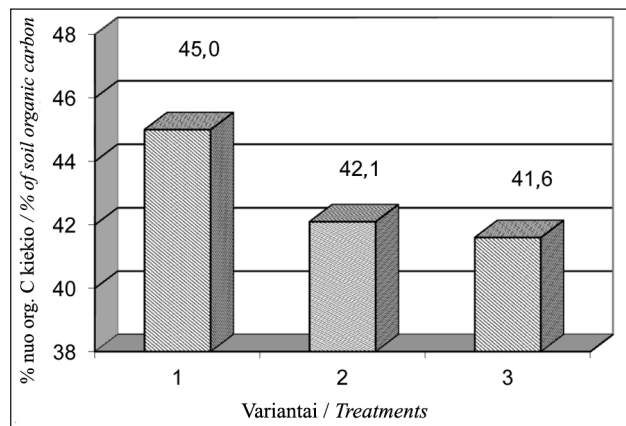
Pastaba / Note: * – esminis skirtumas esant 0,05 tikimybės lygiui; ** – esminis skirtumas esant 0,01 tikimybės lygiui / * and ** – significantly different from control ($P < 0.005$) and ($P < 0.001$).

santykinė judriųjų humuso medžiagų dalis suminės anglies atžvilgiu (42,1–41,6 %). Remiantis gautais rezultatais, galime teigti, kad kalkinant dirvožemį jame vyko humuso kokybinės sudėties persitvarkymas.

Kalkinės medžiagos keičia kai kurių biogeninių elementų akumuliaciją dirvožemyje. Vienas iš svarbių rodiklių dirvožemio kokybei ir derlingumui nusakyti yra suminis fosforo kiekis (Liu et al., 2013). Suminis fosforo kiekis Lietuvos dirvožemiuose yra mažas ir nevienodas. Jis priklauso nuo dirvožemio rūgštumo laipsnio, azoto ir humuso kiekio. Viena iš priemonių, padidinanti fosforo kiekį dirvožemyje, yra kalkinimas, leidžiantis kontroliuoti dirvožemio rūgštumą ir pasiekti tinkamą dirvožemio pH rodiklį (Peeters et al., 2006; Moazed et al., 2010).

Suminio fosforo kiekis ariamajame sluoksnyje mažėjant dirvožemio rūgštumui šiek tiek sumažėjo, tačiau skirtumai yra neesminiai (3 lentelė). Tyrimais nustatyta, kad fosforo kiekis dirvožemyje teigiamai koreliuoja su organinės anglies kiekiu. Teigiamą koreliaciją lemia oksidų sąveika su organine anglimi, kas žymiai sumažina fosforo prisijungimo dirvožemyje galimybes (Wang et al., 2006; Cui et al., 2011). Šis dėsniumas atitinka

ir mūsų tyrimo rezultatus, kai mažėjant organinės anglies kiekiui suminio fosforo kiekis taip pat nežymiai mažėja. Intensyviai kalkintame dirvožemyje



1 pav. Judriųjų humuso medžiagų dalis dirvožemyje, % nuo organinės anglies kiekio, Vėžaičiai, 2012 m.

1 – nekalkinta; 2 – periodinis kalkinimas 0,5 normos (3,3 t ha⁻¹ CaCO₃), 3 – periodinis kalkinimas 2,0 normos (15,0 t ha⁻¹ CaCO₃)

Fig. 1. Mobile humic substances share, % of soil organic carbon, Vėžaičiai, 2012

1 – unlimed; 2 – periodical liming using 0.5 of the liming rate (3.3 t ha⁻¹ CaCO₃), 3 – periodical liming using 2.0 of the liming rate (15.0 t ha⁻¹ CaCO₃)

3 lentelė. Periodiško kalkinimo poveikis dirvožemio cheminėms savybėms (0–20 cm gylyje), Vėžaičiai, 2012 m.
Table 3. The effect of periodical liming on the soil chemical properties (0–20 cm depth), Vėžaičiai, 2012

Tyrimo variantai Treatments	Suminis fosforas Total phosphorus (P) %	Suminis azotas Total nitrogen (N) %	Suminis kalis Total potassium (K) %
1. Nekalkinta / <i>Unlimed</i>	0,065	0,114	0,469
2. Periodiškas kalkinimas 0,5 normos kas 7 metai (3,3 t ha ⁻¹ CaCO ₃) / <i>Periodical liming using 0.5 of the liming rate (3.3 t ha⁻¹ CaCO₃) every 7 years</i>	0,060	0,102*	0,462
3. Periodiškas kalkinimas 2,0 normos kas 3–4 metai (15,0 t ha ⁻¹ CaCO ₃) / <i>Periodical liming using 2.0 of the liming rate (15.0 t ha⁻¹ CaCO₃) every 3–4 years</i>	0,059	0,114	0,510*
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,0060	0,0100	0,0410
R ₀₁ / LSD ₀₁	0,0100	0,0170	0,0665

Pastaba / Note: * – esminis skirtumas esant 0,05 tikimybės lygiui; ** – esminis skirtumas esant 0,01 tikimybės lygiui / * and ** – significantly different from control ($P < 0.005$) and ($P < 0.001$).

(2,0 normos) nustatytas toks pats suminio azoto kiekis (0,114 %) kaip ir nekalkintame, kontroliuotame variante. Suminio azoto kiekis dirvožemyje esminiai sumažėjo tik įterpiant 3,3 t ha⁻¹ CaCO₃ (0,5 normos) kas 7 metus. Periodiškas kalkinimas 2,0 normomis teigiamai veikė suminio kalio kiekį dirvožemyje. Statistiškai patikimai didesni suminio kalio kiekiai nustatyti kalkinant dirvožemį 2,0 normomis. Toks kalio kiekio padidėjimas dirvožemyje sietinas su taikytu mineraliniu tręšimu.

C:N santykis yra svarbus rodiklis dirvožemio kokybei ir mikrobiologiniam aktyvumui nusaky-

ti bei turintis įtakos organinės medžiagos irimui. C:N santykis tiesiogiai kontroliuoja organinių medžiagų transformavimą dirvožemyje. Organinės medžiagos, pasižymintios didesniu C:N santykiu, dirvožemyje išlieka ilgesnį laiką. Šiam santykiui mažėjant procesai pasilenka mineralizacijos link (Mohanty et al., 2011). Rūgščiame ir kalkintame dirvožemyje C:N santykis kito nuo 12,6 iki 13,1 (4 lentelė). Didžiausias C:N santykis (13,1) nustatytas periodiškai kalkintame (0,5 normos kas 7 metus) dirvožemyje, o esminis C:N sumažėjimas išryškėjo įterpiant 15,0 t ha⁻¹ CaCO₃ (2,0 normos)

4 lentelė. Periodiško kalkinimo poveikis C:N, C:P santykiui, Vėžaičiai, 2012 m.

Table 4. The effect of periodical liming on the C:N, C:P ratio, Vėžaičiai, 2012

Tyrimo variantai Treatments	C:N C:N ratio	C:P C:P ratio
1. Nekalkinta / <i>Unlimed</i>	12,6	21,8
2. Periodiškas kalkinimas 0,5 normos kas 7 metus (3,3 t ha ⁻¹ CaCO ₃) / <i>Periodical liming using 0.5 of the liming rate (3.3 t ha⁻¹ CaCO₃) every 7 years</i>	13,1	22,1
3. Periodiškas kalkinimas 2,0 normos kas 3–4 m. (15,0 t ha ⁻¹ CaCO ₃) / <i>Periodical liming using 2.0 of the liming rate (15.0 t ha⁻¹ CaCO₃) every 3–4 years</i>	11,6*	21,2
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,78	1,56
R ₀₁ / LSD ₀₁	1,31	2,59

Pastaba / Note: * – esminis skirtumas esant 0,05 tikimybės lygiui; ** – esminis skirtumas esant 0,01 tikimybės lygiui / * and ** – significantly different from control ($P < 0.005$) and ($P < 0.001$).

kas 3–4 metus. Nustatyta, kad periodinis kalkinimas dėl mažesnio C:N santykio padidino dirvožemio mikrobiologinį aktyvumą, N atsipalaidavimą ir greitesnį organinių medžiagų skaidymąsi dirvožemyje.

C:P santykis parodo, kokie procesai vyksta dirvožemyje: fosforo mineralizacija ar imobilizacija. Didėjant C:P santykiui, dirvožemyje vyksta fosforo imobilizacija – fosforas prarandamas iš dirvožemio, o dominuojant mineralizacijos procesams (mažėjant C:P santykiui) – fosforas kaupiamas dirvožemyje. Palyginti su C:N santykiu, C:P santykis buvo daug didesnis. Didžiausias C:P santykis (22,1) nustatytas dirvožemyje, kalkintame 0,5 normos kas 7 metus, tačiau gauti skirtumai yra neesminiai.

IŠVADOS

1. Dirvožemio kalkinimas daro esminį poveikį dirvožemio anglies kiekiui. Nustatyta, kad kalkinant dirvožemį organinės anglies kiekis esminiai mažėjo. Palyginti su nekalkintu dirvožemiu, organinės anglies kiekis iš esmės sumažėjo 1,6 g kg⁻¹ intensyviai kalkintame (2,0 normos) dirvožemyje. Anglies kiekio sumažėjimą lėmė padidėjęs pH rodiklis, kuomet dirvožemyje suaktyvėja anglies mineralizacijos procesai.

2. Nekalkintame dirvožemyje nustatyta gana didelė santykinė judriųjų huminių medžiagų dalis, kuri lemia tokius humifikacijos procesus, kai dirvožemyje formuojasi „jaunos“, mažai subrendusios huminės medžiagos. Kalkinant dirvožemį judriųjų huminių rūgščių koncentracija ariamajame sluoksnyje esminiai sumažėjo. Kalkinant dirvožemyje humuso sudėtyje įvyko persitarkymas – sumažėjo santykinė judriųjų humuso medžiagų dalis suminės dirvožemio organinės anglies atžvilgiu.

3. Suminio fosforo kiekis ariamajame sluoksnyje mažėjant dirvožemio rūgštumui nežymiai sumažėjo (0,006 procentinio vieneto), tačiau nustatyti skirtumai yra neesminiai. Tokia fosforo mažėjimo tendencija parodo intensyvesnę fosforo mineralizaciją mažėjant organinės anglies kiekiui. Suminio azoto kiekis dirvožemyje esminiai sumažėjo įterpiant 3,3 t ha⁻¹ CaCO₃ kas 7 metus. Statistiškai patikimai didesni kalio kiekiai dėl tręšimo mineralinėmis trąšomis nustatyti kalkinant dirvožemį 2,0 normomis.

4. Esminis C:N santykio sumažėjimas nustatytas įterpiant 15,0 t ha⁻¹ CaCO₃ (2,0 normos) kas 3–4 metus nurodo, kad intensyvus periodinis kalkinimas skatina dirvožemio mikrobiologinį aktyvumą ir organinės medžiagos mineralizaciją. Didžiausias C:P santykis (22,1) buvo nustatytas dirvožemyje, kalkintame 0,5 normos kas 7 metus, tačiau skirtumai yra neesminiai.

PADĖKA

Autoriai dėkoja projektui VP1–3.1–ŠMM–01–V–03–002BIOMEDOKT už finansinę paramą.

Gauta 2014 02 17

Priimta 2014 06 26

LITERATŪRA

1. Abril A., Roca L. 2008. Impact of nitrogen fertilization on soil and aquifers in the Humid Pampa, Argentina. *The Open Agriculture Journal*. Vol. 2. P. 22–27.
2. Caires E. F., Joris H. A. W., Churka S. 2011. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. *Soil Use and Management*. Vol. 21. P. 45–53.
3. Cotrufo M. F., Conant R. T., Paustian K. 2011. Soil organic matter dynamics: land use, management and global change. *Plant and Soil*. Vol. 338. P. 1–3.
4. Cui H. J., Wang M. K., Fu M. L., Ci E. 2011. Enhancing phosphorus availability in phosphorus-fertilized zones by reducing phosphate adsorbed on ferrihydrite using rice straw-derived biochar. *Journal of Soils and Sediments*. Vol. 11. P. 1135–1141.
5. Fornara D. A., Steinbeiss S., McNamara N. P., Gleixner G., Oakley S., Poulton P. R., Macdonald A. J., Bardgett R. D. 2011. Increases in soil organic carbon sequestration can reduce the global warming potential of long-term liming to permanent grassland. *Global Change Biology*. Vol. 17. Issue 5. P. 1925–1934.
6. Fuentes J. P., Bezdicek D. F., Flury M., Albrecht S., Smith J. L. 2006. Microbial activity affected by lime in a long-term no-till soil. *Soil and Tillage Research*. Vol. 88. P. 123–131.
7. Hillel D. 2009. The mission of soil science in a changing world. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. Vol. 172. P. 5–9.
8. Karčauskienė D., Repšienė R. 2009. Long-term manuring and liming effect on moraine loam soil fertility. *Agronomy Research*. Vol. 7. No. 1. P. 300–304.
9. Končius D. 2008. Impact of anthropogenic factors on the change of limed soil properties. *Agronomijas vestis Jelgava*. Vol. 10. P. 42–47.

10. Končius D. 2007. Periodinio kalkinimo ir tręšimo įtaka fosforo formų bei mineralinių fosfatų frakcijų pokyčiams dirvožemyje. *Žemdirbystė*. T. 94. Nr. 1. P. 74–88.
11. Liang Q., Chen H., Gong Y., Fan M., Yang H., Lal R., Kuzyakov Y. 2011. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilisers on soil organic carbon fractions in a wheat–maize system in the north China plain. *Nutrient Cycling Agroecosystems*. Vol. 92. P. 21–33.
12. *Lietuvos dirvožemiai*. 2001. Vilnius: Lietuvos mokslas. Kn. 32. P. 750–953.
13. Liu Z., Shao M., Wong Y. 2013. Spatial patterns of soil total nitrogen and soil total phosphorus across the entire Loess Plateau region of China. *Geoderma*. Vol. 197. P. 67–78.
14. Manna M. C., Swarup A., Wanjari R. H. 2007. Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields. *Soil and Tillage Research*. Vol. 94. Issue 2. P. 397–409.
15. Mijangos I., Albizua I., Epelde L., Amezaga I., Mendarte S., Garbisua C. 2010. Effects of liming on soil properties and plant performance of temperate mountainous grasslands. *Journal of Environmental Management*. Vol. 91. P. 2066–2074.
16. Moazed H., Hoseini Y., Naseri A. A., Abbasi F. 2010. Determining phosphorus adsorption isotherm in soil and its relation to soil characteristics. *International Journal of Soil Science*. Vol. 5. P. 131–139.
17. Mohanty M., Sammi Reddy K., Probert M. E., Dalal R. C., Subba Rao A., Menzies N. W. 2011. Modelling N mineralization from green manure and farmyard manure from laboratory incubation study. *Ecological Modeling*. Vol. 222. P. 719–726.
18. Moreira A., Kumar-Fageria N. 2010. Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. *Revista Brasileira de Ciencia do solo*. Vol. 34. No. 4. P. 1231–1239.
19. Osata M., Heidario A. 2009. Soil organic matter fractionation. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 12. P. 57.
20. Ožeraitienė D., Pleševičienė A. K., Gipiškis V. 2006. Skirtingų kalkinių trąšų veikimo trukmė ir poveikis dirvožemio savybėms bei sėjomainos augalų derliui. *Žemdirbystė*. T. 93. Nr. 1. P. 3–21.
21. Peeters A., Parente G., Le Gall A. 2006. Temperate legumes: key-species for sustainable temperate mixtures. *Grassland Science in Europe*. Vol. 1. P. 205–220.
22. Rizvi S. H., Gauquelin T., Gers C., Guerold F., Pagnout C., Baldy V. 2012. Calcium–magnesium liming of acidified forested catchments: Effects on humus morphology and functioning. *Applied Soil Ecology*. Vol. 62. P. 81–87.
23. Steward C. E., Paustian K., Conant R. T., Plante A. F., Six J. 2007. Soil carbon saturation: concept, evidence, evaluation. *Biogeochemistry*. Vol. 86. P. 19–31.
24. Šlepetienė A., Šlepetys J., Kavoliutė F., Liaudanskienė I., Kadžiulienė Ž. 2007. Anglies, azoto, fosforo ir sieros pokyčiai Vakarų Žemaitijos natūraliose bei įvairiose agrarinėse žemėnaudose. *Žemdirbystė*. T. 93. Nr. 3. P. 90–99.
25. Šlepetienė A., Šlepetys J., Liaudanskienė I. 2006. Investigation of organic matter status as an important indicator of anthropogenic impact for the estimation of *Terric Histosol* quality. *Ekologija*. No. 2. P. 51–58.
26. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT – PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija. P. 57.
27. Tripolskaja L., Marcinkonis S. 2005. Kalkintų dirvožemių rūgštumo ir cheminių savybių pokyčių dėsningumai Rytų Lietuvos sąlygomis. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 4. P. 18–26.
28. Wang G. P., Liu J. S., Wang J. D., Yu J. B. 2006. Soil phosphorus forms and their variations in depressional and riparian freshwater wetlands (Sanjiang Plain, Northeast China). *Geoderma*. Vol. 132. P. 59–74.

Ieva Jokubauskaitė, Alvyra Šlepetienė,
Danutė Karčauskienė

ORGANIC CARBON AND OTHER IMPORTANT MACRONUTRIENTS IN ACID AND LIMED SOILS

S u m m a r y

The aim of this research was to investigate the effect of periodical liming on the amount of organic carbon and other important macroelements in naturally acid soil. The research was carried out at a site of the long-term experiment conducted at the LRCAF Vėžaičiai Branch in 2012. The soil was *Dystric Epihypogleyic Albeluvisol* (Classification of the Soils of Lithuania 1999). For the first time the soil was limed in 1949 and the effect of lime was observed until 1964. In 1965 the soil was repeatedly limed using $\times 0.5$ of the liming rate calculated based on the soil hydrolytic acidity ($3.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$). Periodical soil liming started in 1985 in the initial and repeated soil liming background. The soil was periodically limed until 2005 using different amounts of CaCO_3 . During the period of more than 60 years, particular chemical properties were formed, typical for naturally acid and periodically limed soils.

Our research data suggests that the amount of soil organic carbon depended on the liming intensity. Liming significantly decreased the content of organic carbon in the soil. Relatively high share of mobile humic substance was observed in the unlimed soil. Soil liming stimulated changes in the humus composition – significantly decreased the mobile humic substance share in the arable soil layer. The amount of total phosphorus in the topsoil layer slightly decreased, periodical liming using 0.5 of the liming rate ($3.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$) every 7 years significantly decreased the content of total nitrogen. Periodical liming using 2.0 of the liming rate significantly increased the amount of potassium (K) in the soil. In our research, the C/N ratio of the soil significantly decreased in the periodically limed soil, using 2.0 of the liming rate ($15.0 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$) every 3–4 years. The highest C/P ratio (22.1) was determined in the periodically limed soil using 0.5 of the liming rate ($3.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$) every 7 years, but differences were not statistically significant.

Key words: soil, liming, soil organic carbon, mobile humic substances, nitrogen, phosphorus, C:N, C:P