

Kalkinimo medžiagos įtaka dirvožemio pH ir vasarinių miežių derlingumui skirtingomis dirvožemio drėgmės sąlygomis

Donata Drapanauskaitė,

Kristina Bunevičienė,

Romas Mažeika

*Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras,
Instituto al. 1,
58344 Akademija, Kėdainių r., Lietuva
El. paštas donata.drapanauskaite@lammc.lt*

Rūgščių dirvožemių kalkinimas yra vienas efektyviausių ir universaliausių būdų dirvožemio savybėms gerinti. Kalkinant dirvožemį keičiasi jo agrocheminės savybės, maisto medžiagų kiekis ir jų pasisavinimas. Tyrimų tikslas – įvertinti skirtingų kalkinimo medžiagų įtaką dirvožemio pH ir vasarinių miežių derlingumui, esant skirtingoms dirvožemio drėgmės sąlygoms. Vykdytas vegetacinis eksperimentas iki visiško derliaus suformavimo, kai dirvožemio drėgmė buvo optimali (17–20 %) ir perteklinė (28–31 %). Eksperimente naudotos skirtingos fizinės formos ir cheminės sudėties kalkinimo medžiagos: įvairios cheminės sudėties maltos, skaldytos ir granuliuotos. Didžiausia neutralizacijos vertė ($52,2 \pm 0,40$ %) ir reaktyvumu ($99,5 \pm 0,18$ %) pasižymėjo malta kalkinimo medžiaga, o mažiausiu reaktyvumu ($10,0 \pm 0,23$ %) ir didžiausiu ($10,33 \pm 0,148$ %) magnio kiekiu – skaldyta kalkinimo medžiaga. Efektyviausiai ir greičiausiai dirvožemio rūgštingumą neutralizavo malta kalkinimo medžiaga. Ji, praėjus keturioms savaitėms po kalkinimo, dirvožemio pH padidino nuo $4,44 \pm 0,191$ iki $6,17 \pm 0,042$ optimalios drėgmės sąlygomis ir nuo $4,46 \pm 0,156$ iki $6,76 \pm 0,537$ perteklinės drėgmės sąlygomis. Auginant vasarinius miežius iki visiško derliaus subrendimo, reikšmingas jo padidėjimas tiek 2017, tiek 2018 m. nustatytas kalkinuso granuliuota kalkinimo medžiaga \varnothing 2–5 mm tiriamomis drėgmės sąlygomis, o didžiausia 1000-čio grūdų masė gauta variantuose, kalkintuose granuliuota, papildyta kaliumu, kalkinimo medžiaga.

Raktažodžiai: kalkinimas, pH, vasariniai miežiai

ĮVADAS

Didelis dirvožemio rūgštėjimas yra viena didžiausių problemų, mažinanti augalų derlingumą ir didinanti dirvožemio degradaciją. Bendras rūgščių dirvožemių plotas pasaulyje svyruoja nuo 3,78 iki 3,95 mlrd. ha (Sumner, Noble, 2003). Apytiksliais duomenimis, 51,0 % Rytų ir 66,0 % Vakarų Lietuvoje žemės ūkiui naudojamų naudmenų paviršiaus pH yra mažesnis arba lygus 5,5 (Staugaitis, Vaiš-

vila, 2019). Nors dirvožemio rūgštėjimas – vienas iš gamtoje natūraliai nuolat vykstančių dirvodaros procesų, tačiau jį gali paskatinti rūgštūs lietūs, agrotechnika, tręšimas rūgščiomis mineralinėmis trąšomis, maistinių medžiagų išplovimas ar augalinių medžiagų nuėmimas ir negražinimas atgal į dirvą (Haynes, Naidu, 1998; Guo et al., 2010; Nduwumuremyi, 2013; Goulding, 2016). Dirvožemio rūgštėjimas keičia biologinę įvairovę ir didina maistinių medžiagų, tokių kaip kalio (K), natrio (Na), kalcio

(Ca) ir magnio (Mg), išplovimą, taip sumažėja augalų produktyvumas ir daugėja šiltnamio efektą sukeliančių dujų (Bouwman et al., 2002). Sumažėjęs dirvožemio pH kenkia daugelio pasėlių (miežių, rapsų, dobilų, cukrinių runkelių) produktyvumui. Daugumai augalų optimalus dirvožemio pH svyruoja nuo 5,5 iki 7,0. Didžiojoje Britanijoje lauko augalams ir pievoms kalkinti dažniausiai yra naudojamas kalkakmenis (CaCO_3), antroje vietoje – dolomitas ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), taip pat populiarios gesintos kalkės ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), granuliuotos kalkinimo medžiagos (smulkiai granuliuotos), natūralūs kriauklių miltai ir degtos kalkės (CaO) (Higgins et al., 2012; Holland et al., 2018). Kaip alternatyvios kalkinimo medžiagos yra naudojami gipso pramonėje susidarę šalutiniai produktai (Vieira Fontoura et al., 2019).

Europoje dirvožemio kalkinimui plačiai naudojamos granuliuotos kalkinimo medžiagos (Pierce, Warncke, 2000), atliekami įvairių šalutinių pramonės produktų, kurie galėtų būti panaudoti dirvožemiui kalkinti, tyrimai (Lalande et al., 2009).

1964–1994 m. dirvožemiai Lietuvoje buvo kalkinami tradicinėmis kalkinėmis medžiagomis – dulkiiais klintmilčiais (Mažvila, 2010). Pastaruoju metu Lietuvos mokslininkai yra atlikę nemažai tyrimų ir su granuliuotomis kalkinėmis medžiagomis (Sabaliauskas, Sabienė, 2013). Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) Vėžaičių bandymo stotyje atlikti tyrimai parodė, kad smulkios frakcijos (0,1–2 mm) granuliuotos kalkinimo medžiagos efektyviau neutralizavo dirvožemio rūgštingumą nei stambios (2,0–4,0 mm) (Repšienė, 2010). Taip pat buvo nustatyta, kad kalkinimas santykinai mažomis (0,5 ir 1,0 t ha⁻¹) normomis su granuliuotomis kalkinimo medžiagomis esminės įtakos dirvožemio pH neturėjo, tačiau lėmė mainų Ca ir Mg kiekį dirvožemyje (Repšienė et al., 2014).

Tyrimo tikslas – įvertinti įvairių kalkinimo medžiagų įtaką dirvožemio pH ir vasarinių miežių derlingumui, kai dirvožemio drėgmės sąlygos yra skirtingos.

TYRIMO METODAI IR SĄLYGOS

Vegetacinis eksperimentas buvo vykdomas 2017–2018 m. LAMMC filialo Agrocheminių tyrimų laboratorijos vegetacinių bandymų aikštelėje. 10 l (26 cm aukščio, viršutinis skersmuo 30 cm, apatinis skersmuo 20 cm) vegetaciniuose induose buvo auginami vasariniai miežiai 'Luokė'. Eksperimente

naudotos penkios skirtingos kalkinimo medžiagos: malta kalkinimo medžiaga (UAB „Baltijos Klintis“); skaldyta kalkinimo medžiaga (AB „Dolomitas“); granuliuota kalkinimo medžiaga, smulki frakcija \varnothing 0,1–2 mm (UAB „Mortar Akmenė“); granuliuota kalkinimo medžiaga, vidutinė frakcija \varnothing 2–5 mm (UAB „Mortar Akmenė“); granuliuota kalkinimo medžiaga, papildyta kaliumu, \varnothing 2–5 mm (UAB „Mortar Akmenė“). Granuliuota kalkinimo medžiaga, papildyta kaliumu, buvo pagaminta iš kalkių krosnies dulkių ir biokuro pelenų, santykis 30:70 (m/m). Kalkinimo medžiagų cheminiai rodikliai pateikti 1 lentelėje. Drėgmė nustatyta gravimetriniu metodu esant 105 ± 2 °C, pagal LST EN 12048:2003; bendri kalcio ir magnio kiekiai – atominės absorbcijos spektrometriniu metodu pagal LST EN 12947:2001; bendras kalio kiekis nustatytas liepsnos fotometriniu metodu; neutralizavimo vertė – pagal LST EN 12945:2014+A1:2017 titrimetrinį metodą; reaktyvumas įvertintas potenciometrinio titravimo su druskos rūgštimi metodu pagal LST EN 13971:2013. Visos analizės atliktos trimis pakartojimais.

Kalkinimo norma 5 t ha⁻¹ buvo apskaičiuota naudojant veikliosios medžiagos – CaCO_3 – kiekį kalkinimo medžiagose. 5 t ha⁻¹ kalkinimo norma atitiko 36,4 g maltos kalkinimo medžiagos, 68,3 g skaldytos kalkinimo medžiagos, 50,8 g granuliuotos kalkinės medžiagos \varnothing 0,1–2 mm, 47,3 g granuliuotos kalkinimo medžiagos \varnothing 2–5 mm ir 46,6 g granuliuotos kalkinimo medžiagos, papildytos kaliumu \varnothing 2–5 mm į vegetatyvinį indą. 10 l vegetacinis indas buvo užpildytas 7 l ir 3 l dirvožemio bei kalkinimo medžiagų / trąšų mišinio, kurio kiekvienos kalkinimo medžiagos kiekis buvo lygus 5 t ha⁻¹. Prieš sėją visiems vegetaciniams indams buvo atliktas foninis tręšimas mineralinėmis trąšomis $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ norma. Į kiekvieną indą buvo įterpta 0,32 g amonio salietros, 0,81 g amonio fosfato ir 0,70 g kalio chlorido. Trąšos buvo sumaišytos su kalkinimo medžiagomis ir 3 l dirvožemio. Į kiekvieną vegetacinį indą pasėta po 20 vasarinių miežių (*Hordeum vulgare* L.) 'Luokė' sėklų, augti buvo palikta po 15 daigų. Kiekvienais metais bandymuose vasariniai miežiai buvo sėti gegužės mėn. pirmoje pusėje, derlius nuimtas liepos mėn. pabaigoje. Dirvožemio mėginiai iš vegetacinio indo buvo imti iš 0–20 cm gylio praėjus 1, 4 ir 14 savaičių nuo eksperimento pradžios. Vasarinių miežių grūdų masė iš vegetacinio indo pateikta esant 14 % grūdų drėgnumui. Augalų

1 lentelė. Kalkinimo medžiagų cheminiai rodikliai

Table 1. Chemical parameters of liming materials

Cheminis rodiklis Chemical parameter	Kalkinimo medžiaga / Liming material				
	Malta kalkinimo medžiaga Ground liming material	Skaldyta kalkinimo medžiaga Crushed liming material	Granuluota kalkinimo medžiaga ø 0,1–2 mm Pelletized liming material ø 0.1–2 mm	Granuluota kalkinimo medžiaga ø 2–5 mm Pelletized liming material ø 2–5 mm	Granuluota kalkinimo medžiaga, papildyta kaliu ø 2–5 mm Pelletized liming material with potassium additive ø 2–5 mm
Drėgmė % Moisture, %	0,10 ± 0,007	4,52 ± 0,354	9,66 ± 0,636	11,90 ± 0,205	6,36 ± 0,304
Bendras Ca % Total Ca, %	38,8 ± 1,23	20,5 ± 1,58	27,7 ± 1,43	29,7 ± 1,68	26,7 ± 1,17
Bendras Mg % Total Mg, %	0,14 ± 0,014	10,33 ± 0,148	0,76 ± 0,028	0,42 ± 0,014	1,41 ± 0,014
Bendras K % Total K, %	0,01 ± 0,001	0,13 ± 0,009	0,46 ± 0,014	0,48 ± 0,007	2,92 ± 0,042
Neutralizacijos vertė % Neutralizing value, %	52,2 ± 0,40	50,3 ± 1,76	44,6 ± 0,72	41,5 ± 2,92	18,0 ± 2,91
Reaktyvumas % Reactivity, %	99,5 ± 0,18	10,0 ± 0,23	24,8 ± 0,92	10,4 ± 1,37	19,3 ± 1,49

Pastaba: kalkinimo medžiagų cheminiai rezultatai pateikti aritmetiniu vidurkiu, ± standartinis nuokrypis.

Note: Results of chemical properties of liming materials are presented as arithmetic mean ± standard deviation.

vegetacijos metu buvo laistoma distiliuotu vandeniu rankiniu būdu, palaikant optimalią 17–20 % ir perteklinę 28–31 % dirvožemio drėgmę (Diršė et al., 1984). Optimalios drėgmės vegetaciniai indai laikyti po permatomu stogeliu, kad būtų apsaugoti nuo kritulių. Dirvožemio drėgmė vegetaciniuose induose matuota drėgnomačiais (WATER-MARK, JAV), kurie buvo įterpti į vegetacinį indą prieš kalkinimą ir sėją.

Vegetaciniam eksperimentui naudotas nepasotinto balkšvažemio (*Bathyglycic Distric Glossic Retisol*) ariamojo horizonto (0–20 cm) dirvožemio sluoksnis, kuris buvo paimtas iš LAMMC filialo Vėžaičių bandymų stoties. Jo granulimetrinė sudėtis ariamajame

sluoksnyje – moreninis, smėlingas lengvas priemolis (51,0 % smėlio, 13,8 % molio ir 31,2 % dulkių). Vegetaciniam eksperimentui dirvožemis buvo sijotas per 8 mm sietą, pašalintos piktžolės, jų sėklos, akmenys. Prieš vykdant vegetacinį eksperimentą iširti dirvožemio agrocheminiai rodikliai (2 lentelė). pH nustatytas taikant potenciometrinį metodą pagal LST ISO 10390:2005; judrūs fosforo (P_2O_5) ir kalio (K_2O) kiekiai – pagal laboratorijoje parengtą LVP D-07:2016 Egner–Riehm–Domingo (A-L) ištraukimo metodą; judrūs kalcio (Ca) ir magnio (Mg) kiekiai – pagal laboratorijoje parengtą LVP D-13:2016 buferiniame tirpale pH 3,7 metodą; judraus aliuminio (Al) kiekis – pagal Sokolovo metodą.

2 lentelė. Dirvožemio agrocheminiai rodikliai

Table 2. Soil agrochemical parameters

Metai Year	pH _{KCl}	Judrus P_2O_5 mg kg ⁻¹ Mobile P_2O_5 , mg kg ⁻¹	Judrus K_2O mg kg ⁻¹ Mobile K_2O , mg kg ⁻¹	Judrus Ca mg kg ⁻¹ Mobile Ca, mg kg ⁻¹	Judrus Mg mg kg ⁻¹ Mobile Mg, mg kg ⁻¹	Judrus Al mg kg ⁻¹ Mobile Al, mg kg ⁻¹
2017	4,9 ± 0,37	92 ± 8,2	186 ± 5,4	550 ± 34,3	95 ± 10,4	17,3 ± 7,30
2018	4,6 ± 0,25	72 ± 2,8	176 ± 2,8	665 ± 26,2	105 ± 7,3	22,5 ± 9,75

Vegetacinis eksperimentas vykdytas keturiais pakartojimais, variantai pateikti 3 lentelėje. Vegetacinio eksperimento dirvožemio ir derliaus duomenys (grūdų masė iš vegetacinio indo ir 1000-čio grūdų masė) apdoroti naudojant statistinę programą SAS ir taikant Dankano testą ($P \leq 0,05$ ir $P \leq 0,01$) (Institute and SAS, 2016).

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Skirtingų kalkinimo medžiagų poveikis dirvožemio pH_{KCl} buvo tiriamas 2017 ir 2018 metais. Gauti duomenys parodė, kad įvairios kalkinimo medžiagos, kai skiriasi dirvožemio drėgmė, turi skirtingą poveikį dirvožemio neutralizavimui. Kontrolinio varianto dirvožemio pH 2017 m. buvo 4,9, o 2018 m. – 4,6. Tiek optimaliomis, tiek perteklinėmis drėgmės sąlygomis efektyviausiai dirvožemio rūgštingumą neutralizavo maltos ir granuliuotos smulkios frakcijos (\varnothing 0,1–2 mm) kalkinimo medžiagos. 2017 m. pakalkinus 5 t ha⁻¹ malta kalkinimo medžiaga (MKM) jau po keturių savaitių dirvožemio pH padidėjo 1,83 pH vieneto (nuo 4,31 ± 0,085 iki 6,14 ± 0,170), o 2018 m. eksperimente pH padidėjo 1,62 pH vieneto (nuo 4,58 ± 0,301 iki 6,20 ± 0,458), esant 17–20 %

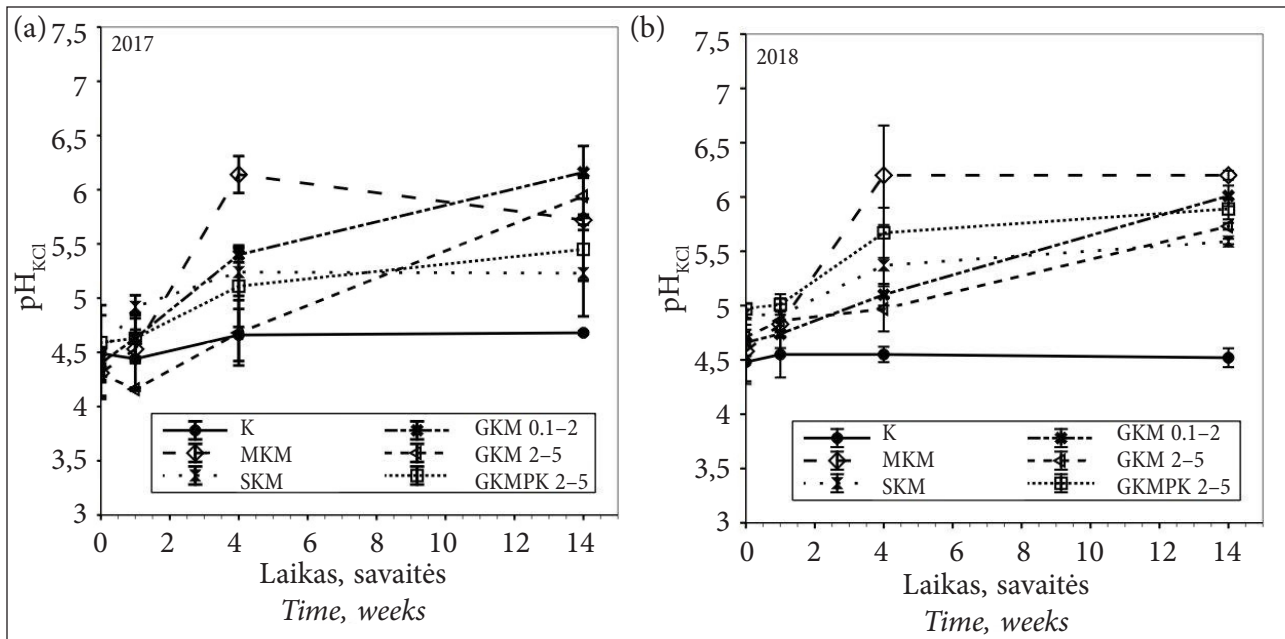
dirvožemio drėgmei (1 pav.). Praėjus 14 savaitių po kalkinimo MKM, 2017 m. eksperimente pastebimas dirvožemio pH mažėjimas (nuo 6,14 ± 0,170 iki 5,72 ± 0,042), o 2018 m. eksperimente pH liko nepakitęs. Pakalkinus skaldyta kalkinimo medžiaga (SKM) dirvožemio pH po keturių savaitių padidėjo 0,77 pH vieneto 2017 m. ir 0,45 pH vieneto 2018 m., panašus išliko ir praėjus 14 savaitių. Granuliuota kalkinimo medžiaga (GKM) \varnothing 0,1–2 mm padidino pH reikšmę daugiausia po 14 savaitių (nuo 4,40 ± 0,120 ir 4,66 ± 0,118 iki 6,16 ± 0,243 ir 6,01 ± 0,095, atitinkamai 2017 ir 2018 m.).

Perteklinės drėgmės sąlygomis, taip pat kaip ir esant optimaliai dirvožemio drėgmei, greičiausiai dirvožemio pH padidino malta kalkinimo medžiaga (2 pav.). Ji praėjus keturioms savaitėms po kalkinimo pH padidino 2,27 ir 2,33 pH vieneto 2017 ir 2018 m. (nuo 4,35 ± 0,064 ir 4,57 ± 0,129 iki 6,62 ± 0,131 ir 6,90 ± 0,058). Tačiau po 14 savaitių, kaip ir optimaliomis drėgmės sąlygomis, pastebima pH mažėjimo tendencija. Dirvožemio pH sumažėjo 0,51 ir 0,4 vieneto 2017 ir 2018 metais. Esant perteklinei dirvožemio drėgmei granuliuotos kalkinimo medžiagos efektyviau padidino dirvožemio pH. Granuliuota kalkinimo medžiaga,

3 lentelė. Vegetacinio eksperimento variantai

Table 3. Treatments of pot experiment

Variantai Treatment	Kalkinimo medžiaga Liming material	Drėgmės režimas Moisture conditions
1	Kontrolė (nekalkinta) Control (no liming) (K)	Optimali drėgmė 17–20 % Optimum moisture 17–20% Perteklinė drėgmė 28–31 % Excess moisture 28–31%
2	5 t ha ⁻¹ malta kalkinimo medžiaga 5 t ha ⁻¹ ground liming material (MKM)	Optimali drėgmė 17–20 % Optimum moisture 17–20% Perteklinė drėgmė 28–31 % Excess moisture 28–31%
3	5 t ha ⁻¹ skaldyta kalkinimo medžiaga 5 t ha ⁻¹ crushed liming material (SKM)	Optimali drėgmė 17–20 % Optimum moisture 17–20% Perteklinė drėgmė 28–31 % Excess moisture 28–31 %
4	5 t ha ⁻¹ granuliuota kalkinimo medžiaga \varnothing 0,1–2 mm 5 t ha ⁻¹ pelletized liming material \varnothing 0.1–2 mm (GKM 0,1–2)	Optimali drėgmė 17–20 % Optimum moisture 17–20% Perteklinė drėgmė 28–31 % Excess moisture 28–31%
5	5 t ha ⁻¹ granuliuota kalkinimo medžiaga \varnothing 2–5 mm 5 t ha ⁻¹ pelletized liming material \varnothing 2–5 mm (GKM 2–5)	Optimali drėgmė 17–20 % Optimum moisture 17–20% Perteklinė drėgmė 28–31 % Excess moisture 28–31%
6	5 t ha ⁻¹ granuliuota kalkinimo medžiaga praturtinta kaliu \varnothing 2–5 mm 5 t ha ⁻¹ pelletized liming material with potassium additive \varnothing 2–5 mm (GKMPK 2–5)	Optimali drėgmė 17–20 % Optimum moisture 17–20% Perteklinė drėgmė 28–31 % Excess moisture 28–31%



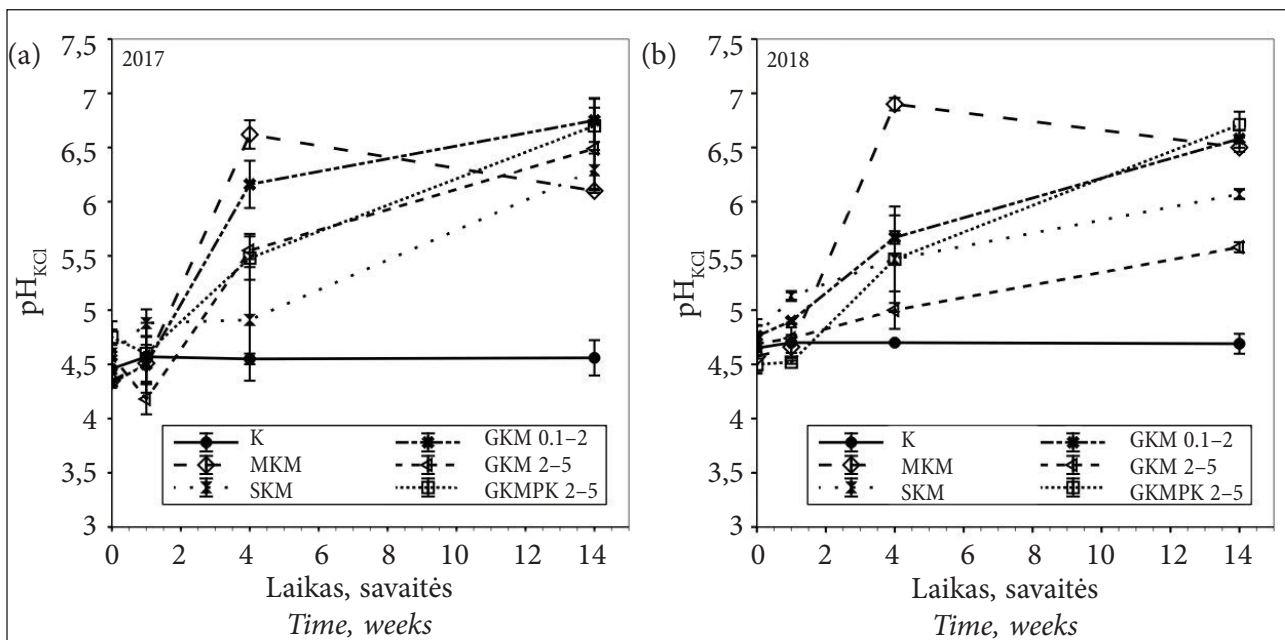
1 pav. pH kitimas optimalios drėgmės sąlygomis (a) 2017 ir (b) 2018 metais

Fig. 1. pH changes at optimum moisture conditions in (a) 2017 and (b) 2018 years

papildyta kaliu, praėjus 14 savaitių po kalkinimo dirvožemio pH padidino iki 6,7 abejais eksperimento metais, o granuluota smulkios frakcijos kalkinimo medžiaga – iki 6,75 (2017 m.) ir 6,58 (2018 m.). Skaldyta kalkinimo medžiaga po 14 savaitių dirvožemio pH padidino nuo $4,60 \pm 0,297$ iki $6,29 \pm 0,186$ 2017 m. ir nuo $4,75 \pm 0,167$ iki $6,07 \pm 0,042$ 2018 metais. Palyginus kalkinimo

medžiagas su kontrole matyti, kad visos kalkinimo medžiagos iš esmės ($p \leq 0,01$) padidino dirvožemio pH, nepriklausomai nuo drėgmės sąlygų.

Kalkinimas MKM pasižymėjo greitu, tačiau trumpalaikiu poveikiu. Tam galėjo turėti įtakos maltos kalkinimo medžiagos struktūra ir fizinės savybės. MKM dalelių paviršiaus plotas yra didesnis nei granuliuotų ar skaldytų, jos gali greitai



2 pav. pH kitimas perteklinės drėgmės sąlygomis (a) 2017 ir (b) 2018 metais

Fig. 2. pH changes at excess moisture conditions in (a) 2017 and (b) 2018 years

reaguoti su rūgščiu dirvožemiu ir jį neutralizuoti (Murdock, 1997). Taip pat greitą dirvožemio neutralizavimą galėjo lemti ir didesnis kalcito (CaCO_3) kiekis MKM, palyginti su kitomis kalkinimo medžiagomis. Tai patvirtina ir kitų mokslininkų atlikti tyrimai su skirtingos cheminės sudėties kalkakmeniu, kai didėjant magnio kiekiui akmenyje kalcio tirpumas mažėjo (Letterman, 1995). Užsienio tyrėjų ilgalaikis lauko eksperimentas parodė, kad kalcitinių kalkių naudojimas turėjo didesnę poveikį neutralizuojant dirvožemio rūgštingumą, palyginti su dolomitu (de Vargas et al., 2019). Nestabilių dirvožemio neutralizavimą perteklinės drėgmės sąlygomis galėjo lemti didelis drėgmės kiekis, kuris paskatino didesnę kalcio karbonato tirpimą ir išplovimą naudojant maltą kalkinimo medžiagą. Greitesnę dirvožemio pH didėjimą pradžioje ir lėtesnę vėliau kalkinant skaldyta kalkinimo medžiaga galėjo lemti skirtingo dydžio dalelės, kurių smulkesnių nei 0,5 mm yra 52,0 %, o stambesnių nei 0,5 mm – 48,0 %. Tikėtina, kad stambesnėms dalelėms reikia daugiau laiko ir didesnio drėgmės kiekio, tai parodė ir tyrimo rezultatai, esant perteklinei drėgmei. Granuliuotų kalkinimo medžiagų efektyvumui didelį poveikį turi granulės dydis ir jos stipris. Granuliuotos kalkinimo medžiagos 1 mm granulės stipris buvo 18 N/granulei, o 4 mm granulės – 67,8 N/granulei. Tai parodo, kad granulės ne tik stambios, bet ir stiprios, todėl esant didesniai drėgmės kiekiui jų poveikis tu-

rėtų pasireikšti greičiau nei esant mažai drėgmei ir trukti ilgesnį laiką. Kitų mokslininkų tyrimų rezultatai patvirtino, kad smulkesnės magnezitinio kalkakmenio (<0,25 mm) dalelės turi didesnę poveikį pH didėjimui negu stambesnės (2–4 mm) frakcijos kalkakmenis (Álvarez et al., 2009). Lietuvos tyrėjai nustatė, kad stambesnės frakcijos granuliuotos kalkinimo medžiagos pradeda veikti praėjus ilgesniam laiko tarpui (Repšienė, 2010).

4 lentelėje pateikti dvejų metų vegetacinio eksperimento iki visiško derliaus subrandinimo rezultatai. Vasarinių miežių grūdų masė didžiausia ir statistiškai reikšminga, kai $P \leq 0,05$, buvo gauta kalkinant granuliuota kalkinimo medžiaga \varnothing 2–5 mm tiek optimalios, tiek perteklinės drėgmės sąlygomis. Kaip ir tikėtasi, mažiausia grūdų masė buvo gauta kontroliniame variante. Lyginant grūdų masę, gautą optimalios ir perteklinės drėgmės sąlygomis, didesnis grūdų derlius ir 2017, ir 2018 tyrimo metais buvo gautas perteklinės drėgmės sąlygomis. Naudojant maltą kalkinimo medžiagą gautas grūdų derlius statistiškai reikšmingai skyrėsi nuo kontrolinio varianto, tačiau 2017 m. optimaliomis drėgmės sąlygomis gautas derlius statistiškai reikšmingai nesisyrė nuo gauto kalkinus skaldyta ir granuliuota, papildyta kaliu, kalkinimo medžiagomis. Didžiausia ir statistiškai reikšminga 1000-čio grūdų masė buvo gauta perteklinės ir optimalios drėgmės sąlygomis, naudojant granuliuotą, papildytą kaliu, kalkinimo medžiagą. Tai, kad šio varianto grūdai buvo

4 lentelė. Skirtingų kalkinimo medžiagų įtaka vasarinių miežių grūdų derliui ir 1000-čio grūdų masei

Table 4. Influence of different liming materials on the amount of grain in pot and the mass of 1,000th grain of spring barley

Variantai Treatment	Grūdų masė iš vegetacinio indo, g inde ⁻¹ Amount of grain in the pot, g pot ⁻¹				1000-čio grūdų masė g Mass of 1,000th grain, g			
	Optimali drėgmė Optimum moisture		Perteklinė drėgmė Excess moisture		Optimali drėgmė Optimum moisture		Perteklinė drėgmė Excess moisture	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
1	2,38 a	3,15 a	14,74 a	15,63 a	36,53 f	37,07 c	33,27 a	33,35 a
2	6,14 b	7,08 c	18,63 c	19,02 d	38,39 bc	38,15 b	34,19 ab	34,07 b
3	5,87 b	6,56 b	17,59 b	17,89 c	37,87 b	38,00 b	34,96 b	35,17 c
4	7,15 c	7,35 c	17,11 b	17,37 b	35,00 a	35,34 a	36,99 c	37,21 d
5	8,03 d	7,95 d	20,40 d	20,16 e	39,00 cde	38,86 d	38,47 d	37,84 e
6	6,36 bc	6,50 b	20,15 d	20,51 f	40,05 e	40,26 e	39,75 e	40,06 f

Pastaba: skirtingos raidės parodo esminius skirtumus tarp variantų, kai $P \leq 0,05$, pagal Dankano testą.

Note: Different lowercase letters indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test (DMRT $P \leq 0.05$).

stambiausi, galėjo lemti kalkinimo medžiagos cheminė sudėtis ir joje esantis didesnis kitų maistinių medžiagų kiekis, pavyzdžiui, kalio ir fosforo. Lyginant visų gautų variantų 1000-čio grūdų mases paaiškėjo, kad optimaliomis drėgmės sąlygomis nors ir gautas grūdų derlius yra mažesnis, tačiau grūdai yra stambesni.

IŠVADOS

1. Atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad tiek optimaliomis, tiek perteklinėmis drėgmės sąlygomis greičiausiai dirvožemio rūgštingumą neutralizavo maltos ir granuliuotos smulkios frakcijos (\emptyset 0,1–2 mm) kalkinimo medžiagos, tačiau perteklinės drėgmės sąlygomis dirvožemio neutralizavimo efektas buvo ilgesnis naudojant granuliuotas kalkinimo medžiagas.

2. Vertinant dvejų metų vasarinių miežių grūdų derliaus rezultatus buvo nustatyta, kad didžiausias ir statistiškai patikimas, kai $P \leq 0,05$, grūdų derlius gautas naudojant granuliuotą kalkinimo medžiagą \emptyset 2–5 mm. Lyginant drėgmės sąlygas paaiškėjo, kad perteklinės drėgmės sąlygomis gautas didesnis grūdų derlius nei optimaliomis.

3. Statistiškai reikšmingas 1000-čio grūdų masės padidėjimas 2017 ir 2018 tyrimų metais gautas kalkinusi granuliuota, papildyta kaliu, kalkinimo medžiaga tiek optimaliomis, tiek ir perteklinėmis drėgmės sąlygomis.

Gauta 2020 07 14
Priimta 2020 10 02

LITERATŪRA

- Álvarez E., Viadé A., Fernández-Marcos M. L. 2009. Effect of liming with different sized limestone on the forms of aluminium in a Galician soil (NW Spain). *Geoderma*. Vol. 152. P. 1–8.
- Bouwman A. F., Boumans L. J. M., Batjes N. H. 2002. Modeling global annual N_2O and NO emissions from fertilized fields. *Global Biogeochemical Cycles*. Vol. 16. P. 28–1–28–9.
- Dirsė A., Kusta A., Stanislovaitytė A. 1984. *Žemės ūkio kultūrų drėkinimo režimas*. Vilnius: Mokslas. 159 p.
- Goulding K. W. T. 2016. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil Use and Management*. Vol. 32. P. 390–399.
- Guo J. H., Liu X. J., Zhang Y., Shen J. L., Han W. X., Zhang W. F., Christie P., Goulding K. W. T., Vitousek P. M., Zhang F. S. 2010. Significant acidification in major Chinese croplands. *Science*. Vol. 327. P. 1008–1010.
- Haynes R. J., Naidu R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Vol. 51. P. 123–137.
- Higgins S., Morrison S., Watson C. J. 2012. Effect of annual applications of pelletized dolomitic lime on soil chemical properties and grass productivity. *Soil Use and Management*. Vol. 28. P. 62–69.
- Holland J. E., Bennett A. E., Newton A. C., White P. J., McKenzie B. M., George T. S., Pakeman R. J., Bailey J. S., Fornara D. A., Hayes R. C. 2018. Liming impacts on soils, crops and biodiversity in the UK: A review. *Science of the Total Environment*. Vol. 610–611. P. 316–332.
- Lalande R., Gagnon B., Royer I. 2009. Impact of natural or industrial liming materials on soil properties and microbial activity. *Canadian Journal of Soil Science*. Vol. 89(2). P. 209–222.
- Letterman R. D. 1995. *Calcium Carbonate Dissolution Rate in Limestone Contactors*. Washington, DC: U. S. Environmental Protection Agency.
- Mažvila J. 2010. Lietuvos dirvožemių rūgštumas (pH) ir jo kaita. Iš: *Agroekosistemų komponentų valdymas. Ilgalaikių agrocheminių tyrimų rezultatai: monografija*. Akademija. P. 77–85.
- Murdock L. W. 1997. Pelletized lime – how quickly does it react? *Soil Science News and Views*. Vol. 13.
- Nduwumuremyi A. 2013. Soil acidification and lime quality: sources of soil acidity, effects on plant nutrients, efficiency of lime and liming requirements. *Research and Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences*. Vol. 2. P. 26–34.
- Pierce F. J., Warncke D. D. 2000. Soil and crop response to variable-rate liming for two Michigan fields. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 64. P. 774–780.
- Repšienė R. 2010. Granuliuotų kalkinių trąšų veiksmingumas rūgščiame dirvožemyje. *Dekoratyvinių ir sodo augalų sortimento, technologijų ir aplinkos optimizavimas: mokslo darbai*. Nr. 3. P. 78–85.
- Repšienė R., Karčauskienė D., Ambrazaitienė D. 2014. Kalkinių medžiagų, praturtintų humusu, naudojimas rūgštėjančiuose dirvožemiuose. *Dekoratyvinių ir sodo augalų sortimento, technologijų ir aplinkos optimizavimas: mokslo darbai*. P. 157–164.
- Sabalaiuskas P., Sabienė N. 2013. Skirtingų kalkinių medžiagų poveikis dirvožemio potencialiam rūgštingumui. *Žmogaus ir gamtos sauga*. P. 71–74.
- Staugaitis G., Vaišvila Z. J. 2019. *Dirvožemio agrocheminiai tyrimai*. LAMMC.
- Sumner M. E., Noble A. D. 2003. Soil acidification: The world story. In: *Handbook of Soil Acidity*. New York: Marcel Dekker. P. 1–28.
- The SAS System for Windows Version 9.4*. 2016. SAS Institute, Inc.

21. de Vargas J. P. R., dos Santos D. R., Bastos M. C., Schaefer G., Parisi P. B. 2019. Application forms and types of soil acidity corrective: Changes in depth chemical attributes in long term period experiment. *Soil and Tillage Research*. Vol. 185. P. 47–60.
21. Vieira Fontoura S. M., de Castro Pias O. H., Tiecher T., Cherubin M. R., de Moraes R. P., Bayer C. 2019. Effect of gypsum rates and lime with different reactivity on soil acidity and crop grain yields in a subtropical Oxisol under no-tillage. *Soil and Tillage Research*. Vol. 193. P. 27–41.

Donata Drapanauskaitė, Kristina Bunevičienė,
Romas Mažeika

INFLUENCE OF DIFFERENT LIMING MATERIAL ON SOIL PH AND SPRING BARLEY YIELD UNDER DIFFERENT SOIL MOISTURE CONDITIONS

S u m m a r y

Liming of acid soils is one of the most effective and multi-purpose ways to improve soil properties. Liming changes the agrochemical properties, nutrient content and uptake. The aim of the research was to evaluate the influence of different liming materials on soil pH and spring barley yield under different soil moisture conditions. A vegetation experiment was performed until full yield formation under two different soil moisture conditions: optimum 17–20% and excess 28–31%. Liming materials of different physical forms and chemical composition were used in the experiment: ground, crushed and granulated liming materials, which differed in their chemical composition. Ground liming material had the highest neutralizing value ($52.2 \pm 0.40\%$) and reactivity ($99.5 \pm 0.18\%$), and crushed liming material had the lowest reactivity ($10.0 \pm 0.23\%$) and the highest (10.33 ± 0.148) magnesium content. Liming with ground liming material was the most effective and fastest way to neutralize soil acidity. It increased the soil pH from 4.44 ± 0.191 to 6.17 ± 0.042 under optimum moisture conditions and from 4.46 ± 0.156 to 6.76 ± 0.537 under excess moisture conditions after 4 weeks of liming. When spring barley was grown to full yield, a significant increase in yield in both years was found by liming with granulated liming material \varnothing 2–5 mm in both soil moisture conditions, and the highest mass of 1,000th grain was obtained in the treatments limed with granulated liming material with potassium additive.

Keywords: liming, pH, spring barley