

*Dirvotyra ir agrochemija*  
*Soil Science and Agrochemistry*  
*Почвоведение и агрохимия*

---

## Kalkinimo bei trąšimo sistemų poveikis dirvožemio savybėms ir agrocenozės produktyvumui

---

**Steponas Ėiuberkis,**

**Dalija Ėiuberkienė,**

**Donatas Konėius,**

**Edmundas Lapinskas,**

**Dalia Ambrazaitienė,**

**Loreta Piaulokaitė-Motuzienė**

*Lietuvos žemdirbystės instituto  
Vėpaiėių filialas, Gargždų g. 29,  
Vėpaiėiai, LT-96216 Klaipėdos rajonas  
el. paštas Stepas@vezaiciai.lzi.lt*

Tyrimai daryti Lietuvos žemdirbystės instituto Vėpaiėių filiale 1975–2000 m. lengvo priemolio nepasotinto balkūvažemio dirvožemyje. Kalkinimu buvo suformuoti 6 dirvožemio pH lygiai ir po kiekvienos rotacijos dirvožemis buvo periodiškai kalkinamas bei buvo 4 trąšimo lygiai.

Dirvožemis, penkių rotacijų vidutiniai duomenimis, per penkerius metus parūgūtėjo 0,3–0,5 vieneto. Gausiau trąšiant, dirvožemis rūgūtėjo sparėiau, jame po 25 metų buvo daugiau judrių aliuminio ir fosforo. Ankėtiniū augalū gumbelinū bakterijū sparėiau daugėjo pradėdant  $pH_{KCl}$  5,6 lygio dirvožemiu, o azoto fiksacijai optimalus  $pH_{KCl}$  buvo 6,1–7,0. Amnifikuojanėiū bei mineralinā azotā asimiliuojanėiū mikroorganizmū daugiausiai nustatyta esant  $pH_{KCl}$  5,2–5,7. Dėl kalkinimo poveikio pasėliū piktūolėtumas mažėjo, o dėl trąšimo – didėjo. Sėjomainos produktyvumas didėjo kalkinant iki  $pH_{KCl}$  5,6 ir trąšiant dviguba  $N_{90}P_{78}K_{114}$ : apykaitos energijos sukaupta 57,8 GJ ha<sup>-1</sup>, arba 54% daugiau nei ūtaip trąštame, bet nekalkintame dirvožemyje.

**Raktaūodėiai:** dirvožemio rūgūtumasis, kalkinimas, trąšimas, mikroorganizmai, *Rhizobium*, sėjomainos rotacija, piktūolės, produktyvumas

---

### ĀVADAS

Dauguma Vakarū Lietuvos balkūvažemiū ir iūplautpemiū iū prigimties yra rūgūti. Lietuvoje ir kitose ūalyse atliktasis tyrimū duomenimis, pagrindinė jū su kultūrinimo priemone yra kalkinimas ir trąšimas organinėmis bei mineralinėmis trąšomis [18, 27, 28]. Dirvožemā kalkinant ne tik neutralizuojamas vienas toksiūkiausiū augalams elementū – judrusis aliuminis, bet ir keiėiasi agrocheminės savybės, maisto medėiagū kiekis bei jū pasisavinimas, humuso kokybinė sudėtis, suaktyvėja mikroorganizmū veikla [2, 7, 8, 21, 26, 28].

Gamtoje natūraliai nuolat vyksta dirvodaros procesai, ir vienas jū – dirvožemio rūgūtėjimas. Agroecosistemose rūgūtėjimā skatina abiotiniai ir antropogeniniai veiksniai: rūgūti krituliai, agrotechnika, trąšimas fiziologiūkai rūgūtiomis mineralinėmis trąšomis, Ca, Mg ir kitū elementū iūsiplovimas bei praradimas

per derliū [3, 4, 29]. Dėl to nuolat vyksta dirvožemio degradacija. Todėl norint iūsaugoti dirvožemio derlingumā, be pagrindinio, būtinas ir periodinis, palaikomasis kalkinimas [6, 18, 24], nepaisant to, kad pastarasis kalkinimas yra mažiau veiksmingas uū pirminā [18, 23]. Visa tai sudarytū palankias sūlygas iūauginti vidaus ir uūsienio rinkose konkurencingā augalininkystės produkcijā, atitinkanėiā ES kokybės reikalavimus. Taėiau pastaraisiais metais dėl lėdū stygiaus kalkinama tik apie 10% reikiamū kalkinti plotū, o balkūvažemiū armenyje yra ribotos kalcio atsargos [14]. Dėl to gali labai sparėiai padidėti rūgūtiū dirvū plotai, nes ariamasis sluoksnius kasmet netenka 120–200 kg ha<sup>-1</sup> kalcio [15]. Visa tai spartina chemiū ir biologinā dirvožemio degradacijā [8].

Mikrobū cenozės suformavimas dirvožemyje yra labai ilgas ir sudėtingas procesas. Rūgūtiems dirvožemiams būdinga negausi ir skurdi mikroflora. Juose nerasta azotobakterės ir beveik nėra aerobiniū celiu-

liožė skaidanėio bakterijų. Nitrifikavimo procesas prasideda tik esant  $pH_{KCl}$  5,2 ir pasiekia didžiausią intensyvumą, kai dirvožemio pH padidėja iki 6,7 [2]. Dirvožemio rūgštumas lemia ankštinių augalų ir gumbelinio bakterijų simbiozė, nes pastarosios jautrios pH ir judriam aliuminiui, kurioms kritinis pH 4,8–5,0 [10]. Dirvožemio rūgštėjimas slopina ankštinių augalų ir gumbelinio bakterijų vystymąsi, nes bakterios-tatiškai veikia gumbelines bakterijas ir stabdo ankštinių augalų ūknų vystymąsi [19]. Todėl svarbiausi azoto fiksacijos aktyvinimo veiksniai yra dirvožemio kalkinimas ir trąšimas fosforo, kalio ir organinėmis trąšomis, škaitant ir žaliąją trąšą, bei ankštinių augalų inokuliavimas veiksmingais gumbelinio bakterijų kamienais [19].

Fitocenozės produktyvumo ryšys su dirvožemio rūgštumo laipsniu yra gana sudėtingas. Dirvožemio rūgštumas veikia augalą ne tiek tiesiogiai, kiek per mitybos grandis, keisdamas dirvožemio makro- ir mikroelementų judrumą, jų sorbcijos galimybes ir trąšų efektyvumą [21]. Tad stabiliam derliui ir konkurencingai produkcijai išauginti reikia žinoti sąlygas augalams augti bei sėjomainai palankiausia dirvožemio pH, nes skirtingi augalai ir rūgštą dirvožemį reaguoja nevienodai. Dėl to nevienodai pasisavina ir dirvožemyje esančias maisto medžiagas.

Piktžolė florai, jų gausumui agrofitocenozėje nevienareikšmė žakė turi dirvožemis, jo rūgštumas bei agroklimato sąlygos, trąšimas [16, 20, 25]. Piktžolė sąvairovė didelė. Vienos piktžolės gerai pakenčia Ca deficitą, kitos pirmosios sugeba geriau pasinaudoti išbertomis trąšomis nei kultūriniai augalai. Dar kitos jautrios pavėsiui, ir jas gali nustelbti geriau augdami kultūriniai augalai kalkintuose dirvožemiuose.

Dabar, kada brangios trąšos, energetiniai išteklių, brangsta darbas, kalkinimas ir trąšimas turi būti labai racionalūs. Todėl žemės ūkio gamyba turi būti derinama su aplinkos, dirvožemio ir genetinės sąvairovės apsauga bei gerinimu. Išsilyka naujų reikalavimų mokslui, ypač naujų technologijų diegimui, nei buvo siekiama bet kuria kaina didžiausio derlingumo. Būtinai duomenys apie dirvožemio savybes, jų kaitą dėl gamtinių ir antropogeninių veiksnių poveikio bei žakė agrofitocenozės bio sąvairovės pokyčiams ir produktyvumui.

Á daugelá minėtø klausimø gali padėti atsakyti ilgameisø stacionarinio bandymo, atliekamo Lietuvos žemdirbystės instituto (LPI) Vėpaiėio filiale, tyrimø duomenys.

**Tyrimø tikslas** – ištirti sąvairaus rūgštumo dirvožemio ir mineralinio trąšø skirtingø kiekio derinimo žakė dirvožemio agrocheminiams rodikliams, mikroorganizmø paplitimo ir jų aktyvumo, pasėlio piktžolėtumo pokyčiams bei agrocenozės produktyvumui.

## TYRIMØ SĄLYGOS IR METODIKA

Labai rūgštø dirvožemá ( $pH_{KCl} < 4,7$ ) siekta sureguliuoti kalkinimu iki tokio  $pH_{KCl}$  lygio (A faktorius): 1)  $< 4,7$  (nekalkinta), 2) 4,7–5,2; 3) 5,2–5,7; 4) 5,7–6,2; 5) 6,2–6,7 ir 6)  $> 6,7$ . Kad būtų pasiekti šie lygiai, prieš žrengiant bandymà (1975 m.) žterptos kalkinės trąšos (1 lentelė), kurio kiekiai buvo apskaičiuoti pagal titravimo kreives (Remezovo metodu).

Siekiant palaikyti dirvožemio rūgštumą užsibrėžtam  $pH_{KCl}$ , po antros, treios, ketvirtos ir penktos sėjomainos rotacijø bandymo laukeliai buvo papildomai kalkinami rudená, kiekviename laukelyje žterpiant kalkines trąšas, kurio kiekiai skirtingi. Žiuose fonuose mineralinės trąšos buvo naudojamos pagal tokià schemà (B faktorius): be trąšø, viena, dvi ir trys normos NPK. Tyrimai daryti LPI Vėpaiėio filiale penkianarėje sėjomainoje, kurioje augalø kaita buvo tokia: pašariniai runkeliai, miežiai, daugiametės žolės, žieminiai kviečiai, avižos. Viena mineralinio trąšø norma ( $N_{90}P_{60}K_{90}$  trumpinant – NPK) pašariniams runkeliams buvo  $N_{90}P_{60}K_{90}$ , miežiams, žieminiams kviečiams ir avižoms –  $N_{45}P_{30}K_{45}$ , daugiametėms žolėms –  $P_{45}K_{60}$ . Tad sėjomainos rotacijoje vidutinė metinė mineralinio trąšø norma  $N_{45}P_{39}K_{57}$ .

Bandymo dirvožemis – vidutiniškai sukultūrintas hidromorfinis giliau glėždiškas nepasotintas balkšvažemis (JI2) – *Dystric Albeluvisol* (ABd) (velėninis žaurinis glėždiškas JP<sup>1v</sup>) – lengvas ant vidutinio sunkumo priemolis, karbonatai randami 1,5–2,0 m gilyje. Prieš žrengiant bandymà, dirvožemio armuo buvo labai rūgštus,  $pH_{KCl}$  4,1–4,4, hidrolizinis rūgštumas (H) – 47–59 m. e.  $kg^{-1}$ . Dirvožemio bazingumas (S) – 22–29 m. e.  $kg^{-1}$ , bazėmis pasotinio laipsnis – 28–37%,

1 lentelė. Bandymo laukeliuose žterpta á dirvožemá klintmilėio

Planinis pH	Áterpta klintmilėio $t\ ha^{-1}$				
	pagr. kalkinimui, 1975 m.	po 2-os rotacijos, 1985 m.	po 3-ios rotacijos, 1990 m.	po 4-os rotacijos, 1995 m.	iš viso per 25 metus
< 4,7	0	0	0	0	0
4,7–5,2	2,0	0,6	1,7	1,1	5,4
5,2–5,7	3,4	2,1	2,0	2,2	9,7
5,7–6,2	6,9	4,4	2,5	5,5	19,3
6,2–6,7	12,2	7,6	7,5	8,3	35,6
> 6,7	44,1	0	2,5	7,7	54,3

2 lentelė. Kalkinimo ir trąšimo sistemų poveikis dirvožemio agrocheminėms savybėms 1976–2000 m.

Variantas		Agrocheminis rodiklis					
pH planinis	trąšimas, N:P:K vid. sėjomainoje	pH 5 rotacijų vidurkis		judrusis Al mg kg <sup>-1</sup>		pasotinimo bazėmis laipsnis %	
		pirmi metai po kalkinimo-rotacijos pradžią	rotacijos pabaiga	pirmi metai po kalkinimo, 1976 m.	po 25 metų, 2000 m.	pirmi metai po kalkinimo, 1976 m.	po 25 metų, 2000 m.
<b>pH<sub>KCl</sub> – A faktorius</b>							
< 4,7		4,3	4,2	41,3	67,4	33,5	33,9
4,7–5,2		4,7	4,4	28,0	13,4	40,1	49,2
5,2–5,7		5,2	4,8	8,3	0,7	55,5	63,2
5,7–6,2		5,6	5,1	3,1	0,2	66,8	75,0
6,2–6,7		6,1	5,8	1,0	0,1	82,5	83,4
> 6,7		6,5	6,4	0,0	0,0	96,1	92,2
R <sub>05</sub>		0,13	0,10	2,16	1,20	1,83	1,82
R <sub>01</sub>		0,17	0,14	2,88	1,60	2,44	2,43
<b>Trąšimas, N:P:K – B faktorius</b>							
	0:0:0	5,5	5,2	12,0	11,4	65,6	71,0
	45:39:57	5,5	5,2	12,8	11,5	62,3	68,0
	90:78:114	5,3	5,0	13,9	13,8	61,1	62,2
	135:117:171	5,3	5,0	15,7	17,8	60,7	63,4
R <sub>05</sub>		0,11	0,08	1,76	0,98	1,49	1,49
R <sub>01</sub>		0,14	0,11	2,35	1,31	1,99	1,99
<b>AB faktorių sąveika</b>							
< 4,7	0:0:0	4,4	4,3	37,1	63,9	41,3	48,4
	45:39:57	4,3	4,3	41,6	55,8	25,9	31,4
	90:78:114	4,3	4,2	37,3	64,9	39,1	27,0
	135:117:171	4,1	4,1	49,1	85,1	27,9	28,8
4,7–5,2	0:0:0	4,7	4,5	24,0	4,3	41,6	56,1
	45:39:57	4,8	4,5	21,0	12,7	43,8	50,5
	90:78:114	4,7	4,4	32,8	16,8	39,3	43,5
	135:117:171	4,5	4,3	34,2	19,8	35,6	46,8
5,2–5,7	0:0:0	5,2	4,9	7,1	0,0	57,9	68,5
	45:39:57	5,3	4,9	10,0	0,3	57,8	69,4
	90:78:114	5,1	4,6	9,1	1,0	47,9	53,4
	135:117:171	5,1	4,6	7,1	1,5	58,5	61,5
5,7–6,2	0:0:0	5,8	5,2	3,0	0,0	72,6	75,7
	45:39:57	5,7	5,2	3,1	0,0	64,3	75,7
	90:78:114	5,4	5,2	3,1	0,3	65,3	72,6
	135:117:171	5,5	5,0	3,0	0,3	65,2	75,9
6,2–6,7	0:0:0	6,2	5,9	1,0	0,0	83,5	84,8
	45:39:57	6,3	5,9	1,0	0,0	86,2	86,8
	90:78:114	6,0	5,6	1,0	0,0	79,7	83,4
	135:117:171	6,1	5,5	1,0	0,3	80,7	78,6
> 6,7	0:0:0	6,6	6,5	0,0	0,0	96,8	92,7
	45:39:57	6,5	6,5	0,0	0,0	95,7	93,9
	90:78:114	6,5	6,3	0,0	0,0	95,4	93,1
	135:117:171	6,5	6,3	0,0	0,0	96,4	89,0
R <sub>05</sub>		0,26	0,20	4,31	2,39	3,66	3,65
R <sub>01</sub>		0,34	0,27	5,76	3,20	4,88	4,87

3 lentelė. Judriøjø P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir K<sub>2</sub>O pokytis trašiant 25 metus NPK (normos skirtingos) ávairaus rúgótumo dirvoþemá

Variantas		pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>		K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>	
pH planinis	trašimas, N:P:K vid. sėjo- mainoje	pH <sub>KCl</sub> sėjomainos pradþioje	bandymo árengimo metais, 1975 m.	po 5 sėjomainos rotacijø, 2000 m.	bandymo árengimo metais,	po 5 sėjomainos rotacijø, 2000 m. 1975 m.
<b>pH – A faktorius</b>						
< 4,7		4,3	102,1	203	254,3	233,4
4,7–5,2		4,7	103,0	196	265,7	247,3
5,2–5,7		5,2	104,3	179	268,4	239,9
5,7–6,2		5,6	98,2	183	261,2	234,7
6,2–6,7		6,1	95,3	187	256,4	239,7
> 6,7		6,5	101,4	194	267,2	231,8
R <sub>05</sub>		0,13	6,03	8,83	12,10	4,72
R <sub>01</sub>		0,17	8,06	11,79	16,16	6,30
<b>Trašimas, N:P:K – B faktorius</b>						
	0:0:0	5,5	103,3	90	262,3	146,3
	45:39:57	5,5	96,7	151	262,7	220,3
	90:78:114	5,3	99,2	221	258,7	274,9
	135:117:171	5,3	103,5	299	265,1	309,6
R <sub>05</sub>		0,11	4,93	7,21	9,88	3,85
R <sub>01</sub>		0,14	6,58	9,63	13,19	5,14
<b>AB faktorio sáveika</b>						
< 4,7	0:0:0	4,4	95,7	87	247,3	179,7
	45:39:57	4,3	105,3	155	258,0	231,0
	90:78:114	4,3	104,0	265	264,0	268,0
	135:117:171	4,1	103,3	307	248,0	255,0
4,7–5,2	0:0:0	4,7	109,0	98	259,3	169,7
	45:39:57	4,8	103,0	144	271,0	226,7
	90:78:114	4,7	104,0	233	277,7	285,3
	135:117:171	4,5	96,0	306	254,7	307,3
5,2–5,7	0:0:0	5,2	104,7	71	271,0	145,3
	45:39:57	5,3	95,7	146	258,7	234,0
	90:78:114	5,1	111,3	217	253,3	267,0
	135:117:171	5,1	105,3	281	290,7	313,3
5,7–6,2	0:0:0	5,8	108,0	93	263,7	125,0
	45:39:57	5,7	95,0	145	260,0	207,7
	90:78:114	5,4	95,0	211	251,7	279,0
	135:117:171	5,5	94,7	285	269,3	327,0
6,2–6,7	0:0:0	6,2	95,7	78	251,7	127,3
	45:39:57	6,3	86,7	151	256,3	213,3
	90:78:114	6,0	88,0	209	267,0	291,0
	135:117:171	6,1	110,7	309	250,7	327,0
> 6,7	0:0:0	6,6	107,0	113	280,7	131,0
	45:39:57	6,5	94,7	167	272,3	209,3
	90:78:114	6,5	93,0	190	238,7	259,3
	135:117:171	6,5	111,0	307	277,0	327,7
R <sub>05</sub>		0,26	12,07	17,66	24,21	9,43
R <sub>01</sub>		0,34	16,11	23,58	32,31	12,59

judrusis aliuminis – 50–77 mg kg<sup>-1</sup> dirvoþemio. Dirvoþemis maþo fosforingumo ir didelio kalingumo, atitinkamai 53–112 ir 238–290 mg kg<sup>-1</sup> dirvoþemio ir vidutinio humusingumo – apie 2%.

Svarbiausio rúðio gumbelinio bakterijø (*Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* F., *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* F., *Sinorhizobium meliloti* D. ir *Rhizobium galegae* L.) paplitimas nustatytas surinktuose ið ávairio

Lietuvos dirvožemių daugiau kaip 400 mėginiuose, taikant praskiedimų metodą ir inokuliuojant steriliomis sąlygomis auginamus ankštinius augalus. Išskirtų gumbelinio bakterijų kamienų azoto fiksacija nustatyta lauko bandymuose tiesioginiu metodu, auginant azotą fiksuojančius (ankštinius) ir azoto nefiksuojančius (varpinius) augalus lygiagrečiuose laukeliuose. Sukaupto bendrojo azoto antžeminėje dalyje ir ūknyse skirtumas tarp ankštinių ir varpinių augalų parodo azoto fiksacijos apimtį [11]. Dobilų gumbelinio bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumas buvo nustatytas anksčiau darbuose aprašytu metodu [1].

Mikroorganizmų atskirų fiziologinių grupių paplitimas (skaičius) nustatytas natūralaus drėgnumo dirvožemio mėginiuose, apskaičiuojant duomenis vienam gramui absoliučiai sauso dirvožemio. Amonifikuojančių mikroorganizmų skaičius nustatytas baltyminėje (su peptonu) agarų terpėje ( $X_3$ ), mineraliną azotą asimiliuojančių mikroorganizmų skaičius – ant krakmolo – amoniako agarų terpės (KAA), mikromicetų – ant rūgšties alaus misos (3,5° pagal Balingą) agarų terpės (AMAr), sporinės bakterijos – ant maistinio agarų ir neutralaus alaus misos agarų mišinio (S).

Pasėlių piktpolėtumui nustatyti apskaitos ploteliai, prieš purškiant visą bandymo plotą herbicidais, būdavo uždengiami polietileno plėvele. Piktpolės buvo skaičiuojamos kiekvieno laukelio 4 ploteliuose po 0,25 m<sup>2</sup>. Javuose piktpolės skaičiuotos krūmijimosi tarpsnio pabaigoje – vazonėlių pradžioje, pažariniuose runkeliuose – prieš pirmąją retinimą-ravėjimą, daugiametėse polėse – prieš pirmą pjūtą. Piktpolių kiekio duomenys transformuoti pagal formulę  $\sqrt{x+1}$ , taikant programą ANOVA ir F kriterijų. Tiesinė koreliacija skaičiuojant naudoti faktiški piktpolių duomenys.

Dirvožemio ėminiai sudaryti kiekvienais metais derlių nuėmus iš kiekvieno laukelio. Dirvožemio mėginiai analizuoti šiais metodais:  $pH_{KCl}$  – elektrometriu su stiklo elektrodu, judrusis aliuminis – Sokolovo, sorbuotos bazės – Kappeno–Hilkovico, judrieji fosforas ir kalis – A–L (Egnerio–Rimo–Domingo).

Apykaitos energijos kiekis (GJ) apskaičiuotas remiantis literatūra [22]. Duomenys apdoroti dispersinės analizės metodu, taikant programą ANOVA ir F kriterijų.

## TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APITARIMAS

**Dirvožemio agrocheminės savybės.** Pagrindiniam kalkinimui ėterpus kalkinių trąšų (kiekiai skirtingi) ir periodiškai kalkinant rudenį rotacijos pabaigoje, dirvožemio rūgštumo lygiai pirmaisiais metais po kalkinimo buvo artimi numatytiems: labai rūgštūs, vidutinio, mažo rūgštumo, rūgštoki, neutraloki ir artimi neutraliam rūgštumui (2 lentelė, A faktorius). Nekalkintas, taip pat gausiai kalkintas kalkinėmis trąšomis (54,3 t ha<sup>-1</sup>), esant  $pH > 6,7$ , dirvožemis per 5 metus, vidutiniais 5 rotacijų duomenimis, parūgštėjo

0,1 vieneto. Daugiausiai dirvožemis rūgštėjo esant  $pH 5,2-5,7$  ir  $5,7-6,2$ : kasmet dirvožemis parūgštėdavo po 0,1 vieneto. Rūgštėjimas susijęs su kalcio nuostoliais. Gausiau kalkinant, kalcio ir magnio išplovimas padidėjo 20% nuo vieno  $pH$  vieneto [5]. Žiuose variantuose gautas didesnis augalų derlius, á kurá pateko ir daugiau kalcio.

Trąšiant mineralinėmis trąšomis (dviguba ir triguba normos), dirvožemis rūgštėjo sparčiau (2 lentelė, B faktorius). Intensyviau trąšiant, ypač spartesnis dirvožemio rūgštėjimas rotacijos pabaigoje buvo  $pH 5,2-5,7$ ;  $5,7-6,2$  ir  $6,2-6,7$  lygio dirvožemyje (2 lentelė, AB faktorių sąveika).

Siekiant  $pH 4,7-5,2$  lygio ir pagrindiniam kalkinimui ėterpus 2,0 t ha<sup>-1</sup> kalkinių trąšų, jau pirmaisiais metais po kalkinimo judriojo aliuminio kiekis neviršijo augalams þalingos ribos, o planiniuose  $pH 6,2-6,7$  ir  $> 6,7$  lygių laukeliuose, kuriuose ėterpta daugiau kalkių, buvo susietas visas judrusis aliuminis. Kituose rūgštumo lygiuose dar mažesnis jo kiekis dirvožemyje buvo po 25 metų nei pirmaisiais metais po pagrindinio kalkinimo. Tuo tarpu nekalkintame dirvožemyje ( $pH < 4,7$ ) judriojo aliuminio 2000 m. buvo 26,1, o trąšiant triguba NPK norma – net 36 mg kg<sup>-1</sup> daugiau, palyginus su jo kiekiu pirmaisiais metais po kalkinimo (2 lentelė, AB faktorių sąveika).

Dirvožemio pasotinimo bazėmis laipsnis pirmaisiais metais po kalkinimo padidėjo proporcingai ėterptoms kalkinėms trąšoms (2 lentelė, A faktorius). Po 25 metų visuose rūgštumo lygiuose pasotinimo bazėmis laipsnis padidėjo, išskyrus  $pH > 6,7$ , dėl papildomo kalkinimo poveikio rotacijos pabaigoje.  $pH 5,7-6,2$ ;  $6,2-6,7$  ir  $> 6,7$  lygiuose dirvožemio bazingumas buvo didesnis nei 70%. Laikomasi nuomonės, kad dirvožemius, kurių bazingumas mažesnis kaip 70%, tikslinga kalkinti [14, 17]. Dirvožemio bazingumas mažėjo gausiau trąšiant, taip pat derinant kalkinimą su trąšimu. Tai susiję su tuo, kad á padidėjusią derlių daugiau patenka kalcio, o gausesnis trąšimas maisto medžiagų išplovimui turi didesnę átaką nei kalkinimas [5].

Bandymo ėrengimo metais dirvožemis buvo mažai fosforingas. Netrąštuose laukeliuose toks jis liko ir po 25 metų, nes dirvožemyje fosforas mažai migruoja (3 lentelė, B faktorius). Intensyvinant sėjomainos augalų trąšimą, dirvožemyje daugėjo judriojo fosforo. Sistemingai trąšiant dirvožemá NPK dirvožemis tapo fosforingas (1 norma), labai fosforingas (2 ir 3 normos) arba jo padaugėjo 2,2–2,9 karto, palyginus su netrąštu. Dirvožemis, trąštas NPK (3 normos), labiau rūgštėjo visuose  $pH$  lygiuose, kuriems esant padaugėjo ir judriojo aliuminio. Todėl ėiek tiek fosforo, ėterpto su trąšomis, galėjo būti surišta á netirpius junginius.

Dirvožemis buvo didelio kalingumo. Netrąšiant bei trąšiant NPK (1 norma), judriojo kalio dirvožemyje po 25 metų buvo atitinkamai 116 ir 42 mg kg<sup>-1</sup> mažiau nei tyrimų pradžioje (3 lentelė, B faktorius).

Dėl to ir visuose dirvožemio rūgštumo lygiuose po 25 metų kalio buvo mažiau (A faktorius). Nagrinėjant kalkinimo ir trąšimo sąveiką, nustatyta, kad visų rūgštumo lygių netrąštuose ir NPK trąštuose (1 norma) dirvožemiuose po 25 metų kalio sumažėjo, palyginus su jo kiekiu tyrimo pradžioje. Daugiausiai (125–150 mg kg<sup>-1</sup>) judriojo kalio sumažėjo planiniuose pH 5,2– >6,7 lygio laukuose. Pasekmė tai, kad kalkinimas, ypač trąšimas mineralinėmis trąšomis didina dirvožemio tirpalo koncentraciją biogeniniais elementais, kartu didėja jų nuostoliai dėl išplovimo bei daugiau jų paimama su gausesniu derliumi [5]. Kalio išplovimas nuo vienos NPK normos padidėja vidutiniškai 10%. Kadangi bandymas atliktas didelio kaliumo dirvožemyje, tai trąšiant NPK (dviguba ir triguba normos) jo daugėjo visų rūgštumo lygių dirvožemyje, nes atterptas su trąšomis kalis viršijo jo nuostolius. pH 5,7 – > 6,7 lygio laukuose, trąštuose NPK (triguba norma), po 25 metų kalio dirvožemyje buvo 51–76 mg kg<sup>-1</sup> daugiau, palyginus su jo kiekiu tyrimo pradžioje (3 lentelė, AB faktorių sąveika).

#### Dirvožemio mikroorganizmai ir jų efektyvumas.

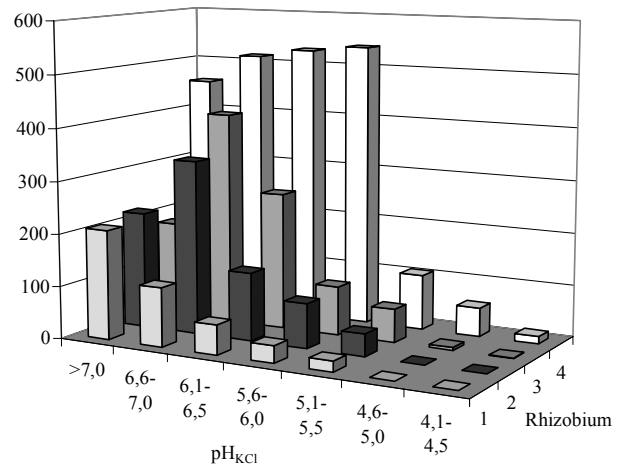
Ūvairių fiziologinių grupių mikroorganizmams paplisti turėjo įtakos dirvožemio pH ir trąšimas (4 lentelė). Amonifikuojanėms, t. y. baltymines medžiagas skaidanėms, mikroorganizmams daugiausia buvo nustatyta mažo rūgštumo (pH 5,2–5,7) negausiai trąštuose dirvožemiuose (mažiausia norma). Ūvairių dirvožemyje labiausiai buvo paplitę ir mineralinį azotą asimiliuojantys, t. y. organinės medžiagos sintezės arba humifikacijos procesuose dalyvaujantys, mikroorganizmai. Ypač santykinai daug amonifikuojanėms ir mažai mineralinį azotą asimiliuojanėms mikroorganizmams nustatyta labai rūgščiame dirvožemyje, vartojant daug mineralinių trąšų (N<sub>135</sub>P<sub>90</sub>K<sub>135</sub>). Sporinėms bakterijoms optimalus pH > 6,7. Labai rūgščiame dirvožemyje dėl trąšimo mineralinėmis trąšomis silpnėjo sporinių bakterijų veikla.

Daugiausia mikromicetų nustatyta rūgščiame dirvožemyje (pH < 4,7). Jų skaičius didėjo, didinant mineralinių NPK trąšų normą. Tarp mikromicetų vyrauja *Penicillium* genties atstovai (apie 50%), kurių daugelis agronominiu požiūriu laikomi vertingų dirvožemio mikroorganizmų antagonistais.

Respublikos dirvožemiuose plačiausiai paplitusios dobilų gumbelinės bakterijos (*Rhizobium leguminosarum* *bv. trifolii* F.), esant pH 5,6–6,0 – vidutiniškai 540 tūkst. g<sup>-1</sup> dirvožemio (1 pav.). Mažiausiai jų rasta, esant pH 4,1–5,0 (14,2 tūkst. g<sup>-1</sup>). Gerokai mažiau randama vikių ir dar mažiau – liucernų bei opiarūvių bakterijų. Skirtingų rūšių gumbelinės bakterijos optimalus pH nevienodas. Dobilų bakterijos nustatytas pH 5,6–6,0, vikių, liucernų – pH 6,6–7,0 ir opiarūvių bakterijų – pH > 7,0.

Daugiausiai atmosferos azoto gumbelinės bakterijos fiksavo esant dirvožemio pH nuo 6,1 iki 7,0. Vertinant skirtingų rūšių gumbelinės bakterijos azoto fik-

Rhizobium skaičius  
x 10<sup>3</sup> cfu g<sup>-1</sup> dirvožemio

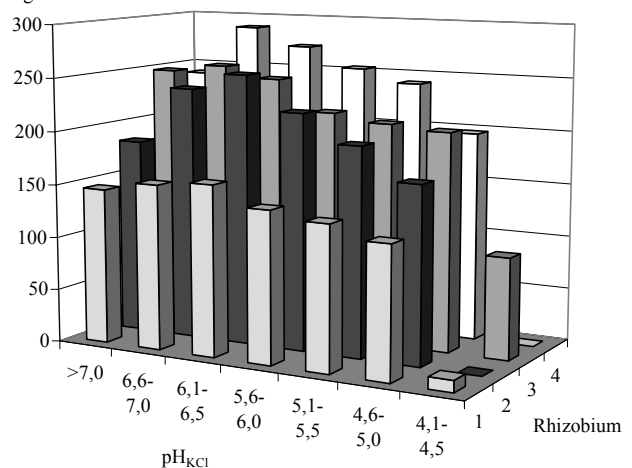


1 pav. Dirvožemio pH įtaka Ūvairių *Rhizobium* paplitimui

1 – *Rhizobium galegae* 3 – *Rhizobium leguminosarum* *bv. vicia*

2 – *Sinorhizobium meliloti* 4 – *Rhizobium leguminosarum* *bv. trifolii*

Fiksuota azoto  
kg N ha<sup>-1</sup>



2 pav. Dirvožemio pH įtaka Ūvairių rūšių *Rhizobium*

azoto fiksacijai

1 – *Rhizobium leguminosarum* *bv. vicia* (R<sub>05</sub> 5,1)

3 – *Rhizobium leguminosarum* *bv. trifolii* (R<sub>05</sub> 9,4)

2 – *Sinorhizobium meliloti* (R<sub>05</sub> 7,2)

4 – *Rhizobium galegae* (R<sub>05</sub> 7,8)

sacijos intensyvumą, produktyviausios yra opiarūvių gumbelinės bakterijos. Jos per vegetaciją sukaupia iki 289 kg N ha<sup>-1</sup> atmosferos azoto (2 pav.). Kiek mažiau azoto fiksuoja liucernų ir dobilų bakterijos ir mažiausiai – vikių, gumbelinės bakterijos (iki 160 kg N ha<sup>-1</sup>). Dirvožemio rūgštumui sumažėjus nuo pH 5,5 iki 6,5, ankštinių augalų azoto fiksacija padidėja vidutiniškai nuo 40 iki 88 kg N ha<sup>-1</sup>. Labai rūgščiame dirvožemyje (pH 4,1–4,5) azoto fiksacija buvo labai silpna.

4 lentelė. Dirvožemio pH ir trąšimo šlako mikroorganizmų paplitimui dirvožemyje

Variantas		Mikroorganizmai			
pH	trąšimas NPK	amonifikuojantys mln. g <sup>-1</sup>	mineral. N asimiliuojantys mln.	sporinės bakterijos tūkst. g <sup>-1</sup>	mikromicetai g <sup>-1</sup> tūkst. g <sup>-1</sup>
< 4,7	Netrašta	6,4	2,12	3,06	17,57
	45 30 45	4,18	1,38	1,78	25,27
	135 90 135	3,52	0,64	0,26	32,02
5,2–5,7	Netrašta	5,22	5,12	3,05	14,57
	45 30 45	15,06	18,53	12,51	15,47
	135 90 135	4,16	3,57	7,90	23,26
> 6,7	Netrašta	5,09	2,58	2,80	13,53
	45 30 45	4,96	2,63	34,10	8,69
	135 90 135	4,24	4,71	9,17	6,96
R <sub>05</sub>		1,32	0,89	3,41	4,92
R <sub>01</sub>		1,78	1,19	4,58	6,60

5 lentelė. Dobilų gumbelinio bakterijų, paplitusių mineralinėmis trąšomis trąštuose žvairaus pH dirvožemiuose, nitrogenazės aktyvumas

pH	1997 m. rudenį		1998 m. vasarą	
	fiksuota azoto μM N <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> šaknų		fiksuota azoto μM N <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> šaknų	
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>
4,0–4,3	0,30	0,73	2,93	18,73
4,3–4,9	0,30	1,33	10,90	26,80
5,2–5,4	0,27	0,83	36,93	19,57
6,2–6,7	0,91	0,93	36,13	10,50
R <sub>05</sub>	0,89	0,89	11,37	11,37
R <sub>01</sub>	1,25	1,25	15,78	15,78

6 lentelė. Dirvožemio pH ir trąšimo šlako sąjominos 5 rotacijos pasėlių piktžolėtumui (piktžolės vnt. m<sup>-2</sup>)

Rodiklis	Pasėliai ir metai				
	p. runkeliai, 1996	v. miežiai, 1997	daug. žolės, 1998	β. kviečiai, 1999	avišos, 2000
pH	pH – A faktorius				
4,0	72,7	146,9	50,9	100,5	32,6**
4,5	76,3	67,9**	51,8	70,7**	33,6**
4,8	66,4	50,4**	56,9	60,6**	29,6**
5,3	57,2**	50,5**	43,0*	57,6**	25,6**
5,9	52,2**	44,1**	43,8*	55,3**	23,0**
6,4	58,9**	39,1**	45,2	54,1**	
NPK normos	Trąšimas – B faktorius				
0	56,8	66,4	42,7	56,9	27,5
1	67,1*	63,2	45,8	62,8*	30,2
2	64,0	60,6*	53,3**	68,6**	34,5*
3	67,1*	60,3*	52,5**	74,9**	36,0*

\* Esminiai skirtumai, esant 95% tikimybės lygiui.

\*\* Esminiai skirtumai, esant 99% tikimybės lygiui.

Fermento nitrogenazės aktyvumo acetilnitrinu dujų chromatografijos metodu palyginimas parodė, kad pirmąjį daugiametį žolės augimo metų rudenį mažiau buvo fiksuota azoto mineralinėmis trąšomis netraštame dirvožemyje (5 lentelė). Reikšmingą šlako azoto fiksavimo aktyvumui turėjo tik trąšimas (F 5,93 > F<sub>05</sub> 4,60). Rudenį mineralinėmis trąšomis trąštame dirvožemyje biologinio azoto buvo fiksuojama 2–4 kartus daugiau, negu netraštame, ir intensyvesnis procesas buvo rūgštesniuose dirvožemiuose.

Rudenį fermento nitrogenazės aktyvumas ypač suintensyvėjo mineralinėmis trąšomis trąštame dirvožemyje: labai rūgštesniame 6 kartus, o vidutiniškai 2,5 karto. Dirvožemio rūgštumui mažėjant mineralinėmis trąšomis trąštame fone azotą fiksuojančio fermento aktyvumas silpnėjo. Neutralokame dirvožemyje (pH 6,4) biologinio azoto fiksavimas intensyviausias buvo netraštame fone.

Dirvožemio agrocheminių rodiklių ir gumbelinio bakterijų savybių dabilų sąjominės rotacijos metais patikimų koreliacinių ryšių nenustatyta. Tik galima stebėti kai kurias tendencijas: fosforo kiekis dirvožemyje skatino

7 lentelė. Dirvojemio pH ir trąšimo šaka 5 sėjomainoje vyraujanėioms piktėolėms (vnt. m<sup>-2</sup>) 1996–2000 m.

Rodiklis	Iš viso piktėolių	Iš jė vyraujanėios		
		d. keėiai + v. klėstenė	b. balandos	b. ūnramunė
pH	pH – A faktorius			
4,0	84,3	43,6	2,8	11,2
4,5	59,8**	20,4	3,7	13,4
4,8	53,6**	11,5	5,5	14,4
5,3	47,6**	7,9	5,3	12,7
5,9	44,2**	3,5	6,3	12,5
6,4	44,1**	2,1	7,3	14,2
NPK normos Trąšimas – B faktorius				
0	50,0	18,6	3,4	10,2
1	53,8	14,3	4,8	13,3**
2	56,2*	13,6*	5,6*	13,9**
3	58,2*	12,6*	6,8*	14,8**

\* Esminiai skirtumai, esant 95% tikimybė lygiui.

\*\* Esminiai skirtumai, esant 99% tikimybė lygiui.

8 lentelė. Mieėių produktyvių stiebų skaiėius

pH	Stiebų vnt. m <sup>-2</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup> dirvoė.	Stiebų vnt. m <sup>-2</sup>
4,1	196	101/152	243
4,5	272	156/205	356
5,2	331	211/258	414
5,8	435	266/311	419
6,3	485	317/360	445
r	0,95		0,68

gumbelių susidarymą ant augalų ūaknų bei galimas pasotinimo bazėmis laipsnio ir fiksuoto azoto kiekio neigiamas ryėys. Taėiau pirmaisiais dobilų augimo metais gauta statistiėkai reikėminga vidutinė koreliacija tarp augalų gumbelių skaiėiaus ir nitrogenazės aktyvumo ( $r = 0,41$ ).

Antraisiais dobilų augimo metais fiksuoto azoto kiekis priklausė nuo dirvojemio rūėtumo lygio ( $F_{7,79} > F_{01} 5,56$ ). Reikėminga buvo ir abiejų faktorių sąveika: ( $F_{7,79} > F_{01} 5,56$ ). Dirvojemio rūėtumas statistiėkai reikėmingai lėmė gumbelinų bakterijų virulentiėkumą. Tuo tarpu judriojo aliuminio ūaką gumbelinų bakterijų savybėms galima apibūdinti tik kaip neigiamą tendenciją. Bakterijų virulentiėkumo ir fiksuoto azoto kiekio statistiėkai reikėmingo koreliacinio ryėio nebuvo. Didesnis bendrojo azoto kiekis dirvoemyje slopino gumbelinų bakterijų virulentiėkumą ( $r = -0,42$ ), o koreliacijos koeficientas  $r$  tarp dobiluose susikaupusio azoto ir fiksuojamo azoto kiekio kito nuo 0,41 (mineralinėmis trądomis netrąėtuose dirvoemyuose) iki  $-0,41$  (mineralinėmis trądomis

trąėtuose dirvoemyuose). Tai rodo, kad biologinis azotas augalų yra intensyviau panaudojamas dirvoemyuose, kuriuose šio biogeno trūksta.

**Pasėlių piktėolėtumas.** Dirvojemio rūėtumas ir trąšimas turėjo nevienareikėmą ūaką pasėlių piktėolėtumui. Kintant dirvojemio pH nuo 4,0 iki 6,4, nuosekliai maėėjo visų pasėlių piktėolėtumas: piktėolių buvo maėiau javuose krūmijimosi tarpsnyje – 46–73%, o paėarinių runkelių ir daugiameėių ūolių – atitinkamai 19 ir 14% (6 lentelė, A faktorius). Dėl kalkinimo daugiausiai piktėolių sumaėėjo mieėių pasėlyje. Mat, pagerėjus dirvojemio agrocheminėms savybėms, jie buvo tankesni, todėl galėjo nustelbti konkurencijai jautresnes piktėoles. Mieėių produktyvių stiebų, maėėjant dirvojemio

rūėtumui bei gausiau trąėiant, nuosekliai daugėjo (8 lentelė). Avių piktėolėtumas buvo maėas dėl sauso pavasario.

Skirtingų rūėių piktėolės nevienodai reagavo á dirvojemio rūėtumo kitimą dėl kalkinimo ir trąšimo. Dėl kalkinimo poveikio kintant dirvojemio pH nuo 4,0 iki 6,4, nuosekliai maėėjo sėjomainos pasėlių piktėolėtumas (8 lentelė, A faktorius). Esant dirvojemio pH 6,4, piktėolių buvo 48% maėiau, palyginus su pasėliais nekalkintame dirvoemyje (pH 4,0). Dirvinų keėių ir vienameėių klėstenių sumaėėjo net 95%. Jos ir lėmė visų piktėolių skaiėiaus sumaėėjimą. Dėl kalkinimo ūakos pagerėjus kultūrinio augalų augimo ekologinėms sąlygoms, jie ir nustelbė konkurencijai jautrias minėtas piktėoles. Taėiau maėėjant dirvojemio rūėtumui, beveik nuosekliai daugėjo baltųė balandų, bekvapių ūnramunių, darėinių ėliūgių.

Trąėiant pasėlius mineralinėmis trądomis (dviguba ir triguba normos) tiktai mieėiuose piktėolių skaiėius sumaėėjo, palyginus su netrąėtais pasėliais (6 lentelė, B faktorius). Kitų sėjomainos pasėlių piktėolėtumas padidėjo intensyviau trąėiant. Tai galima paaiėkinti tuo, kad piktėolės, kaip geriausiai prisitaikiusios prie aplinkos ekologinių sąlygų, pirmosios pasinaudoja áterptomis trądomis [16].

Trąėiant pasėlius mineralinėmis trądomis (dviguba ir triguba normos), vidutiniais duomenimis, piktėolių skaiėius esminiai padidėjo 12–16%, iš jė baltųė balandų, bekvapių ūnramunių – atitinkamai 65–100 ir 36–48%, nepaisant to, kad dirvinų keėių ir vienameėių klėstenių skaiėius sumaėėjo 27–31% (8 lentelė, B faktorius).



9 lentelė. Kalkinimo ir trąšimo sistemų derinimo poveikis fitocenozės produktyvumui, 1976–2000 m.

Variantas		pH sėjomainos pradžioje	GJ ha <sup>-1</sup>	Sėjomainos 5 rotacijų vidurkis		
pH planinis	trąšimas, N:P:K vid. sėjomainoje			v. miešiai	grūdų t ha <sup>-1</sup> į kviečiai	avišos
<b>pH<sub>KCl</sub> – A faktorius</b>						
< 4,7		4,3	32,42	1,48	2,05	2,64
4,7–5,2		4,7	41,66	2,41	2,83	2,98
5,2–5,7		5,2	48,54	2,98	3,44	3,06
5,7–6,2		5,6	52,34	3,24	3,45	3,08
6,2–6,7		6,1	51,74	3,45	3,46	3,09
> 6,7		6,5	50,29	3,80	3,67	2,99
R <sub>05</sub>		0,13	2,792	0,282	0,269	0,292
R <sub>01</sub>		0,17	3,698	0,373	0,357	0,386
<b>Trąšimas, N:P:K – B faktorius</b>						
	0:0:0	5,5	34,65	2,11	2,41	2,30
	45:39:57	5,5	45,95	2,95	3,31	2,95
	90:78:114	5,3	51,45	3,26	3,49	3,22
	135:117:171	5,3	52,60	3,25	3,39	3,42
R <sub>05</sub>		0,11	2,280	0,230	0,219	0,238
R <sub>01</sub>		0,14	3,019	0,305	0,291	0,315
<b>AB faktorių sąveika</b>						
< 4,7	0:0:0	4,4	24,60	1,20	1,64	2,07
	45:39:57	4,3	35,12	1,63	2,43	2,99
	90:78:114	4,3	37,58	1,92	2,35	2,94
	135:117:171	4,1	32,36	1,16	1,78	2,56
4,7–5,2	0:0:0	4,7	31,78	1,56	2,26	2,21
	45:39:57	4,8	42,60	2,65	3,20	2,99
	90:78:114	4,7	46,84	2,84	3,11	3,34
	135:117:171	4,5	45,40	2,59	2,77	3,37
5,2–5,7	0:0:0	5,2	32,84	1,94	2,39	2,03
	45:39:57	5,3	48,60	2,99	3,57	3,02
	90:78:114	5,1	55,36	3,32	3,96	3,62
	135:117:171	5,1	57,34	3,67	3,82	3,55
5,7–6,2	0:0:0	5,8	40,20	2,41	2,60	2,52
	45:39:57	5,7	49,86	3,16	3,64	2,9
	90:78:114	5,4	57,76	3,53	3,77	3,26
	135:117:171	5,5	61,54	3,85	3,81	3,63
6,2–6,7	0:0:0	6,2	38,84	2,66	2,47	2,65
	45:39:57	6,3	50,28	3,41	3,50	2,94
	90:78:114	6,0	55,96	3,78	3,83	3,05
	135:117:171	6,1	61,86	3,96	4,04	3,72
> 6,7	0:0:0	6,6	39,62	2,91	3,08	2,29
	45:39:57	6,5	49,22	3,85	3,54	2,87
	90:78:114	6,5	55,20	4,16	3,91	3,11
	135:117:171	6,5	57,12	4,29	4,15	3,67
R <sub>05</sub>		0,26	5,584	0,563	0,538	0,583
R <sub>01</sub>		0,34	7,396	0,746	0,714	0,772

**Sėjomainos produktyvumas.** 5 rotacijų vidutiniai duomenimis, mažėjant dirvožemio rūgštumui, didėjo sėjomainos produktyvumas. Daugiausiai apykaitos energijos sukaupta pH 5,7–6,2 lygio (faktiškai pH 5,6) dirvožemyje. Metinis derliaus prie-

das 19,9 GJ ha<sup>-1</sup>, arba 61,4%, palyginus su nekal-  
kintu dirvožemiu, ir didžiausias produktyvumas trę-  
diant NPK (triguba norma) (9 lentelė, AB fakto-  
riai ir jų sąveika). Dėl kalkinimo poveikio labiau-  
siai sumažėjus dirvožemio rūgštumui (pH > 6,1),

pastebima netgi sėjomainos produktyvumo mažėjimo tendencija.

Derinant skirtingas mineralinių trąšų normas ávairaus rūgštumo dirvoþemyje, gauti kiek netikėti javø derlingumo duomenys. Nekalkintame, rūgðeiam dirvoþemyje javø grūdø derlingumas buvo labai mažas, o trąðimas, ypaè mieþiams, buvo neefektyvus (9 lentelė). Mieþiø, kaip kalciamėgiø augalø, didþiausias grūdø derlius gautas  $\text{pH} > 6,7$  lygio laukeliuose, arba padidėjo 157%, palyginus su nekalkintu dirvoþemiu (9 lentelė, A faktorius). Artimo neutralokam rūgštumo dirvoþemyje mieþiams optimali buvo viena NPK norma (9 lentelė, AB faktorio sáveika). Tuo tarpu  $\text{pH} 5,7\text{--}6,2$  lygio dirvoþemyje toks pat grūdø derlius, t. y.  $3,85 \text{ t ha}^{-1}$ , gautas mieþius trąðiant NPK (triguba norma). Mieþiams ir aviþoms racionali buvo dviguba, o þ. kvieèiams viena mineralinių trąšø norma (10 lentelė, B faktorius). Þ. kvieèiø ir aviþø grūdø derlius didėjo, mažėjant dirvoþemio rūgðtumui iki  $\text{pH} 5,2$  (planinis  $\text{pH} 5,2\text{--}5,7$ ) ir buvo didesnis atitinkamai 68 ir 16%, palyginus su nekalkintu dirvoþemiu. Nors teigiama, kad þ. kvieèiai dirvoþemio rūgðtumui yra jautresni, nei aviþos ar mieþiai, taèiau dar labiau rūgðtėjant dirvoþemiui, grūdø derlius nebedidėjo, ir optimali buvo viena NPK norma. Aviþø grūdø didþiausias derlius gautas, trąðiant NPK (dviguba norma). Maþiau rūgðeiam dirvoþemyje intensyviau trąðiant þ. kvieèius jø grūdø derlius galėjo nepadidėti dėl to, kad drėgnesnė vasarà jø pasėlis paguldavo.

## IŠVADOS

- Vidutiniais 5 sėjomainos rotacijø duomenimis (25 metai), per penkerius rotacijos metus dirvoþemis parūgðtėjo 0,3–0,5 vieneto, nors ir buvo periodiškai kalkinama. Trąðiant po  $\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$ , dirvoþemis rūgðtėjo sparèiau nei trąðiant po  $\text{N}_{45}\text{P}_{37}\text{K}_{57}$ .
- Ávairiu intensyvumu kalkintame dirvoþemyje judriojo aliuminio po 25 metø nebuvo daugiau, palyginus su jo kiekiu po pagrindinio kalkinimo.
- Maþai fosforingas dirvoþemis ( $\text{P}_2\text{O}_5$  90 mg  $\text{kg}^{-1}$  dirvoþemio), sistemingai trąðtas mineralinėmis trąðomis, po 25 metø tapo didelio fosforingumo ( $\text{P}_2\text{O}_5$  299 mg  $\text{kg}^{-1}$  dirvoþemio) bei trąðiant po  $\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$  judriojo fosforo daugėjo sparèiau.
- Netrąðiant ir trąðiant  $\text{N}_{54}\text{P}_{39}\text{K}_{57}$  (viena norma) judriojo kalio dirvoþemyje po 25 metø buvo maþiau, o gausiau trąðiant, padaugėjo, palyginus su jo kiekiu tyrimø pradþioje.
- Amonifikuojanèiø bei mineraliná azotà asimiliuojanèiø mikroorganizmø daugiausiai aptikta maþo rūgðtumo ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,2\text{--}5,7$ ) dirvoþemyje trąðiant  $\text{N}_{45}\text{P}_{30}\text{K}_{45}$ . Sporiniø bakterijø daugiausiai nustatyta neutralokame dirvoþemyje ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,7$ ), tuo tarpu rūgðeiam dirvoþemyje ( $\text{pH}_{\text{KCl}} < 4,7$ ) jø veikla buvo silpna, o mikromicetø jame buvo daugiausiai.
- Dirvoþemio rūgðtumui tolerantiðkiausias ir labiausiai paplitusios dobilø gumbelinės bakterijos, ku-

rioms optimalus  $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,6\text{--}6,0$  ir esant ðitokiam rūgðtumui labiau padaugėjo vikiø, liucernø ir oþiarùeiø gumbelinø bakterijø.

- Azoto fiksacijai optimalus dirvoþemio  $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,1\text{--}7,0$ , ir ankðtinaiai augalai per vegetacijà sukaupia 160–289  $\text{kg ha}^{-1}$  azoto.
- Labai rūgðeiam dirvoþemyje raudonøjø dobilø simbiozė fiksavo vidutiniðkai 2,9, o rūgðtokame ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,2\text{--}5,4$ ) ir neutralokame ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,2\text{--}6,7$ ) dirvoþemiuose – 36,1–36,9  $\mu\text{M N}_2 \text{ g}^{-1} \text{ ðaknø h}^{-1}$ .
- Dirvoþemio  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  didėjant nuo 4,2 iki 6,4, nitrogenazės aktyvumas padidėja 3 kartus, trąðtuose – fermento aktyvumas liko panaðus esant visiems  $\text{pH}$  lygiams.
- Dėl kalkinimo poveikio kintant dirvoþemio rūgðtumui nuo  $\text{pH}_{\text{KCl}} 4,0$  iki  $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,4$ , nuosekliai mažėjo sėjomainos pasėliø piktþolėtumas dėl dirviniø keþiø ( $r = -0,88$ ), vienameèiø klėsteniø, dirviniø naðlaièiø ( $r = -0,70$ ) mažesnio kiekio, o daugėjo baltøjø balandø ( $r = 0,99$ ), bekvapiø ðunramuniø, darþiniø þliūgiø ( $r = 0,90$ ).
- Gausiau trąðiant mineralinėmis trąðomis, didėjo pasėliø piktþolėtumas, nes daugėjo baltøjø balandø ( $r = 0,99$ ), bekvapiø ðunramuniø ( $r = 0,95$ ), darþiniø þliūgiø bei mažėjo dirviniø keþiø skaièius.
- Penkianarės sėjomainos produktyvumas didėjo kalkinimu maþinant dirvoþemio rūgðtumà iki  $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,6$  (planinis  $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,7\text{--}6,2$ ). Tokiame dirvoþemyje sėjomainos pasėlius kasmet trąðiant NPK (dviguba norma), t. y. po  $\text{N}_{90}\text{P}_{78}\text{K}_{114}$ , sukaupia daugiausiai (57,8 GJ  $\text{ha}^{-1}$ ) apykaitos energijos. Dar labiau mažėjant dirvoþemio rūgðtumui (iki  $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,4$ ), nustatyta netgi sėjomainos produktyvumo mažėjimo tendencija.
- Didþiausias grūdø derlius gautas: mieþiø – esant dirvoþemio  $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,5$ , arba padidėjo 157%, o þ. kvieèiø ir aviþø –  $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,2$ , arba padidėjo atitinkamai 68 ir 16%, palyginus su derliumi nekalkintame dirvoþemyje.
- Mieþiams ir aviþoms racionali buvo dviguba ( $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ ), o þ. kvieèiams viena ( $\text{N}_{45}\text{P}_{30}\text{K}_{45}$ ) mineralinių trąšø norma.

Gauta 2004 05 19

## Literatūra

1. Ambrazaitienė D. Simbiotinio azoto fiksavimo aktyvumas skirtingo rūgðtumo ávairiai trąðtame nepasotintame balkðvaþemyje // Þemdirbystė: Mokslo darbai. 2003. T. 83(3). P. 10–19.
2. Arlauskienė E. A. Skirtingø mëlo normø átaka mikroorganizmø paplitimui ir amonifikacijos bei nitrifikacijos intensyvumui rūgðeiam ir pakalkintame velėniniame jauriniame dirvoþemyje // Þemės úkio mokslai. 1996. Nr. 3. P. 3–11.
3. Bertilsson G. Fertilizer recommendations based on nutrient balances // Argang 81. NJF Congres Rapport. Nordisk Jordbrugsforskning. 1999. N 2. P. 23–29.

4. Ėiuberkienė D. Soil reaction and fertilizing influence on crop rotation productivity // *Agriculture in a Acid Soils*. Vilnius, 1993. P. 94–99.
5. Ėiuberkienė D., Eperinskas V. Agrocheminio rodiklio, maisto medžiagų kitimai žvairiai kalkintame ir trąšame dirvožemyje // *Pemdirbystė: Mokslo darbai*. 2000. T. 71. P. 32–48.
6. Ėiuberkienė D., Ėiuberkis S., Konėius D. Agrocheminio rodiklio, pasėlių piktžolėtumo ir sėjomainos produktyvumo kitimas žvairiai kalkintame ir trąšame dirvožemyje // *Pemdirbystė: Mokslo darbai*. 2003. T. 83. P. 111–125.
7. Gallego F. J., Benito C. Genetic control of aluminium in rye // *Theoretical and Applied Genetics*. 1997. Vol. 95. Iss. 3. P. 393–399.
8. Jankauskas B. Augalų jautrumo dirvožemio reakcijai ir reiklumo mitybai išnaudojimas dabartiniame žemės ūkio raidos etape // *Augalininkystės ir bitininkystės dabartis ir ateitis: Mokslinio straipsnių rinkinys*. Kaunas, 1998. P. 174–179.
9. Jankauskas B. Ekologiniai ir ekonominiai dirvožemio cheminės degradacijos aspektai // *Lietuvos integracija á Europos Sąjungą. Žemės ūkio uždaviniai ir mokslo vaidmuo*. Vilnius, 1999. P. 126–134.
10. Kelner D. J., Vessey J. K., Entz M. H. The nitrogen dynamics of 1-, 2- and 3-year stands of alfalfa in a cropping system // *Agriculture Ecosystems and Environment*. 1997. Vol. 64. Iss. 1. P. 1–10.
11. Kloppell H., Fliedner A., Kordl W. Behaviour and ecotoxicology of aluminium in soil and water // *Chemosphere*, 1997. Vol. 35. Iss. 1–2. P. 353–363.
12. Marcinkonis S., Tripolskaja L. Ilgalaikio kalkinimo poveikis velėniniam žuriniams labiau rūgšties priesmėlio dirvožemiams Rytų Lietuvoje // *Pemdirbystė: Mokslo darbai*. 2001. T. 74. P. 25–36.
13. Marcinkonis S. Kalkinimo poveikis velėniniam žuriniams skirtingo rūgštumo priesmėlio dirvožemiams Rytų Lietuvoje: Daktaro disertacijos santrauka. Akademijs, 2000. 28 p.
14. Mařvila J. (sud.). Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita. Kaunas, 1998. P. 14–50.
15. Mařvila J., Eitminavičius L., Adomaitis T. ir kt. Lietuvos dirvožemių rūgštumas // *Pemdirbystė: Mokslo darbai*. 2000. T. 71. P. 3–19.
16. Monstvilaitė J. Laukų piktžolėtumo problemos. Dotnava-Akademijs, 1996. P. 4–48.
17. Motuzas A. J., Buivydaitė V., Danilevičius V. ir kt. Dirvotyra. Vilnius, 1996. P. 111–121.
18. Pleševičius A. Velėninio žurinio ir velėninio žurinio glėžiokų dirvožemių kalkinimo sistema // *Pemdirbystė: Mokslo darbai*. 1995. T. 48. P. 6–21.
19. Pons T. L. Mineral nutrition // *Plant Physiological Ecology*. Springer. 1998. P. 239–298.
20. Salonen J. Weed infestation and factors affecting weed incidence in spring cereals in Finland a multivariate approach // *Agricultural Sciences of Finland*. 1993. Vol. 2. P. 525–536.
21. Đvedas A. Dirvožemio rūgštumo ryšys su augalų derliumi ir mitybos lygiu // *Pemdirbystė: Mokslo darbai*. 2000. T. 71. P. 21–34.
22. Tamulis T. Pađarų cheminė sudėtis ir maistingumas. Vilnius, 1986. P. 460–466.
23. Tripolskaja L., Ignotas V. Dulkių klintmilėjų normos ir kalkinimo periodiškumas velėniniame žuriniame rūgštyje priesmėlio dirvožemyje // *Augalininkystės ir bitininkystės dabartis ir ateitis: Mokslinio straipsnių rinkinys*. Kaunas, 1998. P. 174–179.
24. Vanek V., Najmanova J., Petr J. et al. The effect of fertilization and liming on pH of soils and crop yield? // *Rostlinna Vyroba*. 1999. Vol. 43. P. 122–142.
25. Ėėđpžėi Ā. Ė. Ýėiėiėė+ėėė ĩi ĩāū çāi ĩāāēē. Ĩ ĩñēā, 1996. Ņ. 61–64.
26. Ėĩāçāđāi ĩ Ā. Ė. Ėçāñđēĩ āāi ĩā ĩ ĩāēēçāōēý ōĩñōāĩ āāđĩāĩ-ĩĩāçĩēēñōūō ĩĩ+ā đāçĩ ĩē ñōāĩāi ĩē ĩēōēūōđāĩ ĩĩñē // Āāđĩōēĩ ēý. 1999. <sup>1</sup> 6. C. 5–15.
27. Ĩ ĩāāā Ā. Ā., Āĩĩĩĩāā Ĩ. Ō., Çāĩāā Ā. Ĩ. ĩē āđ. Āēēýĩ ĩā āēēōāēĩĩāĩ ĩđēĩāĩāĩ ēý ñđāñđā đēĩ ēçāōēē ĩā āāđĩōēĩ ē+āñēēā ĩē ĩēēđĩāēĩēĩē+āñēēā ñāĩēñōāā āāđĩāĩ-ĩĩāçĩēēñōĩē ĩĩ+āū // Āāđĩōēĩ ēý. 1998. <sup>1</sup> 5. C. 5–12.
28. Ĩ āāĩēūñēĩ Ā. Ĩ., Ĩ āāĩēūñēĩā Ç. Ĩ. Đĩēū ĩđāāĩ ē+āñēĩāĩ āāūāñōāā ā ōĩđĩēđĩāāĩēē ēēñēĩōĩñđē ĩē çĩāĩāĩēā āōĩōĩĩāĩ ñĩñōĩýĩēý āāđĩāĩ-ĩĩāçĩēēñōūō ĩĩ+ā ĩđē ēçāñđēĩāāĩēē // Āāđĩōēĩ ēý, 1998. <sup>1</sup> 8. C. 14–20.
29. Ōēēūēēĩā Ė. Ā., Ōāāēĩāā Ā. Ĩ. ĩē āđ. Ýōōāēōēāĩĩñōū ñĩ+āđāĩēý ēçāñđēĩāūō ĩē ĩēĩāđāēũĩūō ōāĩāđāĩēē ĩĩā çāđĩĩāūā ēōēūōđđū ā āēēōāēũĩĩ ñōāōēĩāđĩĩĩ ĩĩūā // Āāđĩōēĩ ēý. 1997. <sup>1</sup> 5. C. 34–39.

**Steponas Ėiuberkis, Dalija Ėiuberkienė, Donatas Konėius, Edmundas Lapinskas, Dalia Ambrazaitienė, Loreta Piaulokaitė-Motuzienė**

#### **EFFECT OF LIMING AND FERTILIZING SYSTEMS ON SOIL PROPERTIES AND PRODUCTIVITY OF AGROCENOSES**

##### **Summary**

Different soil acidity levels were formed by liming: 1) pH < 4.7 (unlimed); 2) 4.7–5.2; 3) 5.5–5.7; 4) 5.7–6.2; 5) 6.2–6.7; 6) > 6.7 (factor A). Mineral fertilizers were used by the following scheme: unfertilized; one rate per year of crop rotation N<sub>45</sub>P<sub>39</sub>K<sub>57</sub>; double and triple rates of mineral fertilizers (factor B). After each crop rotation the soil was periodically limed for the maintenance of the mentioned soil acidity levels.

Soil acidified over five years by 0.3–0.5 pH units (mean data of five crop rotations *i.e.* 25 years). Soil acidification was higher under the largest rates of mineral fertilizers. After 25 years, in this soil the largest amount of mobile aluminium and phosphorus was found. The amount of bacterial strains of leguminous plants more rapidly increased in the soil with pH<sub>KCl</sub> 5.6. The optimal acidity level for biological nitrogen fi-

xation was  $pH_{KCl}$  6.1–7.0. The highest amounts of ammonification and nitrogen assimilation microorganisms were found in the soil with  $pH_{KCl}$  5.2–5.7. Weed infestation of crops declined under the effect of liming and increased under the influence of fertilization. The productivity of crop rotation was increasing till soil acidity declined to  $pH_{KCl}$  5.6 under the effect of liming and fertilizing by a double rate ( $N_{90}P_{78}K_{114}$ ) of mineral fertilizers. The amount of metabolic energy accumulated by plants in this soil was  $57.8 \text{ GJ ha}^{-1}$ , or by 54% higher than in unlimed soil.

**Key words:** soil acidity, liming, fertilization, microorganisms, *Rhizobium*, crop rotation, weeds, productivity

Степонас Чюберкис, Далия Чюберкене, Донатас Кончюс, Эдмундас Лапинскас, Даля Амбразайтене, Лорета Пяулокайте Мотузене

#### ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ИЗВЕСТКОВАНИЯ И УДОБРЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗА

##### Резюме

Известкованием кислой почвы было сформировано 6 уровней различной кислотности почвы  $pH_{KCl}$  (фактор А): 1) <4,7 (без известкования); 2) 4,7–5,2; 3) 5,2–5,7; 4) 5,7–6,4; 5) 6,2–6,7 и 6) >6,7. По истечении срока пятипольного севооборота почва после каждой ротации

периодически известковалась с целью поддержать требуемые уровни рН. Минеральные удобрения на каждой делянке применялись по следующей схеме (фактор Б): без удобрения, одинарные ( $N_{45}P_{39}K_{57}$  в среднем за год севооборота), двойные и тройные нормы НРК.

По средним данным пяти севооборотов (25 лет), на протяжении пятилетней ротации почва подкислялась на 0,3–0,5 единицы. При более обильном удобрении почва подкислялась сильнее и через 25 лет в ней было больше подвижных форм А1 и Р. Более значительное увеличение количества клубеньковых бактерий бобовых растений установлено при достижении уровня  $pH_{KCl}$  >5,6, а оптимальная кислотность почвы для азотофиксации  $pH_{KCl}$  6,1–7,0. Аммонифицирующих и минеральный азот ассимилирующих микроорганизмов более всего выявлено при кислотности почвы  $pH_{KCl}$  5,2–5,7. Засоренность посевов снизилась, а при более обильном удобрении она повысилась. При понижении кислотности почвы до  $pH_{KCl}$  5,6 и удобрении двойной нормой  $N_{90}P_{78}K_{114}$ , продуктивность культур севооборота была самой высокой –  $57,8 \text{ GJ га}^{-1}$ , т. е. на 54% больше, чем при неизвесткованной почве.

**Ключевые слова:** кислотность почвы, известкование, удобрение, микроорганизмы, *Rhizobium*, ротация севооборота, сорные растения, продуктивность