

Dirvotyra ir agrochemija *Soil Science and Agrochemistry* *Į ū÷âîââââîèâ è àãđîõèì èÿ*

Kalkintø dirvoþemiø rûgðtumo ir cheminø savybiø pokyèiø dësningumai Rytø Lietuvos sàlygomis

Liudmila Tripolskaja,

Saulius Marcinkonis

*Lietuvos þemdirbystës instituto
Vokës filialas, Ðalioji a. 2,
LT-02232 Trakø Vokë, Vilnius,
el. paðtas liudmila.tripolskaja@voke.lzi.lt*

Glaustai apibendrinti LPI Vokës filiale atliktø ilgalaikiø kalkinimo bandymø svarbiausieji tyrimø rezultatai, kurie atspindi kalkiniø medþiagø poveikio ávairioms priesmëlio iðplautþemio cheminëms savybëms ariamajame sluoksnyje ir profilyje iki 1 m gylio ilgaamþiðkumà. Diskutuojama apie naujø kriterijø parinkimà kalkinimo reikalingumui bei optimaliø kalkiniø medþiagø normø, uþtikrinanëiø ekologiná tvarumà bei ekonominà efektyvumà, nustatymà. Atlikti tyrimai ágalino plaèiau ávertinti kalkinimo poveikà aplinkai bei patikslinti kalkintø dirvoþemiø cheminø savybiø grãþimo á pradinæ bûklæ intensyvumà ir dësningumus.

Raktaþodþiai: dirvoþemio rûgðtumas, kalkinimas, iðplautþemio profilis, fosfatø reþimas

ÁVADAS

Kalkinimo tyrimai Rytø Lietuvoje turi galias tradicijas. Pirmieji kompleksiniai darbai – kalkinimo bûdø ir efektyvumo bandymai – buvo daryti Varënos bandymø stotyje dar 1934 m. [13]. Pokariu tyrimai iðplësti ásteigiant daugelà naujø sëjomaininiø, ilgalaikiø kalkinimo bandymø Lietuvos þemdirbystës instituto (LPI) Vokës filiale, taip pat vykdyti ir gamybinëmis sàlygomis Vilniaus bei Ðalëininkø rajonuose [11]. Pastebëjus, kad kalkiø poveikis nerà lokalizuotas tik armenyje, buvo atlikti trumpalaikiai pH, hidrolizinio rûgðtumo, sorbuotø baziø rodikliø stebëjimai ir dirvoþemio profiliuose bei árengti ir lizimetriniai tyrimai [10]. Iki ðiol Vokëje vykdomi stacionariniai kalkinimo bandymai árengti dar 1972–1973 m., jie rekonstruoti 2000 m. [9].

Tiek moksliniø, tiek gamybiniø tyrimø rezultatai plaèiai diegti praktikoje. Per 40 metø Lietuvoje prãþjo 3 masiniai dirvoþemiø kalkinimo turai, kuriø pasakutinis baigtas apie 1990 m. Aðtuntajame deðimtmeityje kasmet kalkinta net apie 200 000 ha rûgðëiø dirvoþemiø. Po ðiø 3 turø dirvoþemiø kalkinimo darbai Lietuvoje vykdyti tik lokaliai, t. y. per 10 metø pakalkinta tik keli tûkstaneiai hektarø. Todël dabar

aptinkami labai ávairūs dirvoþemiai pagal dirvoþemiø kalkinimo periodiðkumà ir intensyvumà, dirvoþemiai yra ávairiø cheminës degradacijos stadijò. Dël intervencinio poveikio dirvoþemio derlingumà lemianëioms savybëms tokie dirvoþemiai yra saviti ir daþniausiai potencialiai nestabilūs. Juose pakitæ pirminiai dirvodaros procesai, daromas didelis poveikis organinës medþiagos irimui ir maisto medþiagø recirkuliacijai, dirvoþemio struktûros formavimui ir pesticidø bei terðalø detoksikacijai [4, 14, 15]. Deðimtmeèiais taikytas pirminis ar pakartotinis dirvoþemio kalkinimas pagal hidrolizinà rûgðtumà buvo gana artimas optimaliam, ypaè pakartotinai kalkinant dalijant normas á kelias dalis. Taèiau minëtas metodus labiau tinka pirminiam kalkinimui, nes neapima ávykusio po kalkinimo pokyèiø poarmeniniuose horizontuose bei rûgðtumo struktûros pokyèiø periodiðkai kalkintame dirvoþemyje. Periodiðkai kalkintø dirvoþemiø kalkinimas pagal hidrolizinà rûgðtumà jau neatitinka ðiuolaikiniø reikalavimø kalbant apie tolesnà kalkinto dirvoþemio rûgðtumo reguliavimà, parentà kompleksiniais agromijos, þemënaudos ir aplinkos apsaugos principais. Kalkinimo koncepcijos reguliariai perþiûrimos bei tobulinamos ir daugelyje uþsienio ðaliø [8, 19, 27–29, 36].

Ðio straipsnio tikslas – supàbindinti su apibendrintais XX a. paskutinio deðimtmeþio dirvoþemio kalkinimo tyrimø Vokës filiale rezultatais, diskutuojant apie dirvoþemiø kalkinimo regioninius ypatumus ir aptariant perspektyvas.

TYRIMØ SÀLYGOS IR METODAI

Tyrimai atlikti bandymuose, árengtuose ið prigimties rûgðèiame automorfiniame fluvio-glacialiniame priemëlio iðplautþemyje (*Haplic Luvisol*) Lietuvos þemdirbystës instituto (LPI) Vokës filiale. Tyrimai pradëti 1972–1973 m. (metodikos autorius ir ilgametis vykdytojas dr. V. Ignotas). Juose buvo numatyta iðtirti kalkiniø medþiagø normø ir jø áterpimo periodiðkumo átakà dirvoþemio savybëms, augalø derliui ir jo kokybei. Dulkiøjø klintmilëiø paskirstymo normos ir áterpimo periodiðkumas pateikti 1 lentelėje. Kalkinimo efektyvumas tirtas sėjomainoje su 50% grûdinio augalø. Dulkieji klintmilëiai buvo áterpiami kiekvienos rotacijos pradþioje pagal bandymo sche-

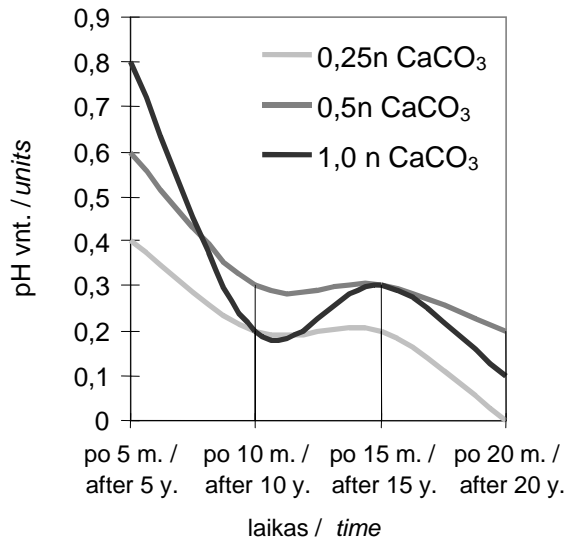
mà. Klintmilëiø norma skaiëiuota pagal hidrolizinà rûgøtumà (H). Træðimui naudotos vidutinës mineraliniø træðø normos – kaupiamiesiems ir grûdiniams $N_{60}P_{60}K_{60}$ (grikiams $N_{15}P_{30}K_{30}$), daugiametëms þolëms $P_{60}K_{60}$ (I metø), $N_{30}P_{60}K_{60}$ (II metø) ir $N_{60}P_{60}K_{60}$ (III metø).

Laboratorinio analizø metodai. Tyrimø pradþioje ir kiekvienos rotacijos pabaigoje ið ariamojo sluoksnio (0–20 cm) buvo imami dirvoþemio ëminiai agrocheminëms savybëms nustatyti. 1996 m., praëjus 24 metams nuo kalkinimo ciklo pradþios, individualio profilio metodu buvo paimti dirvoþemio ëminiai iki 1 m gylio (kas 20 cm) klintmilëiø átakai dirvoþemio poarmeniniø sluoksnio savybëms nustatyti. Kiekvieno varianto kiekvienam profilio sluoksniui cheminiø savybiø pokyþiams ávertinti buvo panaudoti 12 individualio grãþinio (ið 4-riø varianto pakartojimø po 3 grãþinius kiekviename laukelyje) tyrimø duomenys. Ðiuo laikotarpiu taip pat buvo paimti dirvoþemio ëminiai kalkinimo átakai fosfatø formø bei frakcijø pokyþiams priemëlio iðplautþemyje ávertinti. 2001–2002

1 lentelë. **Kalkinimo periodiðkumas ir klintmilëiø normø paskirstymas**
Vokë, 1972–1992 m.

Table 1. **Liming periodicity and distribution of dust limestone rates**
Vokë, 1972–1992

Variantas <i>Treatment</i>	Dulkiøjø klintmilëiø normø paskirstymas kas 5 metai (normomis pagal hidrolizinà rûgøtumà) <i>Distribution of dust limestone rates for 5 year periods (rates according to soil hydrolytic acidity)</i>	Ið viso per 4 augalø rotacijas <i>Total amount for 4 rotations</i>	
		normø pagal H <i>rate according to hydrolytic acidity</i>	CaCO ₃ t ha ⁻¹
1 dulkiøjø klintmilëiø normos paskirstymas <i>Distribution of 1 rate of dust limestone</i>			
1	Nekalkinta <i>Unlimed</i>	0	0
2	Nekalkinta, træða NPK <i>Unlimed and unfertilised</i>	0	0
3	0,50+0+0+0	0,50	3,38
4	0,25+0+0+0	0,25	1,81
5	0,50+0+0+0	0,50	3,68
6	1,0+0+0+0	1,0	7,18
7	0,25+0+0,25+0	0,50	3,72
8	0,50+0+0,50+0	1,00	6,62
9	0,50+0+0,25+0,25	1,00	6,98
10	0,25+0,25+0,25+0,25	1,00	7,12
Skirtingø dulkiøjø klintmilëiø normø paskirstymas <i>Distribution of various rates of dust limestone</i>			
1	Nekalkinta <i>Unlimed</i>	0	0
2	Nekalkinta, træða NPK <i>Unlimed and unfertilised</i>	0	0
3	0,50+0+0,50+0	1,00	7,84
4	0,25+0+0,75+0	1,00	7,08
5	0,50+0+0,50+0	1,00	7,18
6	0,50+0+1,50+0	2,00	14,36
7	1,00+0+1,00+0	2,00	15,72
8	0,25+0+0,50+0,25	1,00	7,84
9	0,50+0+0,75+0,75	2,00	14,64
10	0,25+0,25+1,50+1,50	3,50	24,64

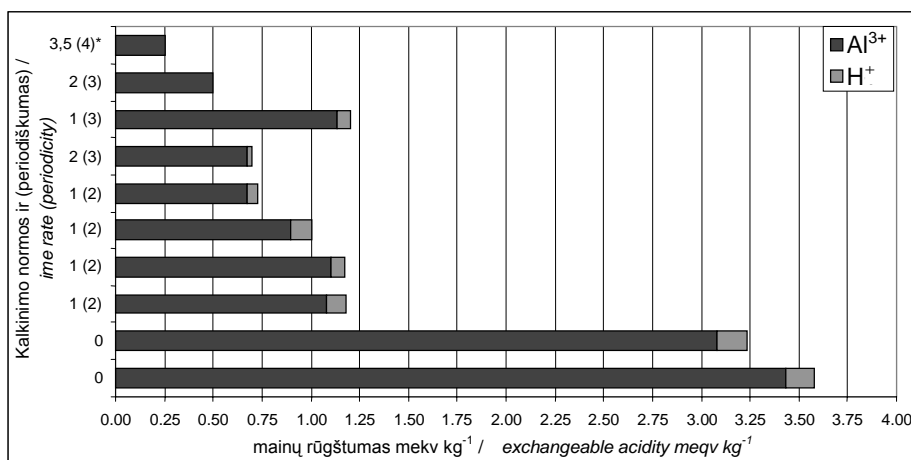


1 pav. pH pokyčiai priklausomai nuo pirminio kalkinimo normos

Fig. 1. Dynamic of pH changes depending primary liming rates

m. ištirta dirvožemio cheminė sudėtis profiliuose iškastose bandymų apsaugose bei kelių variantų armenyse, nustatyti ir sunkiojų metalų suminių kiekių pokyčiai dėl kalkinimo atakos.

Dirvožemio analizės atliktos šiais metodais: pH_{KCl} – potencimetriniu, hidrolizinis rūgštumas (H) – Kappeno, maino rūgštumas ir judrusis aliuminis (judr. Al) – Sokolovo, sorbuotų bazių kiekis (S) – Kappeno–Hilkovico. Organinių ir mineralinių fosfatų kiekiai bei mineralinių fosfatų frakcinė sudėtis nustatyti Ėango ir Dpeksono metodu, modifikuotu Askinazio, Ginzburg ir Lebedevos [2]. Taikant atominės absorbcijos spektrofotometrijos (AAS) metodą, nustatyti 26 cheminių elementų suminiai kiekiai: Ag, Al, B, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, La, Li, Mg, Mn,



* Klintmilėjų normos įterpimo periodiškumas (kartais) / Limestone application periodicity (times)

2 pav. Maino rūgštumo (H⁺ ir Al³⁺ jonų) pokyčiai švairaus rūgštumo išplautėmyje
Fig. 2. Changes of exchangeable acidity (H⁺ and Al³⁺ ions) in various acidity Luvisol

Mo, Nb, Ni, P, Pb, Sc, Sn, Ti, V, Y, Yb, Zn, kurių identifikavimui yra panaudojamas platus spektrinio linijų sąrašas, o jų aptikimo riba yra pakankamai žema, kad būtų galima konstatuoti natūralų foninį lygį. Kitas, išplečiantis tiriamų identifikacinių elementų sąrašą, analizės metodas – rentgeno fluorescencinė analizė (RFA). Juo buvo nustatomos Sr, Zr koncentracijos.

Visi dirvožemio cheminio analizės duomenys matematiškai apdoroti dispersinės ir koreliacinės regresinės analizės metodais [25, 33].

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APITARIMAS

Lietuvos teritorijoje dirvožemiai susidarė labai įvairios sudėties ir kilmės dirvodarinėse uolienose, ilgą laiką veikiant natūraliam dirvodaros procesui, o vėliau patyrė labai stiprų kultūrinimo poveikį [16]. Rytų Lietuvos regione dalis dirvožemių susidarė moreniniuose nuogulose. Lazdijų, Kalvarijų rajonuose dirvožemiai susidarė moreniniuose priesmėliuose, Zarasų, Dvenionėlių, Trakų, Varėnos rajonuose dalis dirvožemių susidarė moreniniuose švairiagrūdžiuose smėliuose, dalis – smėlio fluvioglacialinėse sąnašose. Rytų Lietuvoje vyrauja lengvos granulimetrinės sudėties dirvodarinės uolienos ir tai lemia jose susidariusių dirvožemių pagrindines savybes. Su dirvožemio dalelių dydžiu glaudžiai susiję dirvožemio sorbcijos galia ir karbonatingumas. M. Eidukevičienės tyrimais buvo nustatyta, kad koreliacinis uolienų karbonatingumo ir molio bei dulkių dalelių kiekio ryšys yra linijinis teigiamas, o su smėlio dalelėmis – linijinis neigiamas [5]. Taigi lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemių potencialus rūgštumas iš dalies yra nulemtas gamtinių veiksnių ir negali būti absoliučiai panaikintas kalkinimu.

Ilgalaikių tyrimų, atliktų ir švairiuose Lietuvos regionuose, ir užsienyje, rezultatai parodė, kad pirminio kalkinimo efektyvumas priklauso nuo kalkinimo trąšos (kiekio, formos, medžiagos) ir dirvožemio savybių (genetinės, pradinio cheminio, hidroterminio ir kt.) [1, 6, 18, 22, 31, 37]. Pakartotinis kalkinimas, palyginus su pirminiu, pasižymi mažesniu ekonominiu efektyvumu, bet stabilizuoja dirvožemio rūgštėjimo procesus, gerina dirvožemio fizikines, mikrobiologines savybes.

LPI Vokės filiale atlikti tyrimai parodė, kad Rytų Lietuvoje dirvožeminės ir klimato sąlygos nulemia ilgesnį kalkinimo medžiagos poveikį dirvožemio agro-

2 lentelë. Pirminio kalkinimo poveikis dirvoþemio rûgõtumo rodikliø dinamikai armenyje

Vokë, 1972–1998 m.

Table 2. The effect of primary liming on dynamic of soil acidity parameters in arable layer

Vokë, 1972–1998 m.

Variantas <i>Treatment</i>	Prieð árengiant bandymà <i>Before establishment</i>	Po 5 metø <i>After 5 years</i>	Po 10 metø <i>After 10 years</i>	Po 15 metø <i>After 15 years</i>	Po 20 metø <i>After 20 years</i>	Po 26 metø <i>After 26 years</i>
pH _{KCl}						
0,25 n CaCO ₃	4,3	4,6	4,2	4,5	4,4	4,2
0,5 n CaCO ₃	4,2	4,8	4,4	4,5	4,5	4,2
1,0 n CaCO ₃	4,4	5,2	4,6	4,7	4,5	4,4
Hidrolizinis rûgõtumas mekv kg ⁻¹ <i>Hydrolytic acidity</i>						
0,25 n CaCO ₃	51	49	51	42	53	41
0,5 n CaCO ₃	52	43	45	47	46	39
1,0 n CaCO ₃	51	31	35	35	43	43
Judrusis Al mg kg ⁻¹ <i>Mobile Al</i>						
0,25 n CaCO ₃	67	46	52	50	43	59
0,5 n CaCO ₃	71	23	36	53	36	56
1,0 n CaCO ₃	66	4	8	24	23	38
Sorbuotos bazës mekv kg ⁻¹ <i>Amount of absorbed bases</i>						
0,25 n CaCO ₃	24	33	37	26	43	33
0,5 n CaCO ₃	22	38	33	40	32	39
1,0 n CaCO ₃	28	48	40	36	33	44

3 lentelë. Mineralinio fosfatø formø pokyèiai dël periodinio kalkinimo priesmiøio iðplautþemyje

Vokë, 1999 m.

Table 3. Changes of mineral phosphate forms depending on periodical liming in sandy loam Luvisol

Vokë, 1999

pH _{KCl}	Mineraliniai fosfatø (P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹ dirvoþemio) <i>Mineral phosphates (P₂O₅ mg kg⁻¹ of soil)</i>					Netirpus fosforas P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹ dirvoþemio) <i>Insoluble P</i>
	ið viso mineralinio fosforo <i>Total amount</i>	A–L metodu nustatomas fosforas <i>Analysed by AL method</i>	vandenyje tirpûs fosfatø (NH ₄ Cl iðtr.) <i>Water soluble phosphates</i>	nustatomi verdanëio vandens iðtraukoje <i>Hot water extracted</i>	augalams prieinami fosfatø (Ëango ir Dþeksono metodu) <i>Analysed by Chang and Jackson method</i>	
4,2	746	195	10,8	8,5	515	25
4,4	748	200	9,0	20,2	505	23
5,4	892	202	7,2	25,3	558	35
6,4	842	241	10,5	24,1	558	50

cheminës savybës, palyginus su Vakarø Lietuvos regionu. Buvo nustatyta, kad pakalkinus dirvoþemà 0,25 normos (n) CaCO₃ pagal hidrolizinà rûgõtumà, klintmilëio poveikis pH rodikliui trunka apie 5–7 metus, pakalkinus 0,5 n – poveikis gali trukti iki 15 metø, o pakalkinus 1 n – pradeda maþëti po 7–10 metø ir pH atsistato iki pradinio reikðmiø po 18–20

metø (1 pav.). Ilgà laikà dirvoþemio pH_{KCl} buvo laikomas pagrindiniu rodikliu, nusakanëiu dirvoþemio rûgõtumo laipsnà ir kalkinimo reikalingumà, remiantis jo dydþio pokyèiais buvo parengtos kalkinimo rekomendacijos rûgõtims dirvoþemiams. Bet dirvoþemio rûgõtumà apibûdina ir tokie rodikliai, kaip mai-nø ir hidrolizinis rûgõtumas, judriojo aliuminio kie-

4 lentelė. **Pirminio ir periodinio kalkinimo poveikis dirvožemio cheminei sudėčiai**
Vokė, 2002 m.

Table 4. **The effect of primary and periodical liming on soil chemical composition**
Vokė, 2002

Elementas <i>Element</i>	Vidutiniai elementų kiekiai mg kg ⁻¹ (Al, Fe, Ca, Mg - %) <i>Average amount of elements</i>			
	pirminis kalkinimas <i>Primary liming</i>		periodinis kalkinimas <i>Periodical liming</i>	
	nK nT*	KT*	nK nT*	KT*
Al	4,03	4,45	4,43	3,95
Fe	2,03	1,98	1,95	1,80
Ca	0,250	0,310	0,365	0,530 ↑
Mg	0,225	0,238	0,233	0,233
Ag	0,0715	0,0730	0,082	0,070
B	26,50	26,80	26,50	15,38
Ba	387,5	385,0	497,5	435,0
Co	4,00	3,88	4,25	5,15 ↑
Cr	39,3	41,0	42,0	40,0
Cu	7,8	9,5 ↑	7,8	9,3
Ga	6,55	6,30	6,45	6,08
La	26,8	31,3	23,3	32,0
Li	9,8	9,3	11,5	11,3
Mn	600,0	670,0	580,0	612,5
Mo	0,47	0,40	0,58	0,63
Nb	14,80	15,00	15,80	17,75
Ni	12,90	13,10	13,63	11,88
P	1050	1100	950	1200
Pb	14,5	14,0	13,75	14,0
Sc	2,70	3,50	3,33	3,95
Sn	2,23	2,20	1,98	2,38
Sr	65,0	75,0	72,5	130,0 ↑
Ti	1925	2112	2000	2575 ↑
V	41,8	42,3	39,3	38,5
Y	10,5	13,0	12,8	12,8
Yb	1,73	2,13	2,28	1,95
Zn	23,8	23,0	17,5	17,6
Zr	427,5	462,5	497,5	422,5 ↓

* nK nT – nekalkinama ir netrąšiama *unlimed and unfertilised*; KT – kalkinama ir trąšiama *limed and fertilised*; ↑↓ – statistiškai patikimi (R_{05}) skirtumai *statistically significant differences*.

kis, sorbuotų bazių kiekis ir pasotinio jomis laipsnis. Tik visų ar kelių minėtų rodiklių analizė leidžia visapusiškai įvertinti rūgščių ir kalkintų dirvožemio būklę ir kalkinimo poreikį. Ilgalaikiai tyrimai įgalino atskleisti dirvožemio rūgštumą apibūdinančių rodiklių pokyčių spartą po kalkinimo skirtumus. Tyrimo rezultatai parodė, kad po kalkinimo greičiau, tuo tarpu hidrolizinio rūgštumo ir judriojo aliuminio rodikliai – gerokai lėčiau (2 lentelė). Pavyzdžiui, pakalkinus dirvožemį 1,0 n CaCO₃ (pagrindinė rekomenduojama kalkinimo norma) po 26 metų mainų rūgštumas buvo 4,3 mekv kg⁻¹ dirvožemio mėšnis, hidrolizinis – 8 mekv kg⁻¹ mėšnis, judriojo

aliuminio – 28 mg kg⁻¹ mažiau, palyginus su jų reikšmėmis prieš ėrengiant bandymą. Šie duomenys rodo, kad vienas pH rodiklis negali apibūdinti kalkintų dirvožemio rūgštinimo proceso ir nusakyti rūgštumo šaligumą augalų vystymuisi. Vandens jonų, kuriuos nusako pH rodiklis, esmingas neigiamas poveikis augalų vystymuisi pasireiškia tik esant pH < 4,0. Kenksmingesnis augalų augimui ir derėjimui yra judrusis aliuminis. Bet, kaip rodo tyrimo duomenys, mažėjant dirvožemio rūgštumui po kalkinimo, judrieji aliuminio junginiai pereina į netirpias formas, ir jų judrumas, kartu ir šaligumas augalams grąžta prie pradinės būklės kur kas lėčiau, nei pH ir kiti rūgštumą apibūdinantys rodikliai. Mūsų tyrimo duomenimis, 26 metų tyrimo trukmė buvo dar nepakankama, siekiant iki galo iširti aliuminio junginių transformacijos dėsningumus po kalkinimo. Mainų rūgštumo struktūros pokyčių analizė švairiai kalkintame dirvožemyje parodė, kad esant panašiam mainų rūgštumui, aliuminio ir vandens jonų santykis gali būti skirtingas, o esant skirtingam mainų rūgštumui, vandens jonų kiekis mainų rūgštumo struktūroje gali būti beveik vienodas (2

pav.). Tai apriboja galimybę spręsti apie faktinį dirvožemio rūgštumą tik pagal pH rodiklį

Anksčiau aptarti dirvožemio fizikinių ir cheminių savybių pokyčių duomenys švairiai teigti, kad iš prigimties rūgščių kalkintų dirvožemio pakartotinio kalkinimo reikalingumas turi būti nustatomas remiantis pH_{KCl}, hidrolizinio rūgštumo, judriojo aliuminio, mainų katijonų talpos rodikliais, atsivėlgiant į žemės ūkio veiklos kryptą

Dėl cheminių elementų išplovimo atmosferos kryptais per ilgą periodą pasikeičia ir poarmeninių sluoksnių savybės [10, 12, 26]. Naudojant kalkinimui gipsą, podirvio cheminė melioracija tampa spartesnė [7]. Kuo intensyviau kalkinamas dirvožemis ir kuo

5 lentelë. Suminiai Al, Ca ir Mg kiekiai dirvoþemyje ir pirminio kalkinimo poveikis jø judrumui
Vokë, 2002 m.

Table 5. Total amounts of Al, Ca & Mg in soil and the effect of primary liming on their mobility
Vokë, 2002

Gylis	pH	Suminis Al	Judrusis Al	Suminis Ca	Suminis Mg	Suminis	Sorbuotø baziø suma <i>Amount of absorbed bases</i>
		<i>Total Al</i>	<i>Mobile Al</i>	<i>Total Ca</i>	<i>Total Mg</i>	Ca+Mg <i>Total Ca+Mg</i>	
		mg kg ⁻¹				mekv kg ⁻¹	
<i>Nekalkinta Unlimed</i>							
0-20	4,22	60000	45,5	4200	2800	220,2	43,8
20-40	4,17	64000	48,8	5000	4400	306,1	37,0
40-60	4,37	56000	28,8	5200	3400	269,9	36,1
60-80	4,71	48000	15,5	5200	2600	237,0	58,6
80-100	5,57	44000	10,8	5600	3600	288,1	146,4
<i>Kalkinta 1 norma 1 rate applied</i>							
0-20	4,50	60000	19,4	4200	2800	220,2	48,5
20-40	4,54	64000	18,0	5000	4400	306,1	43,1
40-60	4,54	56000	15,6	5200	3400	269,9	46,7
60-80	5,16	48000	6,2	5200	2600	237,0	75,9
80-100	6,73	44000	1,8	5600	3600	288,1	300,0

6 lentelë. Suminiai Al, Ca ir Mg kiekiai dirvoþemyje ir periodinio kalkinimo poveikis jø judrumui
Vokë, 2002 m.

Table 6. Total amounts of Al, Ca & Mg in soil and the effect of periodical liming on their mobility
Vokë, 2002

Gylis	pH	Suminis Al	Judrusis Al	Suminis Ca	Suminis Mg	Suminis	Sorbuotø baziø suma <i>Amount of absorbed bases</i>
		<i>Total Al</i>	<i>Mobile Al</i>	<i>Total Ca</i>	<i>Total Mg</i>	Ca+Mg <i>Total Ca+Mg</i>	
		mg kg ⁻¹				mekv kg ⁻¹	
<i>Nekalkinta Unlimed</i>							
0-20	4,30	47000	31,1	4400	2500	212,9	36,2
20-40	4,30	43000	36,2	3800	2100	181,4	35,7
40-60	4,52	43000	20,3	4000	3400	239,9	41,8
60-80	5,02	28000	9,3	4400	1900	188,2	64,1
80-100	5,88	30000	4,8	4300	7000	395,6	169,7
<i>Kalkinta (2 normos) 2 rates applied</i>							
0-20	5,60	47000	10,1	4400	2500	212,9	84,1
20-40	5,49	43000	8,8	3800	2100	181,4	74,8
40-60	4,98	43000	12,0	4000	3400	239,9	40,9
60-80	4,93	28000	11,5	4400	1900	188,2	71,1
80-100	5,41	30000	8,1	4300	7000	395,6	84,9
<i>Kalkinta (3,5 normos) 3.5 rates applied</i>							
0-20	6,30	47000	6,1	4400	2500	212,9	108,0
20-40	6,36	43000	6,4	3800	2100	181,4	105,3
40-60	5,36	43000	10,0	4000	3400	239,9	41,4
60-80	5,35	28000	9,1	4400	1900	188,2	93,4
80-100	5,93	30000	7,8	4300	7000	395,6	222,9

ilgesnis kalkinio medžiagų veikimo periodas, tuo stovesnis dirvožemio profilio sluoksnis yra paveiktas kalkingimo. Mūsų atliktais tyrimais buvo nustatyta, kad Rytų Lietuvos sąlygomis pirminis kalkingimas 1,0 n klintmilėse po 24 metų paveikė dirvožemio sluoksną iki 60 cm gylio – sumažėjo mainų rūgštumas ($1,9\text{--}1,4$ mekv kg^{-1}) ir judriojo aliuminio kiekis ($26,1\text{--}9,3$ mg kg^{-1}), padidėjo pH_{KCl} rodiklis ($0,28\text{--}0,17$ vnt.) ir sorbuotų bazių kiekis ($4,7\text{--}10,3$ mekv kg^{-1}) (5 lentelė). Periodiškai kalkintame dirvožemyje šie pokyčiai dar penklesni. Per 20 metų atterpus $3,5$ n klintmilėse, iki $1,0$ m gylio buvo praktiškai surištas judrusis aliuminis – rūgštėniam B horizonte buvo daugiau kaip 10 mg kg^{-1} Al (6 lentelė). Visuose sluokniuose iki $1,0$ m gylio dirvožemio $\text{pH} > 5,0$, t. y. pasikeitė nuo labai rūgštaus iki mažai rūgštaus. Taigi dirvožemyje, pagrindinėje augalų šaknų vystymosi zonoje, pagal visus dirvožemio rūgštumą apibūdinančius rodiklius, susidarė palankios augimo sąlygos. Tirtame dirvožemyje judrusis Al sudaro labai menką dalį nuo suminio Al atsargų, mainų bazių dalis kiek gausesnė.

Kalkingimas ne tik turi atakos dirvožemio cheminėms savybėms, bet ir gali keisti kai kurių cheminių elementų judrumą. Biogeninių elementų atpvilgiu kalkingimas labiau keičia fosforo rešimą dirvožemyje. Yra žinoma, kad fosforo junginių prieinamumas augalams priklauso nuo dirvožemio rūgštumo. Ir labai rūgštėniam ($\text{pH}_{\text{KCl}} < 4,5$), ir neutraliam dirvožemyje ($\text{pH}_{\text{KCl}} > 6,5$) fosforo junginių tirpumas mažėja [2, 21, 36, 38]. Mūsų bandymuose atlikti fosforo formų bei mineralinių fosfatų frakcijų pokyčių dėl kalkingimo tyrimai parodė, kad fosforo rešimo atpvilgiu palankesnis yra periodinis kalkingimas (kalkinio medžiagų normos nedidelės) (3 lentelė). Nuolat kalkintame dirvožemyje yra daugiau lengviau augalams prieinamų mineralinių fosfatų, padidėja tirpios vandenyje fosfatų frakcijos, daugiau yra judriojo fosforo, nustatomo A–L metodu. Didesni teigiami pokyčiai vyksta, kai dėl kalkingimo pH yra $5,2\text{--}6,4$. Labiau neutralėjant dirvožemio rūgštumui, padaugėja netirpių fosforo junginių, kurių augalai nepasisavina.

Periodinis dirvožemio kalkingimas ne tik pakeičia makro- ir mikroelementų judrumą, bet ir gali turėti atakos kitų elementų judrumui bei jų akumuliacijai ariamajame sluoksnyje [17, 20, 24, 29]. Trisdešimtais metais nuo bandymo ėrangimo pradžios buvo ištirta 28 elementų suminių kiekių pokyčiai dėl kalkingimo. Nustatyta, kad tiek elementų skaičiaus, tiek jų akumuliacijos atpvilgiu labiau paveiktas periodiškai kalkingamas ir mineralinėmis trąšomis trąšiamas dirvožemis (4 lentelė). Dėl pirminio kalkingimo atakos po 30 metų dirvožemyje aptikta iš esmės daugiau vario. Dėl periodinio kalkingimo ir trąšimo patikimai padidėjo suminio kalcio, kobalto, titano ir stroncio kiekiai. Akcentuotinas stroncio padaugėjimas agrogeninio poveikio sąlygomis. Šis elementas patenka į dirvožemį kaip trąša (dolomito, kalio, fosfatų piliavė) sudėtinė dalis arba jo kiekiai kei-

čiasi kintant stroncio apytakai dėl dirvožemio užteršimo. Pagausėjus Ca, sumažėjus dirvožemio rūgštumui šis elementas imobilizuojamas armenyje, rūgštėniam dirvožemyje Sr kiekis patikimai nesiskiria. Tačiau nustatyti suminiai elementų kiekiai nė vienu atveju neviršijo didžiausių leistinų koncentracijų, todėl dirvožemiai vertinti kaip neužteršti.

IŠVADOS

Rytų Lietuvos sąlygomis kalkingimo poveikis dirvožemio savybėms yra ilgalaikis. Optimaliai pakalkinus kalkingėmis medžiagomis ($1,0$ n CaCO_3 pagal hidrolizaciną rūgštumą), jų poveikis rūgštumui apibūdinantiems rodikliams trunka ilgiau kaip 25 metus. Po kalkingimo iki pradinių reikšmių greičiausiai atsistato pH_{KCl} rodiklis, lėčiau – judrusis aliuminis, kuris labiausiai slopina augalų vystymąsi. Dėl šios priežasties kalkintų dirvožemių pH rodiklis nenusako faktinio dirvožemio rūgštumo lygio, nes jis atspindi tik vandens jonų kiekį dirvožemio tirpale, tuo tarpu visą rūgštumą lemia vandens ir aliuminio jonų koncentracija. Atkreiptinas dėmesys į tai, kad periodiškai (kas 5 metai) kalkintuose dirvožemiuose dėl kalkinio medžiagų migracijos pasikeičia ne tik ariamojo sluoksnio, bet ir poarminių horizontų savybės: iki $60\text{--}80$ cm gylio sumažėja mainų ir hidrolizinis rūgštumas, judriojo aliuminio kiekis, didėja bazingumas.

Pakartotinio kalkingimo reikalingumui nustatyti bei parinkti ekologiškai ir ekonomiškai pagrįstas normas būtina lygiagrečiai su pH rodikliu vertinti judriojo aliuminio kiekį, hidrolizaciną rūgštumą, pasotino bazėmis laipsną, periodiškai kalkintų dirvožemių poarminių sluoksnių rūgštumo pokyčius ir žemės ūkio veiklos kryptą. Prognozuoti rūgštumo pokyčius ir dirvožemio būklę galima ir pagal registruotus pirminius dirvožemio rūgštumo rodiklius bei lauko kalkingimo istoriją. Tačiau norint atsakyti į klausimą – kurią kalkingimo strategiją taikyti kalkintiems dirvožemiams dabar – reikia papildomų tyrimų. Vokės filiale nuo 2000 m. pradėti ūkinių kalkingimo poreikio diagnozavimo metodų (neutralizuoti judriąjam Al, neutralizuoti dalį hidrolizinio rūgštumo (pagal Nebolsiną), pagal pasotino bazėmis laipsną (V%) bei pagal modifikuotą Adamso-Evanso metodą) tyrimai. Manome, kad tokie tyrimai tinklas turėtų apimti bent rūgštėniaus Lietuvos dirvožemių zonas.

Kalkingimas keičia kai kurių biogeninių elementų bei sunkiųjų metalų judrumą ir akumuliaciją dirvožemyje. Palankesnės sąlygos augalams pasisavinti fosforo junginius susidaro periodiškai kalkinant dirvožemį (kalkinio medžiagų normos nedidelės). Tačiau, periodiškai kalkinant ir trąšiant, galimas nepageidautinas kai kurių sunkiųjų metalų (stroncio, titano, kobalto, vario) suminio kiekio arba jų judriųjų formų padaugėjimas ariamajame sluoksnyje.

Literatūra

- Ahern C. R., Weinand M. M. G. Does climate influence the pH of Queensland surface soils? In Plant-soil interactions at low pH: Principles and management. Ed. by R. A. Date, N. J. Grundon, G. E. Rayment, M. E. Probert. Kluwer academic publishers, 1995. P. 99–104.
- Barber S. A. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach. 2nd ed. New York, 1995. 414 p.
- Chang S. C., Jackson M. L. Fractionation of soil phosphorus // *Journal Soil Science*. 1957. N 2. P. 84.
- Chiznikova N. Clay minerals in soddy-podzolic soils of Russia and the problem of acidification // 16th World congress of soil science. Summaries. 1998. (CD).
- Eidukevièienë M. Lietuvos rûgðio dirvoþemio kalkinimo optimizavimo geocheminis ir geologinis pagrindimas: habilitacinis darbas. Vilnius, 1993. P. 6–84.
- Eidukevichene M., Ozheraitiene D., Tripolskaya L., Marcinkonis S. The effect of long-term liming on chemical properties of Lithuanian soils // *Eurasian soils science*. 2001. Vol. 34. N 9. P. 999–1006.
- Farina M. P. W., Channon P., Thibaud G. R. A. Comparison of Strategies for Ameliorating Subsoil Acidity: II. Long-Term Soil Effects // *Soil Science Society of America Journal*. 2000. Vol. 64. P. 652–658.
- Harold S. Reviewing buffer pH and the estimation of lime requirement in soil. *The soil-plant analyst*. 2001. P. 4–7.
- Ilgalaikiai dirvoþemio savybio ir augalo traidimo bandymai Lietuvoje. Kaunas, 2002. 31 p.
- Kacas M., Majauskas K., Rozovskis G. Avairio kalkio dozio ataka Lietuvos TSR rûgðio velëniio-jaurinio dirvoþemio derlingumui // Lietuvos TSR Mokslø Akademijos darbai. B Ser. 1955. T. 3. P. 133–149.
- Kacas M., Savickas J. Lietuvos dirvoþemio kalkinimas. Vilnius, 1958. P. 6–8.
- Kac-Kacas M. Przyczynk do poznania wplywu wapnowania na kwasowosc podglebia i glabszych warstw gleby // *Pamiatnik Pulawski*. 1968. Z. 32. P. 55–66.
- Knaðys V. Dirvoþemio kalkinimas. Vilnius, 1985. P. 6–7.
- Kreutzer K. Effects of forest liming on soil processes // *Plant and soil*. 1995. Vol. 168–169. P. 447–470.
- Kubat J., Lipavsky J. The effect of fertilization and liming on the carbon concentrations in arable soils. *Rostlinna vyroba*. 1996. Vol. 42. P. 55–58.
- Lietuvos dirvoþemiai. Sud. M. Eidukevièienë, V. Vasiliauskienë. Vilnius: Lietuvos mokslas, 2001. P. 669–708.
- Magnusson M. Soil pH and nutrient uptake in Cauliflower and Broccoli in Nothern Sweden. Doctoral thesis. Umea, 2000. P. 41, 508–510.
- Marcinkonis S., Tripolskaja L. Ilgalaikis kalkinimo poveikis velëniniam jauriniam labai rûgðtiems priemelio dirvoþemiams Rytø Lietuvoje // *Pemdirbystë. LPI, LPÛU mokslo darbai. Akademija*, 2001. T. 74. P. 25–35.
- Matula J., Pechova M. A simplified approach to liming and its evaluation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2002. Vol. 33(15–18). P. 2989–3006.
- Maþvila J., Adomaitis T. Sunkieji metalai avairiuose Lietuvos dirvoþemio rajono dirvoþemiuose. Sunkieji metalai Lietuvos dirvoþemiuose ir augaluose. Sud. J. Maþvila. Kaunas, 2001. P. 112–142.
- Mengel K., Kirkby E. A. Principles of plant nutrition. 4th edition. Bern. 1987. 606 p.
- Motowicka-Terelak T. Wplyw pochodzenia geologicznego skal macierzystych i skladu granulometrycznego na zakwaszenie i efekty wapnowania gleb // *Roczniki gleboznawcze*. 1985. T. 36. Nr. 1. S. 151–156.
- Pleševienë A. Kalkinio traido veikimo trukmë ir ataka dirvoþemio agrocheminës savybës // *Pemdirbystë. LPI, LPÛU mokslo darbai. Akademija*, 2000. T. 71. P. 49–61.
- Rimðelis J., Greimas G., Ignatas V. Intensyvaus traidimo, kalkinimo ir transporto traido ataka sunkiojo metalo kiekiui ir judrumui Pietryio Lietuvos velëniniame jauriniame priemelio dirvoþemyje // *Pemës ukio mokslai*. 1997. Nr. 4. P. 3–8.
- Tarakanovas P. Statistinio duomeno apdorojimo programø paketas „Selekcija“. Vilnius, 1999. 56 p.
- Toma M., Summer M. E., Weeks G., Saigusa M. Long-term effects of gypsum on crop yield and subsoil chemical properties // *Soil Science Society of America Journal*. 1999. Vol. 63. P. 891–895.
- Tsakelidou R. Comparison of lime requirement methods on acid soils of nothern Greece // *Communications in Soil science and plant analysis* 1995. N 3–4. P. 541–551.
- Van Lierop W. Soil pH and lime requirement determination // R. L. Westerman (ed.). *Soil testing and plant analysis*. 3rd ed. SSSA Book Ser. 3. SSSA, Madison, WI. 1990. P. 73–126.
- Veitienë R. Dirvoþemio rûgðtëjimo ataka mikroelemento efektyvumui sëjomainoje // *Dirvoþemio rûgðtëjimas ir kalkinimas / Mokslinës konferencijos praneðimai. Vëþaièiai*, 2000. P. 157–161.
- Viscarra Rossel R. A., McBratney A. B. A response-surface calibration model for rapid and versatile site-specific lime-requirement predictions in south-eastern Australia // *Australian Journal of Soil Research*. 2001. Vol. 39. N 1. P. 185–201.
- Wiklander L. Kalkens markeffekt // *Kalkningsbehov och kalkningsmedel for jord, skog och vatten-nulage och utvecklingsmojligheter*. Stockholm, 1979. P. 49–53.
- Åñëèi açè Ä. È., Åëí çáððä K. E., Èääääää È. Ñ. Ì èí ððäëüí úä ôíðèòú ôíñòíðä ä íí+ää è í äöí äü èð ííðäääéáí èý // Ì í+ái áääái èä. 1963. 1 5. Ñ. 27.
- Äíñí äöí ä Ä. Ä. Ì äöí äëèä ííèääíái ííúòä. Ì íñèää: Ääðííðíí èçääò, 1985. 351 ñ.
- Èóèèèíä Ä. Ä., Ääèääää Í. Ì ., Í óóí èí ä È. Ä. Ì íäääðæèèðüää èçääñòèíääí èä íðíðääí úð çèäèí äüò íñòäèèü // Ääðíðèí èý. 1 12. C. 48–51.
- Í áái èüñèí Ä. Í ., Í áái èüñèí ä Ç. Ì . Ì íðäääéáí èä ííðèí äëüí úð äíç èçääñòè íí èíííèäèñò ííèàçàòäèèè // Ääðíðèí èý. 1997. C. 29–33.

- 36. Í ááí eũñéí À. Í ., Í ááí eũñéí à Ç. Í ., Òëí áeááà È. Á. Áeeyí eà eçáãñòeí ááí eý í à í aei ðí ðÚá í í eàçáòáeè Òí ñòáòí í áí ðáæè à ááðí í áí-í í äçí eèñòóò í í +á // Ááðí ðeí eý. 1998. ¹ 9. C. 31-41.
- 37. Í áeáááá T., Òí ðáá T. Èeñeí ðí í ñòú í í +á è í áòí áú á, òñòáí áí eý. Í í ñeáá, 1983. Ñ. 8-13, 25-27, 61-104.
- 38. Ð eóáá È. Á. Í ðí áí í çèðí ááí eà ýòóáeðeáí í ñòè eçáãñòeí ááí eý è í ðeí áí áí eý Òí ñòí ðí úò óáí áðáí eé ñ ó-áòí ñòðí áí eý è ñáí eñóá í ðí ðeéý ááðí í áí-í í äçí eèñòóò í í +á Ñáááðí-Áí ñòí eà Í á+áðí í çáí í í é çí í ú ÐÑÕÑÐ. Ááòí ðáò. áeññ. ... á-ðá ñ.-ò í áòè. Èáí eí áðáá-Í óøeéí, 1989. Ñ. 17-33.

Liudmila Tripolskaja, Saulius Marcinkonis

CHANGE REGULARITIES OF ACIDITY AND CHEMICAL PROPERTIES OF LIMED SOILS IN EAST LITHUANIA

Summary

The main results of long-term liming experiments carried out in LIA Vokė Branch are presented. The effects of duration of liming material on various soil chemical properties in the arable layer and *Haplic Luvisol* profile up to a depth of 1 m are described in detail. The new criteria for lime requirement and optimal liming rates to ensure the ecological and economical efficiency are discussed. Experimental results enable a more detailed evaluation of the ef-

fect of liming on the environment and more accurate calculations of the chemical properties of limed soils.

Key words: soil acidity, liming, *Haplic Luvisol* profile, phosphate regime

Èðáí eèá Òðeí ðeũñeáý, Ñáøeðñ í áðòeí eí ðeñ

ÇÁËÍ Í Í Í ÁÐÍ Í ÑÒÈ ÈÇÍ ÁÍ ÁÍ Èß
ÈÈÑÈÍ ÒÍ Í ÑÒÈ È ÕÈÍ È×ÁÑÈÈÕ ÑÁÍ ÈÑÒÁ
ÈÇÁÃÑÒÈÍ ÁÁÍ Í ÚÕ Í Í ×Á Á ÕÑÈÍ ÁÈßÕ
ÁÍ ÑÒÍ ×Í Í É ÈÈÒÁÕ

Ð á ç þ ì á

Í áí áúáí ú ááæí áeøeá ááí í úá áeðóáeũí úò eññeá-áí ááí eé í í eçáãñòeí ááí eþ, í ðí ááááí í úò á Áí eáñeí í ðeèeáeá Èèòí áñeí áí eí ñòeðóá çáí eáááeéý. Èçó-áí í áeðóáeũí í á áí çááeñóáeá eçáãñòeí áúò óáí áðáí eé í á ðáçeè-í úá ðeí e-áñeéá ñáí eñóáá ñóí áñ-áí í e ááðí í áí-í í äçí eèñòé í í +áú í áòí óí í áí áí ðeçí í ðá è í í +ááí í áí í ðí ðeéý áí áeðóáeí ú í ì, ðáññí í ððáí ú í í áúá eðeðáðeè, í í çáí eý þ ú eá í í ðáááeèóú í áí áòí áeí í ñòú í í áòí ðí í áí eçáãñòeí ááí eý è í í ðeí áeũí úá í í ðí ú eçáãñòeí áúò óáí áðáí eé, í ááñí á+eáá þ ú eá ýeí í í e-áñeéþ ýòóáeðeáí í ñòú è ýeí eí áe-áñeéþ ááçí í áñí í ñòú í eððóæá þ ú áe ñðááú. Èññeááí ááí eý í í çáí eèeè í í eí áá í óáí eòú áeéý í eá eçáãñòeí ááí eý í á í eððóæá þ ú ó þ ñðááó, á ðáeæá óóí +í eòú eí ðáí ñeáí í ñòú è çáeí í í áðí í ñòè áí ññóáí í áeáí eý ðeí e-áñeéè ñáí eñóá eçáãñòeí ááí í úò í í +á.

Èeþ+ááúá ñeí áá: eèñeí ðí í ñòú í í +áú, eçáãñòeí ááí eá, í ðí ðeéú í í +áú, Òí ñòáòí úe ðáæè