

PERIODINIO KALKINIMO IR TRĘŠIMO ĮTAKA FOSFORO FORMŲ BEI MINERALINIŲ FOSFATŲ FRAKCIJŲ POKYČIAMS DIRVOŽEMYJE

Donatas KONČIUS

Lietuvos žemdirbystės institutas

Vėžaičiai, Klaipėdos rajonas

El. p. kodo@vezaiciai.lzi.lt

Santrauka

Lietuvos žemdirbystės instituto Vėžaičių filiale buvo atlikti fosforo režimo tyrimai ilgalaikiame stacionariame bandyme. Organinio ir mineralinio fosforo kiekiai bei mineralinių fosfatų frakcijos nustatytos Čango ir Džeksono metodu, modifikuotu Askinazio, Ginzburgo ir Lebedevos. Tyrimų dirvožemis – giliau glėjiškas nepasotintasis lengvo priemolio balkšvažemis (JIn – g0 (ABd – gld – w). Dirvožemio ėminiai agrocheminėms analizėms imti iš įvairaus rūgštumo (pH < 4,7; 5,2-5,7; 6,2-6,7) ir pagal skirtingas normas mineralinėmis trąšomis tręšto dirvožemio (be trąšų; N₄₅P₃₉K₅₇, N₁₃₅P₁₁₇K₁₇₁), iš 0-20 cm armens sluoksnio. Priemolio balkšvažemyje vyrauja mineralinio fosforo junginiai, kurie sudaro 42,1-53,5 % suminio fosforo kiekio. Organinių fosforo junginių yra mažiau – vidutiniškai 40,34-46,13 % ir 7,77-13,36 % sudaro netirpios fosforo formos, kurios beveik augalų neįsavinamos. Organinio fosforo kiekis buvo mažesnis pH 5,2-6,7 dirvožemyje, o nuo tręšimo (N₁₃₅P₁₁₇K₁₇₁) iš esmės didėjo (+162,5-207,2 mg P₂O₅ kg⁻¹). Mineralinio fosforo formų pokyčiai priklausė nuo fosforo balanso ir dirvožemio rūgštumo. Labai rūgščiame dirvožemyje esminis mineralinio fosforo pagausėjimas nustatytas net tręšiant N₄₅P₃₉K₅₇, nes dirvožemio rūgštumas riboja efektyvų augalų fosforo įsisavinimą. Mažėjant dirvožemio rūgštumui dėl padidėjusio fosforo įsisavinimo, mineralinio fosforo akumuliacija dirvožemyje sumažėja, o iš esmės ji padidėjo tik pagal N₁₃₅P₁₁₇K₁₇₁ normą tręštame dirvožemyje. Tręšimas ir kalkinimas darė esminį poveikį mineralinių fosfatų frakcijų persigrupavimui: labiausiai didėjo I ekstrahavimo NH₄F ir NaOH ištraukose augalų įsisavinamų kalcio, aliuminio ir geležies fosfatų.

Reikšminiai žodžiai: dirvožemis, periodinis kalkinimas, mineralinis tręšimas, fosforas, fosfatų frakcijos.

Įvadas

Fosforo junginiai būtini visoms gyvoms būtybėms, reikalingi organinių medžiagų sintezei bei medžiagų apykaitai. Fosforas nepakeičiamas nukleino rūgštyse. Svarbiausios jų – ribonukleininė (RNR) ir dezoksiribonukleininė (DNR). Fosforo junginiai įeina ir į kitų labai svarbių augalui junginių sudėtį: fosfatidų, fitinų bei adenzino trifosfatų (ATF).

Fosforo junginiai, palyginti su azoto ir kalio, yra dešimtis kartų mažiau judrūs. Mineralinių trąšų fosforo transformacija priklauso nuo dirvožemio savybių, bet didesnė dalis pereina į mažai tirpias fosforo formas bei frakcijas ir fosforas tampa augalų mažai

ar visai neišsivainamu. Pasaulyje naudojama daugiau kaip 50 skirtingų metodų judriajam, augalams įsisavinamam fosforui nustatyti. Iš jų apie 16 metodų taikoma Europos šalyse /Neyron, Lischer; 2003/. Tačiau iki šiol nerasta nei vieno reaktyvo, kuris atitiktų augalų šaknų veiklą. Dirvožemio savybės, augalo šaknų išskyros bei mikroorganizmai nuolat skatina netirpių fosforo junginių virtimą tirpiaisi, o tirpių virtimą netirpiaisi fosforo ortofosfatais. Vienu metu vyksta du priešingi procesai: pusė fosforo virsta tirpiu, o pusė – netirpiu. Todėl tai, koks metodas labiausiai tinka, kiekvienos šalies mokslininkai sprendžia atskirai. Apibendrinus daugelio šalių fosforo frakcijų tyrimus, galima teigti, kad didžiausią įtaką fosforo judrumui turi dirvožemio pH, organinių medžiagų bei CaCO_3 kiekiai dirvožemyje /Liliefeln ir kt., 2000; Aulakh ir kt., 2003; Pheav, 2003; Shen ir kt., 2004; Falhre ir kt., 2006/.

Augalai lengviausiai įsisavina fosforą monofosfatų pavidalu – H_2PO_4^- , nedidelis kiekis gali būti augalų „paimtas“ ir HPO_4^{2-} pavidalu. Šių fosfatų reikšmė padidėja, kai dirvožemio tirpalo pH didesnis kaip 7,2. PO_4^{3-} jonas aptinkamas tik šarminio dirvožemio tirpale ir neturi esminės reikšmės augalų mitybai fosforu.

Palyginti su kitais mikroelementais, mineralinių fosfatų tirpumas ir gebėjimas būti augalų asimiliuotiems yra svarbesnis. Palankesnis dirvožemio pH fosforo įsisavinimui yra nuo mažo rūgštumo iki neutraloko dirvožemio. Šarminiams dirvožemiams būdingas kalcio gausumas. Tokiomis sąlygomis tirpus fosforas pereina į hidroksiapatitą $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ arba kitus mažai tirpius kalcio fosfatus. Labai rūgščiame dirvožemyje sumažėja geležies ir aliuminio fosfatų tirpumas /Yang ir kt., 2001; Maguire ir kt., 2001; Callahan ir kt., 2002; Boruvka ir kt., 2003; Tripolskaja, 2003/.

Organinis fosforas tampa augalų įsisavinamas tik suirus organinėms medžiagoms. Įvairūs organiniai fosforo junginiai skiriasi savo stabilumu: labai atsparūs irimui yra inozidfosfatai, o nukleino rūgštys skyla greičiau. Suidami organiniai fosforo junginiai papildo neorganinio fosforo atsargas dirvožemyje, kuris vėl augalų asimiliuojamas ir įtraukiamas į fosforo apytaką.

Viena iš efektyviausių agrotechnikos priemonių fosforo režimui pagerinti yra kalkinimas, reguliuojant dirvožemio rūgštumą iki optimalaus. Įvairių autorių darbuose nurodoma, kad pakalkinus mažiau įsisavinami fosforo junginiai tampa augalų labiau asimiliuojami /Vildfluš ir kt., 1972; Nebolsin ir kt., 1998; Kobzarenko, 1999/.

Tyrimų tikslas – ištirti ilgalaikio periodinio kalkinimo ir mineralinio tręšimo pagal skirtingas trąšų normas poveikį fosforo kiekio, formų ir frakcijų pokyčiams.

Tyrimų sąlygos ir metodika

Labai rūgštų dirvožemį (pH_{KCl} 4,1-4,4) siekta kalkinimu sureguliuoti iki tokių pH_{KCl} lygių: (veiksny A) 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. Šiems lygiams pasiekti prieš įrengiant bandymą (1975 m.) įterpti skirtingi dulkių klintmilčių kiekiai: 2,0; 3,4; 6,9; 12,2 ir 44 t ha^{-1} , kurie buvo apskaičiuoti pagal titravimo kreives (Remezovo metodu). Po antros, trečios, ketvirtos ir penktos rotacijų dirvožemis buvo papildomai kalkinamas, siekiant palaikyti numatytą dirvožemio pH lygį. Šiuose fonuose mineralinės trąšos naudojamos pagal tokią schemą: (veiksny B) be trąšų, viena ir trys normos NPK. Viena mineralinių trąšų norma (N, P_2O_5 , K_2O santrumpa NPK) pašariniams runkeliams buvo $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, miežiams, žieminiams kviečiams ir avižoms – $\text{N}_{45}\text{P}_{30}\text{K}_{45}$, daugiametėms žolėms – $\text{P}_{45}\text{K}_{60}$, vasariniams rapsams – $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$.

Tyrimai daryti penkialaukėje sėjomainoje, kurioje augalų kaita buvo tokia: pašariniai runkeliai, miežiai, daugiametės žolės, žieminiai kviečiai, avižos. Nuo 2001 metų vietoj pašarinių runkelių auginami vasariniai rapsai.

Tyrimai daryti trimis pakartojimais, kuriuose variantai išdėstyti atsitiktinai. Pradinio laukelio dydis – 160 m², apskaitinio – 112 m². Dirvožemis – vidutiniškai sukultūrintas giliau gležiškas nepasotintasis balkšvažemis (JIn – g0 LTDK–99), pagal FAO–UNESKO klasifikaciją *Bathihypogleyi - Dystric Albeluvisol* (ABd – gld – w) lengvas ant vidutinio sunkumo priemolis. Karbonatai – 1,5-2,0 m gylyje.

Prieš įrengiant bandymą dirvožemio armuo (0-20 cm) buvo labai rūgštus: pH_{KCl} – 4,1-4,4, hidrolizinis rūgštumas – 47-59 mekv.kg⁻¹. Dirvožemio bazingumas – 22-29 mekv. kg⁻¹, pasotinimas bazėmis – 27,8-36,8 %, judriojo aliuminio – 50-77 mg kg⁻¹ dirvožemio. Dirvožemis mažo fosforingumo ir didelio kalingumo – atitinkamai 53-112 ir 238-290 mg kg⁻¹ – bei vidutinio humusingumo (apie 2 %).

Dirvožemio ėminiai fosforo formų bei mineralinių fosfatų frakcijoms nustatyti imti 2003 m. vasarą po dobilų pjūties iš 9 variantų trimis pakartojimais iš 0–20 cm dirvožemio sluoksnio ir analizuoti šiais metodais: pH_{KCl} – elektrometritiniu su stiklo elektrodu, judrusis fosforas ir kalis – A-L (Egnerio-Rimo-Domingo). Organinio ir mineralinio fosforo kiekiai bei mineralinių fosfatų frakcijos nustatyti Čango ir Džeksono /Chang, Jackson, 1957/ metodu, modifikuotu Askinazio, Ginzburgo ir Lebedevos /Askinazi ir kt., 1963/.

Fosfatų frakcijų tyrimų duomenys apskaičiuoti taip:

1) suminis organinio fosforo kiekis (P org.) dirvožemyje apskaičiuotas sumuojant organinio fosforo kiekius 0,5 M NH₄F ir 0,1 M NaOH ištraukose po pirmo ir antro ekstrahavimų;

2) suminis mineralinio fosforo kiekis apskaičiuotas sumuojant mineralinio fosforo (P_{min.}) kiekius 0,5 M NH₄F ir 0,1 M NaOH ištraukose po pirmo ir antro ekstrahavimų bei 1M NH₄Cl ir 0,25 M H₂SO₄ ištraukose;

3) fosfatų frakcijos nuo suminio ir mineralinio fosforo kiekio dirvožemyje apskaičiuotos procentais;

4) visų frakcijų fosfatų kiekio pokyčių statistinis patikimumas apskaičiuotas dispersinės analizės metodu.

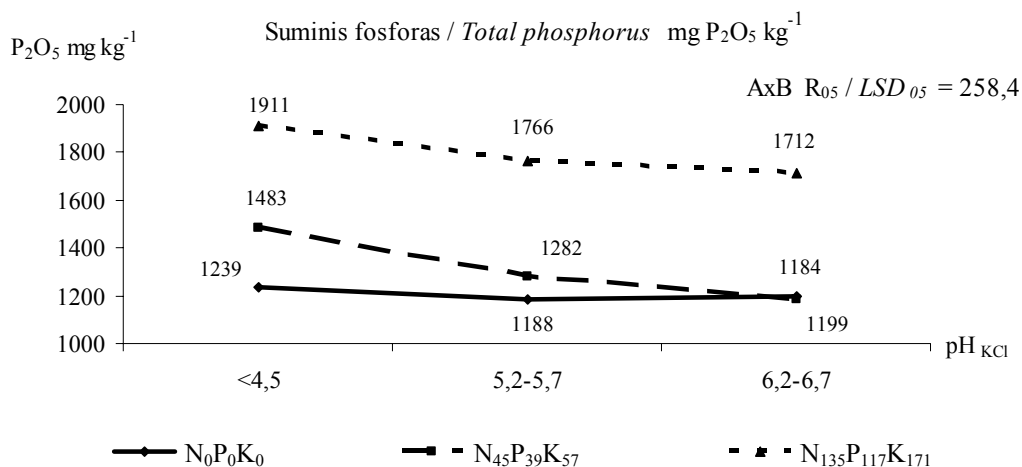
Fosforo formos ir frakcijos nustatytos Lietuvos žemdirbystės instituto Agrocheminių tyrimų centre.

Duomenys apdoroti daugiafaktorinės dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterinių programų paketą SELEKCIJA /Tarakanovas, Raudonius, 2003/. Žvaigždutė * ir ** reiškia rezultatų skirtumų patikimumą, esant atitinkamai 95 % ir 99 % tikimybės lygiams, palyginti su kontroliniu variantu, kur nekalkinta ir netrešta.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Tyrimų metu periodinis kalkinimas ir ilgalaikis tręšimas skirtingomis mineralinių trąšų normomis keitė fosforo režimą armenyje. Per 28 metus dirvožemyje susiformavo skirtingi suminio, mineralinio ir organinio fosforo kiekiai bei jų santykis pagal skirtingas normas kalkinėmis medžiagomis periodiškai kalkintame bei ilgą laiką pagal skirtingas normas mineralinėmis trąšomis tręštame dirvožemyje.

Tyrimų duomenimis, suminio fosforo akumuliacija armenyje priklausė nuo mineralinių trąšų normų ir dirvožemio rūgštumo. Mažėjant dirvožemio rūgštumui nuo pH_{KCl} 4,5 iki 6,2-6,7, netreštame dirvožemyje suminio fosforo kiekis nežymiai mažėjo (39,7-50,8 $\text{mg kg}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$), bet skirtumai buvo statistiškai neesminiai (1 pav.) Trešiant dirvožemį saikingai mineralinėmis trąšomis ($\text{N}_{45}\text{P}_{39}\text{K}_{57}$), mažėjant dirvožemio rūgštumui, suminio fosforo kiekis armenyje mažėjo iš esmės – 200,8-298,5 $\text{mg kg}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$. Dėl geresnio fosforo įsisavinimo ir padidėjusio derlingumo augalai daugiau sukaupia fosforo derliuje. Gausiai patrešus mineralinėmis trąšomis ($\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$), labai padidėjo suminio fosforo akumuliacija armenyje (+427,9 $\text{mg kg}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$, palyginti su trešimu $\text{N}_{45}\text{P}_{39}\text{K}_{57}$) labai rūgščiame dirvožemyje ir jo kiekis, mažėjant dirvožemio rūgštumui, mažiau tesumažėjo (-145,0-199,0 $\text{mg kg}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$).



1 paveikslas. Suminio fosforo kiekio dirvožemyje pokyčiai nuo kalkinimo ir trešimo
Figure 1. The effect of liming and fertilization on the content total phosphorus in soil

Pokyčių skirtumai aiškinami tuo, kad dirvožemio rūgštumo sumažėjimas nuo mažo iki neutraloko turi mažesnę įtaką augalų derliaus dydžiui (taigi ir fosforo sukaupimui derliuje) nei rūgštumo pokyčiai nuo labai rūgštaus iki mažo rūgštumo dirvožemio. Tai patvirtina ir fosforo balanso per tyrimų laikotarpį duomenys. Keičiantis dirvožemio rūgštumui nuo pH 4,5 iki pH 5,2-5,7, fosforo sukaupimas derliuje didėjo pagal trąšų normas nuo 268,3 iki 166,0 $\text{mg kg}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$, o keičiantis nuo pH_{KCl} 5,2-5,7 iki pH_{KCl} 6,2-6,7, fosforo sukaupimas derliuje padidėjo tik 130,5-7,4 $\text{mg kg}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$.

Esant tam pačiam rūgštumui, trąšų kiekio didinimas turėjo didesnę įtaką suminio fosforo akumuliacijai dirvožemyje, nei pH_{KCl} lygis taikant vienodą trešimą. Labai rūgščiame dirvožemyje, palyginti su netreštu, didinant mineralinių trąšų normas, suminio fosforo kiekis padidėjo atitinkamai 243,4 ir 671,4, mažo rūgštumo dirvožemyje – 94,2 ir 577,9, o neutralokame dirvožemyje – 14,6 ir 512,8 $\text{mg kg}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$. Esminis suminio fosforo padidėjimas, trešiant augalus $\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$, liudija apie perteklinį trešimą

fosforo trąšomis, tai yra apie neracionalų jų naudojimą. Fosforo balanso duomenys rodo, kad ypač nenaudinga tręšti dideliu fosforo trąšų kiekiu labai rūgščius dirvožemius, nes augalai negali efektyviai jo panaudoti. Mūsų tyrimais, nekalkintame, labai rūgščiame dirvožemyje fosforo kompensavimo trąšomis koeficientas, tręšiant $N_{135}P_{117}K_{171}$, buvo net 407 %, o esant pH_{KCl} 6,2-6,7 – 234 %.

Nuo tręšimo ir kalkinimo intensyvumo keitėsi ne tik suminio fosforo kiekis, bet ir fosfatų pavidalas bei jų santykis. Netręštame ir nekalkintame dirvožemyje mineralinio fosforo dalis sudarė 42,29 %, organinio fosforo – 44,78 %, netirpaus fosforo – 12,92 % (2 pav.). Netręštame dirvožemyje, keičiantis rūgštumui (nuo labai rūgštaus iki mažo rūgštumo), augalų neįsisavinamo fosforo sumažėjo iki 10,91 %. Dar labiau mažėjant dirvožemio rūgštumui, fosforo kiekis vėl didėjo ir nežymiai viršijo (+0,44 %) kiekį, esantį labai rūgščiame dirvožemyje. Duomenys patvirtina kitų autorių tyrimų duomenis apie fosforo junginių tirpumo priklausomumą nuo pH lygio /Tripolskaja, 2003/. Daugiau tirpių ir augalų įsisavinamų fosfatų junginių randama, kai dirvožemio pH_{KCl} 5,0-6,5. Rūgštėjant dirvožemiui ($< pH_{KCl}$ 4,5), daugiau atsiranda netirpių aluminio ir geležies fosfatų junginių, o artėjant pH prie 7 ir daugiau, kalcio fosfatai pereina į netirpias kalcio fosfatų formas /Yang ir kt., 2001; Maguire ir kt., 2001; Callahan ir kt., 2002; Boruvka ir kt., 2003/. Saikingai tręšiant ($N_{45}P_{39}K_{57}$) mažėjant dirvožemio rūgštumui, netirpaus fosforo palaipsniui gausėjo (+1,68-2,61 %). Tai rodo, kad dalis fosforo trąšų pereina į augalų neįsisavinamas formas. Gausesnį tręšimo ($N_{135}P_{117}K_{171}$) fone, palyginti su saikingu, taip pat mažėjant rūgštumui, netirpaus fosforo santykinai gausėjo (+0,94-1,76 %).

Organinio fosforo pokyčių dydžiui įtakos turėjo daug veiksnių. Jeigu suminio fosforo akumuliacija kontroliuojama paprastu šio elemento balansu, tai organinio fosforo pokyčius lemia procesai, galintys ne tik padidinti, bet ir sumažinti jo kiekį dirvožemyje. Organinio fosforo padidėjimas gali būti susijęs su organinės medžiagos akumuliacija dėl naujų augalų liekanų humifikacijos bei mineralinių fosfatų imobilizacijos mikroorganizmais. Neorganinis mineralinis trąšų fosforas gali susijungti su organiniais dirvožemio junginiais arba fosforas gali būti chemiškai sorbuotas organinių junginių su Al ir Fe, arba dalyvauti sintezuojant nukleino rūgštis /Kudejarova ir kt., 1991; Makarov ir kt., 1997/. Organinio fosforo sumažėja ir dėl fosfotazės aktyvumo padidėjimo bei spartesnės fosfoorganinių junginių mineralizacijos arba organinio fosforo cheminės transformacijos į judresnes formas, migruojančias į poarmenį.

Organinio fosforo kiekio pokyčiai priklausė nuo dirvožemio pH bei tręšimo intensyvumo (1 lentelė). Labai rūgščiame nekalkintame dirvožemyje ($pH_{KCl}<4,5$), tręšiant mineralinėmis trąšomis, iš esmės padaugėjo organinio fosforo (I ekstrahavimas 0,5 M NH_4F ištraukoje): tręšiant $N_{45}P_{39}K_{57}$, padidėjo iki 160,1 $mg\ kg^{-1} P_2O_5$, o tręšiant $N_{135}P_{117}K_{171}$ – iki 246,8 $mg\ kg^{-1} P_2O_5$. Rūgščiame dirvožemyje augalai prastai įsisavindavo judrų fosforą, ir jis kaupėsi. Kalkintame dirvožemyje organinio fosforo iš esmės padaugėjo tik tręštame $N_{135}P_{117}K_{171}$ dirvožemyje, mažo rūgštumo atitinkamai – iki 189,8, o neutralokame – iki 200,5 $mg\ kg^{-1} P_2O_5$. Tręšiant mineralinėmis trąšomis, iš esmės didėjo organinio fosforo kiekis (nuo 114,0 netręštame iki 212,4 $mg\ kg^{-1} P_2O_5$ tręštame $N_{135}P_{117}K_{171}$ dirvožemyje, B veiksnys).

I lentelė. Periodinio kalkinimo ir tręšimo įtaka organinio fosforo kiekiui bei jo frakcijų pokyčiams dirvožemyje (P_2O_5 mg kg^{-1} dirvožemio 0-20 cm sluoksnyje)

Table 1. The effect of periodical liming and fertilization on the content of organic phosphorus and on the changes in its fractional composition in the soil (P_2O_5 mg kg^{-1} of soil 0-20 cm layer)

Vėžaičiai, 2003 m.

Variantas <i>Treatment</i>	Organinio fosforo formos mg kg^{-1} dirvožemio <i>Organic phosphate mg kg^{-1} of soil</i>							
	I ekstrahavimas <i>I extraction</i>		II ekstrahavimas <i>II extraction</i>		I ekstr. <i>Total I extr.</i>	II ekstr. <i>Total II extr.</i>	Iš viso organinio fosforo <i>Total organic phosphorus</i>	
	0,5 M NH_4F	0,1 M $NaOH$	0,5 M NH_4F	0,1 M $NaOH$				
	ištrau- koje <i>In 0,5 M NH_4F</i>	ištrau- koje <i>In 0,1 M $NaOH$</i>	ištrau- koje <i>In 0,5 M NH_4F</i>	ištrau- koje <i>In 0,1 M $NaOH$</i>				
pH _{KCl} (A veiksnys / <i>Factor A</i>)								
<4,7	173,7	411,0	21,7	37,9	584,7	59,6	644,3	
5,2-5,7	149,3	383,9	19,4	46,6	533,2	65,9	599,1	
6,2-6,7	139,0	355,8	13,6	64,8**	494,7	78,3*	573,0	
R ₀₅ / LSD ₀₅	25,93	98,39	4,87	16,12	112,62	18,17	118,72	
R ₀₁ / LSD ₀₁	35,72	135,56	6,71	22,21	155,17	25,03	163,57	
Tręšimas / <i>Fertilization</i> (B veiksnys / <i>Factor B</i>)								
N ₀ P ₀ K ₀	114,0	366,5	12,3	47,0	480,5	59,3	539,9	
N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	135,6	361,4	15,7	49,2	497,0	64,9	561,9	
N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	212,4**	422,7	26,6**	53,0	635,0*	79,7*	714,7*	
R ₀₅ / LSD ₀₅	25,93	98,39	4,87	16,12	112,62	18,17	118,72	
R ₀₁ / LSD ₀₁	35,72	135,56	6,71	22,21	155,17	25,03	163,57	
AB veiksmų sąveika / <i>The interaction of factors AB</i>								
<4,7	N ₀ P ₀ K ₀	114,3	382,7	15,2	42,4	497,0	57,7	554,7
	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	160,1*	420,4	21,9	35,7	580,5	57,6	638,1
	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	246,8**	429,8	28,0**	35,6	676,6	63,6	740,2
5,2-5,7	N ₀ P ₀ K ₀	124,3	367,5	13,2	42,9	491,8	56,1	547,9
	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	133,9	372,7	16,4	46,8	506,6	63,2	569,7
	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	189,8**	411,3	28,6**	49,9	601,1	78,5	679,6
6,2-6,7	N ₀ P ₀ K ₀	103,5	349,3	8,5	55,7	452,9	64,2	517,1
	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	112,9	291,1	8,9	64,9	404,0	73,8	477,7
	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	200,5**	426,9	23,3	73,6*	627,4	96,9*	724,3
	R ₀₅ / LSD ₀₅	44,91	170,41	8,43	27,93	195,06	31,46	205,62
	R ₀₁ / LSD ₀₁	61,87	234,79	11,62	38,48	268,76	43,35	283,31

Organinio fosforo kiekis (0,1 M NaOH ištraukoje) tręštame mineralinėmis trąšomis dirvožemyje turėjo tendenciją didėti, tačiau pokyčiai buvo statistiškai nepatikimi. Antrojo ekstrahavimo (0,5 M NH_4F ištraukoje) metu išskiriami kur kas mažesni organinio fosforo kiekiai. Tačiau tendencijos išlieka, iš esmės didesnis organinio fosforo kiekis nustatytas tręštame $N_{135}P_{117}K_{171}$ dirvožemyje (labai rūgščiame dirvožemyje atitinkamai iki 28,0, o mažo rūgštumo – iki 28,6 mg kg^{-1} P_2O_5 , išskyrus kalkintą, neutraloką

dirvožemį). Didinant mineralinių trąšų normas, iš esmės didėjo organinio fosforo kiekis (veiksny B). Mažiau tirpaus organinio fosforo (0,1 M NaOH ištraukoje) kiekio padidėjimui daugiau įtakos turi kalkinimas (kiekis iš esmės padidėjo tik neutralokame dirvožemyje).

I ir II ekstrahavimo sumų bei suminio organinio fosforo dispersinė analizė rodo, kad iš esmės didesnis organinio fosforo kiekis nustatytas tręštame $N_{135}P_{117}K_{171}$ dirvožemyje (veiksny B). Dėl kalkinimo ir tręšimo poveikio organinio fosforo kiekis didėjo, tačiau statistiškai nepatikimai.

Mažėjant dirvožemio rūgštumui, taikant visus tręšimo lygius, suminis organinio fosforo kiekis dirvožemyje turėjo tendenciją mažėti. Tai nulėmė aktyvesnę mikroorganizmų veiklą, taip pat ir spartesnę organinės medžiagos mineralizaciją.

Organinio fosforo kiekio pokyčių vertinimas santykiniais skaičiais rodo, kad daugiausia organinio fosforo buvo netręštame dirvožemyje – 44,78 % suminio fosforo (2 pav.).

Netręštame ir saikingai tręštame ($N_{45}P_{39}K_{57}$) dirvožemyje daugiausia organinio fosforo (46,13-43,32 % suminio fosforo) susikaupė mažo rūgštumo dirvožemyje.

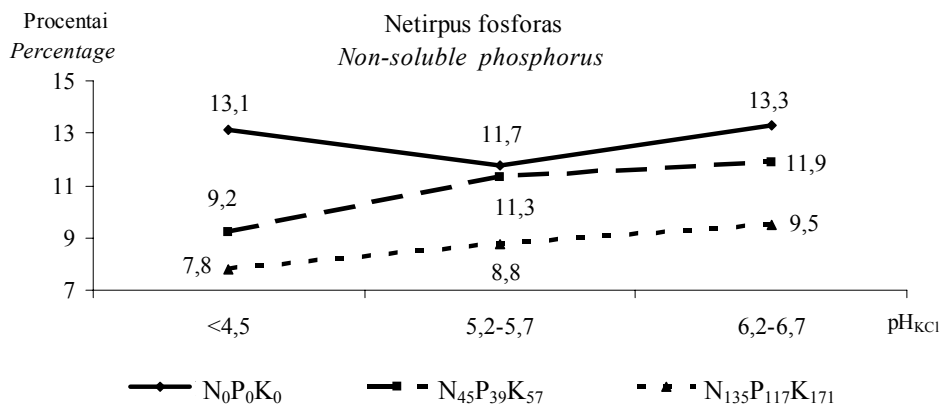
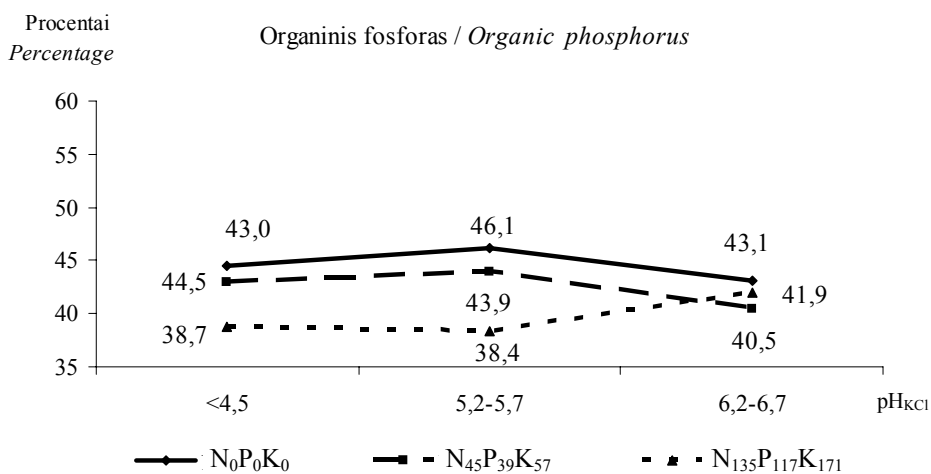
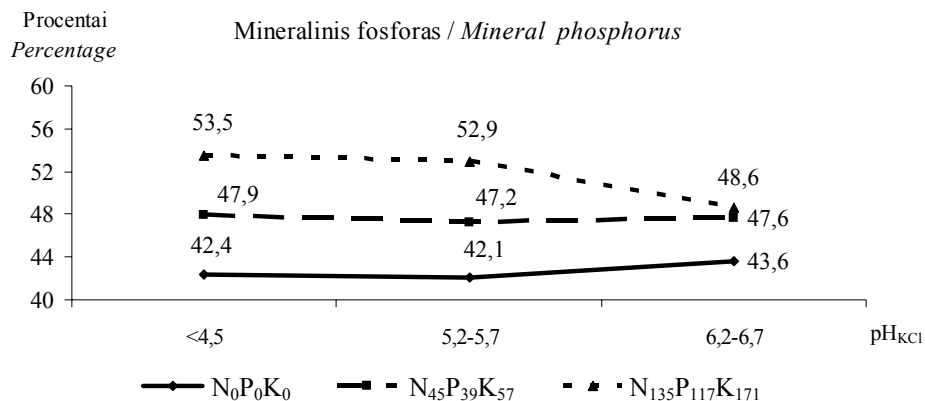
Mažėjant dirvožemio rūgštumui iki neutraloko, organinio fosforo vėl mažėjo, matyt, dėl aktyvesnės mikroorganizmų veiklos. Gausiai tręštame dirvožemyje pokyčių kryptys buvo kitokios. Labai rūgščiam ir mažo rūgštumo dirvožemyje organinio fosforo kiekis iš esmės nesiskyrė, o neutralokame padidėjo apie 3,5 %.

Organinio fosforo struktūros analizė rodo, kad pagrindinė šios fosforo formos dalis (84,6-91,4 % nuo P_{org}) ekstrahuojama pirmose NH_4F ir NaOH ištraukose.

Šie fosforo junginiai greičiau mineralizuojasi, nes įeina į šviežiai įterptų organinių likučių sudėtį ir į mikrobu ląsteles /Mišustin, Emcev, 1978/. Labai rūgščiam, nekalkintame (pH_{KCl} 4,0-4,3) dirvožemyje, didėjant trąšų kiekiui, I ekstrahavimo organinių fosfatų padidėjo vidutiniškai 0,4-1,8 %, o mažiau tirpių sumažėjo 1,4-1,8 %. Mažo rūgštumo dirvožemyje organinių fosfatų struktūra nuo tręšimo lygio nesikeitė, o neutralokame dirvožemyje I ekstrahavimo fosfatų mažėjo ir didėjo labiau stabilių organinio fosforo junginių. Šie struktūriniai organinio fosforo pokyčiai (mažiau tirpių organinių fosforo junginių padidėjimas esant pH_{KCl} 6,2-6,7) gali paaiškinti tai, kad tokio rūgštumo dirvožemyje buvo nustatytas didesnis organinio fosforo kiekis.

Mineralinio fosforo pokyčiai dėl ilgalaikio tręšimo ir kalkinimo irgi buvo ryškūs ir atspindintys fosforo balanso per tiriamąjį laikotarpį rezultatus. Mineralinio fosforo akumuliacijai didesnę įtaką turėjo tręšimas, ypač labai rūgščiam dirvožemyje. Čia esminis šios fosforo formos padidėjimas (+185 mg kg^{-1} P_2O_5) nustatytas jau tręšiant augalus $N_{45}P_{39}K_{57}$, o padidinus tręšimą iki $N_{135}P_{117}K_{171}$, mineralinio fosforo dirvožemyje pagausėjo beveik du kartus. Manoma, kad labai rūgščiam dirvožemyje augalai negali efektyviai išnaudoti didelio fosforo trąšų kiekio ir jis akumuliuojasi viršutiniame sluoksnyje. Fosforo balanso duomenimis, minėtame variante didžiausias kompensavimo koeficientas buvo 407 %, o kitų variantų laukeliuose svyravo nuo 93 iki 283 %.

Esant dirvožemio pH_{KCl} 5,2-5,7, mineralinio fosforo kiekis dėl gausesnės tręšimo keitėsi mažiau (+105,3-432,0 mg kg^{-1} P_2O_5) ir iš esmės padidėjo tik tręšiant $N_{135}P_{117}K_{171}$. Analogiškai, tačiau kiek mažesni (+44,7-302,5 mg kg^{-1} P_2O_5) pokyčiai nustatyti ir dirvožemyje, kurio pH_{KCl} 6,2-6,7. Mažesnis fosforo padidėjimas, palyginti su labai rūgščiu dirvožemiu, susijęs su didesniu fosforo sukaupimu augalų derliuje mažiau rūgščiam dirvožemyje.



2 paveikslas. Kalkinimo ir tręšimo įtaka fosforo formų pokyčiams (% suminio fosforo kiekio)

Figure 2. The effect of liming and fertilization on the changes of phosphorus forms (% from total phosphorus)

Balanso duomenimis, skiriant triguba trąšų normą, fosforo sukaupimas, esant pH_{KCl} 5,2-5,7, padidėjo $355,56 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, o kai pH_{KCl} 6,2-6,7, – $603,6 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, palyginti su labai rūgščiu dirvožemiu. Periodinio kalkinimo ir tręšimo poveikis judriojo organinio fosforo kiekiui dirvožemyje pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė. Periodinio kalkinimo ir tręšimo poveikis organinio fosforo (P_2O_5) kiekiui ($\text{P}_2\text{O}_5 \text{ mg kg}^{-1}$ dirvožemio 0-20 cm sluoksnyje)

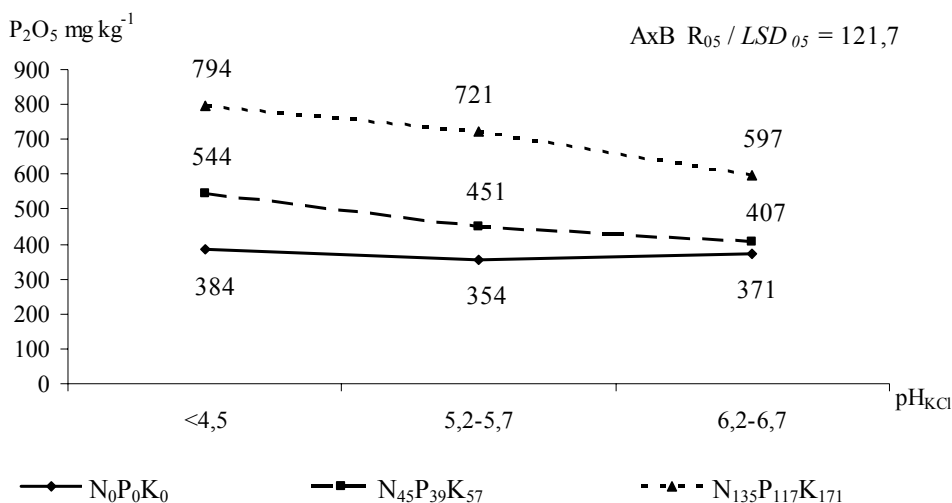
Table 2. The effect of periodical liming and fertilization on the content of organic phosphorus ($\text{P}_2\text{O}_5 \text{ mg kg}^{-1}$ of soil 0-20 cm layer)

Vėžaičiai, 2003 m.

Variantas <i>Treatment</i>		Organinis P <i>Organic P</i>	I ekstrahavimo frakcijos <i>Fractions of I extraction</i>		II ekstrahavimo frakcijos <i>Fractions of II extraction</i>		
pH_{KCl}	Tręšimas <i>Fertilization</i>	mg kg^{-1}	% nuo suminio P <i>% from total P</i>	mg kg^{-1}	% nuo P org. <i>% from organic P</i>	mg kg^{-1}	% nuo P org. <i>% from organic P</i>
4,5	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	554,7	44,78	497,0	89,6	57,7	10,4
4,5	$\text{N}_{45}\text{P}_{39}\text{K}_{57}$	638,1	43,01	580,5	91,0	57,6	9,0
4,5	$\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$	740,2	38,74	676,6	91,4	63,6	8,6
5,2-5,7	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	547,9	46,13	491,8	89,8	56,1	10,2
5,2-5,7	$\text{N}_{45}\text{P}_{39}\text{K}_{57}$	569,7	43,32	506,6	88,9	63,2	11,1
5,2-5,7	$\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$	679,6	38,49	601,1	88,5	78,5	11,5
6,2-6,7	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	517,1	43,13	452,9	87,6	64,2	12,4
6,2-6,7	$\text{N}_{45}\text{P}_{39}\text{K}_{57}$	477,7	40,34	404,0	84,6	73,8	15,4
6,2-6,7	$\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$	724,3	42,31	627,4	86,6	96,9	13,4
	AxB $\text{R}_{05} / \text{LSD}_{05}$	205,62		195,06		31,46	
	AxB $\text{R}_{01} / \text{LSD}_{01}$	283,31		268,76		43,35	

Mineralinių fosfatų frakcinės sudėties analizė rodo, kad esminę jų dalį – $403,9\text{-}676,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, arba $70,84\text{-}77,54 \%$ nuo P_{min} . sudaro NH_4F ir NaOH ištraukų I ekstrahavimo fosfatai, tai yra augalų įsisavinami kalcio, aliuminio ir geležies fosfatai (3 pav.). Jų santykinė dalis įvairavo keičiantis tręšimui ir pH lygiui. Netręštame dirvožemyje, mažėjant dirvožemio rūgštumui, I ekstrahavimo fosfatų kiekis beveik nesikeitė ir buvo vidutiniškai $354,5\text{-}384,4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, arba $70,84\text{-}73,30 \%$ nuo P_{min} .

Didinant tręšimą iki $\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$, mineralinių fosfatų pokyčiai skirtingo rūgštumo dirvožemyje buvo nevienodi. Dėl trąšų kiekio didinimo I ekstrahavimo fosfatų labiau daugėjo ($+160,1\text{-}409,8 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) labai rūgščiam dirvožemyje, o mažėjant dirvožemio rūgštumui, pokyčiai buvo mažesni. Mažo rūgštumo ($\text{pH } 5,2\text{-}5,7$) dirvožemyje šios frakcijos fosfatų padaugėjo $96,0\text{-}235$, o esant $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,2\text{-}6,7$ – $35,6\text{-}225,7 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$.



3 paveikslas. Kalkinimo ir tręšimo poveikis NH_4F ir NaOH ištraukų I ekstrahavimo mineralinių fosfatų kiekiui

Figure 3. The effect of liming and fertilization on the content mineral phosphate in extraction NH_4F and NaOH fractions of I extraction

Esminis frakcijų persigrupavimas vyko tik tręšiant mineralinėmis trąšomis pagal $\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$ normą. Panašus tręšimo ir kalkinimo poveikis mineralinių fosfatų struktūrai buvo nustatytas ir priesmėlio išplautžemyje LŽI Vokės filiale /Tripolskaja, 2003/. N. E. Strelčenko tyrimų duomenys irgi patvirtina šių tyrimų rezultatus, – kuo daugiau tręšiama, tuo daugiau fosforo išlieka judrioje frakcijoje /Strelčenko, 1988/. Atliekant pirmą ekstrahavimą NH_4F ir NaOH ištraukose iš dirvožemio su 0,25 M H_2SO_4 , ekstrahuojami didelio bazingumo kalcio fosfatai, kurie mažiau augalų asimiliuojami, palyginti su pirma fosfatų grupe. Šios frakcijos fosfatų dirvožemyje buvo vidutiniškai 89,8-157,9 mg kg⁻¹ P_2O_5 , arba 17,14-19,16 % mineralinio fosforo ir jie pasižymėjo didesniu atsparumu taimkomoms bandyme agrocheminėms priemonėms (3 lentelė). Dirvožemio rūgštumo mažėjimas nuo pH 4,5 iki pH 6,2-6,7 neturėjo esminės įtakos šios frakcijos fosfatų kiekiui. Skirtumai tarp variantų buvo paklaidos ribose. Ir tik tręšiant $\text{N}_{135}\text{P}_{117}\text{K}_{171}$, iš esmės didėjo ne tik absoliučiai didelio bazingumo fosfatų kiekis, bet ir jų santykinis kiekis viso mineralinio fosforo.

Mažai augalų įsisavinamų II ekstrahavimo fosfatų balkšvažemio priemolyje buvo nedaug – vidutiniškai 42,3-65,1 mg kg⁻¹ P_2O_5 , arba 6,37-9,41 % nuo P_{min} . (4 pav.). Jų pokyčiai dėl tręšimo ar kalkinimo buvo nedideli. Mažėjant dirvožemio rūgštumui nuo pH 4,5 iki 6,2-6,7, II ekstrahavimo fosfatų frakcijų mažėjo, o didinant mineralinių trąšų normas – daugėjo.

Priemolio balkšvažemyje vandenyje tirpių fosfatų yra labai nedaug – vidutiniškai 0,8-11,2 mg kg⁻¹ P_2O_5 , arba 0,16-1,36 % P_{min} , arba 0,06-0,65 % P suminio (4 lentelė).

Toks fosforo kiekis negali pakankamai aprūpinti augalus, taip pat negali būti fosforo kiekio didėjimo poarmentiniuose horizontuose dėl išplovimo pagrindinė prie-

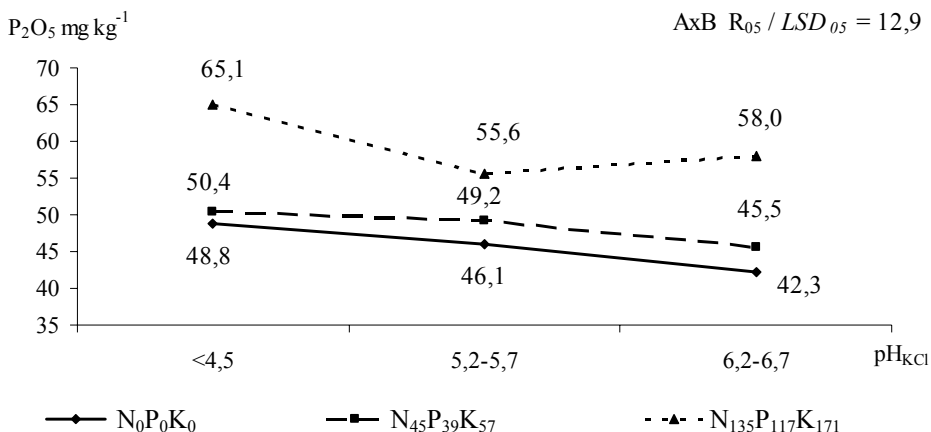
žastis. Mažėjant dirvožemio rūgštumui nuo pH 4,5 iki 6,2-6,7, vandenyje tirpaus fosforo nežymiai daugėjo, tačiau ne iš esmės.

3 lentelė. Periodinio kalkinimo ir tręšimo įtaka mineralinių fosfatų frakcijų kiekiui (P_2O_5 mg kg^{-1} dirvožemio 0-20 cm sluoksnyje)

Table 3. The effect of periodical liming and fertilization on the content of mineral phosphorus and on the changes in its fractional composition in the soil (P_2O_5 mg kg^{-1} of soil 0-20 cm layer)

Vėžaičiai, 2003 m.

		Mineralinio fosforo frakcijos mg kg^{-1} dirvožemio <i>Fractional composition of mineral phosphorus mg kg^{-1} of soil</i>						
		Ekstra- havi- mas	I ekstrahavimas <i>I extraction</i>		II ekstrahavimas <i>II extraction</i>		Ekstra- havi- mas	Iš viso
		1M	0,5 M	0,1 M	0,5 M	0,1 M	H ₂ SO ₄	mineralinio
		NH ₄ Cl	NH ₄ F	NaOH	NH ₄ F	NaOH	ištraukioje	fosforo
		ištrauk.	ištrau- koje	ištrau- koje	ištrau- koje	ištrau- koje	Extraction	Total
		Extraction	In 0.5 M	In 0.1	In 0.5	In 0.1	in H ₂ SO ₄	mineral
		in 1M	NH ₄ F	M	M	M		phos- phorus
		NH ₄ Cl	NaOH	NH ₄ F	NaOH			
		pH _{KCl} (A veiksnys / Factor A)						
<4,7		4,2	237,0	337	10,8	44,0	118,2	751,6
5,2-5,7		3,0	224,2	273	10,2	40,6	117,0	667,9
6,2-6,7		5,5	215,4	243	11,5	37,1	124,9	637,5
	R ₀₅ / LSD ₀₅	1,91	49,74	61,6	2,41	6,23	15,44	79,40
	R ₀₁ / LSD ₀₁	2,63	68,53	84,9	3,32	8,58	21,27	109,39
		Tręšimas / Fertilization (B veiksnys / Factor B)						
	N ₀ P ₀ K ₀	1,1	142,2	228	8,8	37,0	98,4	515,3
	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	2,9	184,0	283	9,6	38,8	108,4	627,0**
	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	8,7**	350,4**	342**	14,2**	45,9**	153,3**	914,6**
	R ₀₅ / LSD ₀₅	1,91	49,74	61,6	2,41	6,23	15,44	79,40
	R ₀₁ / LSD ₀₁	2,63	68,53	84,9	3,32	8,58	21,27	109,39
		AB veiksmų sąveika / The interaction of factors AB						
<4,7	N ₀ P ₀ K ₀	0,8	136,3	248	8,8	40,1	89,8	523,8
	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	2,3	225,7*	319	10,1	40,3	111,6	708,8*
	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	9,5**	349,0**	445**	13,5*	51,6*	153,2**	1022,0**
5,2-5,7	N ₀ P ₀ K ₀	1,1	138,7	216	8,6	37,5	98,8	500,4
	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	2,5	177,4	273	8,8	40,5	103,4	605,7
	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	5,3**	356,7**	330	13,4*	43,7	148,7**	897,6**
6,2-6,7	N ₀ P ₀ K ₀	1,5	151,6	220	8,9	33,4	106,6	521,7
	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	3,8	148,9	258	10,0	35,6	110,1	566,4
	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	11,2**	345,6**	251	15,7**	42,4	157,9**	824,2**
	R ₀₅ / LSD ₀₅	3,30	86,16	106,7	4,17	10,78	26,74	137,52
	R ₀₁ / LSD ₀₁	4,55	118,70	147,1	5,75	14,86	36,84	189,47



4 paveikslas. Kalkinimo ir tręšimo poveikis NH₄F ir NaOH ištraukų II ekstrahavimo mineralinių fosfatų kiekiui

Figure 4. The effect of liming and fertilization on the content mineral phosphate in extraction NH₄F and NaOH fractions of II extraction

4 lentelė. Kalkinimo ir tręšimo poveikis jūdriosioms fosforo formoms

Table 4. The effect of liming and fertilization on the labile forms of phosphorus
Vėžaičiai, 2003 m.

pH _{KCl}	Tręšimas Fertilization	Fosforo (P ₂ O ₅) mg kg ⁻¹ Phosphorus (P ₂ O ₅) mg kg ⁻¹		% nuo P _{min.} % from mineral P	
		1M NH ₄ Cl ištraukoje Extraction in 1M NH ₄ Cl	A L metodu A-L method	1M NH ₄ Cl ištraukoje Extraction in 1M NH ₄ Cl	A L metodu A-L method
		<4,5	N ₀ P ₀ K ₀	0,8	54,7
<4,5	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	2,3	134,7	0,33	19,0
<4,5	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	9,5**	303,3	0,92	29,8
5,2-5,7	N ₀ P ₀ K ₀	1,0	53,7	0,21	10,7
5,2-5,7	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	2,5	107,3	0,40	17,5
5,2-5,7	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	5,0**	256,3	0,60	28,8
6,2-6,7	N ₀ P ₀ K ₀	1,5	65,3	0,29	12,5
6,2-6,7	N ₄₅ P ₃₉ K ₅₇	3,8	119,3	0,67	21,6
6,2-6,7	N ₁₃₅ P ₁₁₇ K ₁₇₁	11,2**	305,3	1,36	37,1
	AxB R ₀₅ / LSD ₀₅	3,30			
	AxB R ₀₁ / LSD ₀₁	4,55			

Trašos turėjo labiau išreikštą poveikį šiai fosfatų formai. Saikingai tręšiant mineralinėmis trašomis (N₄₅P₃₉K₅₇), nežymiai didėjo tirpių fosfatų kiekis, o tręšiant N₁₃₅P₁₁₇K₁₇₁, padidėjo iš esmės – 4,0-9,7 mg kg⁻¹ P₂O₅, arba 0,39-1,07 % nuo P_{min.}, tai yra, tręšiant N₄₅P₃₉K₅₇ mineralinių trašų norma, didesnė jų fosforo dalis sunaudojama augalų ir tik nedidelė dalis papildo dirvožemio jūdriųjų formų atsargas.

Išvados

1. Priemolio balkšvažemyje vyrauja mineralinio fosforo junginiai, kurie sudaro 42,1-53,5 % suminio fosforo kiekio.

2. Organinių fosforo junginių yra mažiau – vidutiniškai 40,34-46,13 % ir 7,77-13,36 % sudaro netirpios fosforo formos, kurios beveik augalų neįsisavina. Organinio fosforo kiekis mažėjo pH 5,2-6,7 dirvožemyje, o dėl tręšimo poveikio didėjo (+162,5-207,2 mg P₂O₅ kg⁻¹) iš esmės tręšiant N₁₃₅P₁₁₇K₁₇₁, palyginti su kontroliniu variantu, nekalkintu ir netręštu dirvožemiu.

3. Mineralinio fosforo formų pokyčiai priklausė nuo mineralinių trąšų kiekio ir dirvožemio rūgštumo. Labai rūgščiame dirvožemyje esminis mineralinio fosforo padidėjimas nustatytas net tręšiant N₄₅P₃₉K₅₇, nes rūgštumas apriboja efektyvų augalų fosforo pasisavinimą.

4. Mažėjant dirvožemio rūgštumui, dėl padidėjusio fosforo įsisavinimo, mineralinio fosforo akumuliacija dirvožemyje sumažėja ir esminis jo padidėjimas nustatytas tik N₁₃₅P₁₁₇K₁₇₁ tręštame dirvožemyje.

5. Tręšimas ir kalkinimas turėjo esminį poveikį mineralinių fosfatų frakcijų persigrupavimui: labiausiai didėjo I ekstrahavimo NH₄F ir NaOH ištraukose augalų asimiliuojamo kalcio, aliuminio ir geležies fosfatų.

Gauta 2006 07 10

Pasirašyta spaudai 2006 10 29

LITERATŪRA

1. Aulakh M., Kabba S., Baddesha H. S. et al. Crop yields and phosphorus fertilizer transformations after 25 years of applications to a subtropical soil under groundnut-based cropping systems // *Field Crops Research*. - 2003, vol. 83, iss. 3, p. 283-296

2. Askinazi D. L., Ginsburg K. E., Lebedeva L. Mineral'nye formy fosfora v počve i metody ich opredelenija // *Počvovedenie*. - 1963, Nr. 5, p. 6-20. - Rus.

3. Boruvka L., Rehcigl Jack E. Phosphorus retention by the Ap horizon of a spodosol as influenced by calcium amendments // *Soil science*. - 2003, No. 168 (10), p. 699-706

4. Callahan Michael P., Kleinman Peter J. A., Sharpley Andrew N., Stout William L. Assessing the efficacy of alternative phosphorus sorbing soil amendments // *Soil science*. - 2002, No. 167 (8), p. 539-547

5. Conyers M. K., Mullen C. L., Scott B. J. et al. Long-term benefits of limestone applications to soil properties and to cereal crop yields in southern and central New South Wales // *Australian Journal of Experimental Agriculture*. - 2003, vol. 43, iss. 1, p. 71-78

6. Chang S. C., Jackson M. L. Fractionation of soil phosphorus // *Soil Science*. - 1957, No. 84, p. 144-150

7. Fabre A., Gauquelin Th., Vilasante F. et al. Phosphorus content in five representative landscape units of the Lomas de Arequipa (Atacama Desert-Peru) // *Catena*. - 2006, vol. 65, iss. 1, p. 80-86

8. Yang J. J., Mosby D. E., Casteel S. W., Blanchar R. W. Microscale pH variability for assessing efficacy of phosphoric acid treatment in lead-contaminated soil // *Soil science*. - 2001, No. 166, p. 374-381

9. Kauričev I. S., Karpuchin A. I., Grinjuk V. G. Migracija i transformacija fosfora židkovo navoza v dernovo-podzolistoj počve // *Agrochimija*. - 1983, 10, s. 111-118. - Rus.

10. Kudejarova A. Ju., Korpačeva I. I., Davydkina L. V., Kvaracche-
lija M. Z. Vlijanie form fosfatov udobrenij na biologičeskiju aktivnost' i podvižnost'
organičeskogo veščestva seroj lesnoj počvy // Počvovedenie. - 1991, No. 4, s. 143-154. - Rus.

11. Magid J., Jensen M. B., Mueller T., Hansen H. C. B. Phosphate leaching
responses from unperturbed anaerobic, or cattle manured mesotrophic sandy loam soils // Journal
of Environmental Quality. - 1999, vol. 28, iss. 6, p. 1796-1803

12. Maguire R. O., Sims J. T., Foy R. H. Long-term kinetics for phosphorus
sorption-desorption by high phosphorus soils from Ireland and the Delmarva peninsula, USA //
Soil science. - 2001, No. 166, p. 557-565

13. Makarov M. I., Nedbaev N. P., Kurmyševa N. A. i dr. Transformacija
organičeskich soedinenij fosfora v dernovo-podzolistoj počve pri dlidel'nom ispolzovanii raznyh
sistem udobrenija // Agrochimija. - 1997, No. 7, s. 5-11. - Rus.

14. Mišustin E. N., Emcev V. T. Mikrobiologija. - Moskva, 1978, s. 163-166

15. Nebol'sin A. N., Nebol'sina Z. P., Jakovleva L. V. Vlijanie izvestkova-
nija na nekotorye pokazateli fosfatnovo režima dernovo-podzolistykh počv // Agrochimija. -
1998, No. 9, s. 31-41. - Rus.

16. Neyroud J. A., Lischer P. Do different methods used to estimate phosphorus
availability across Europe give comparable results ? // Journal of Plant Nutrition and Soil Sciece;
2003, No. 166, p. 422-431

17. Strel'čenko N. E. Vlijanie zapasnovo vnesenija fosfornych udobrenij i komplek-
soobrazovatelej na fiksaciju fosfora // Počvy dal'nevo vostoka, ich svojstva i meliorativnoe
sostajanie. - Vladivostok, 1988, s. 46-52. - Rus.

18. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė
analizė taikant kompiuterines programas *ANOVA*, *STAT*, *SPLIT-PLOT* iš paketo *SELEKCIJA* ir
IRRISTAT. - Akademija, 2003. - 63 p.

19. Tripolskaja L. Dirvožemio fosforo formų bei mineralinių fosfatų frakcijų
pokyčiai dėl kalkinimo ir tręšimo // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija,
2003, t. 81, p. 44-63

20. Pheav S., Bell R. W., White P. F. et al. Fate of applied fertilizer phosphorus
in a highly weathered sandy soil under lowland rice cropping, and its residual effect // Field
Crops Research. - 2003, vol. 81, iss. 1, p. 1-16

21. Lilienfein J., Wilcke W., Ayarza M. et al. Chemical fractionation of
phosphorus, sulphur, and molybdenum in Brazilian savannah Oxisols under different land use //
Geoderma. - 2000, vol. 96, iss. 1-2, p. 31-46

22. Vild'fluš I. R., Briagin A. M. Vlijanie okul' turivanija na frakcionnyj sostav i
soderžanie podvižnyh fosfatov v dernovo-podzolistoj legkosuglinistoj počve // Agrochimija. -
1972, No. 11, s. 32-35. - Rus.

23. Shen J., Li R., Zhang F. et al. Crop yields, soil fertility and phosphorus
fractions in response to long-term fertilization under the rice monoculture system on a calcareous
soil // Field Crops Research. - 2004, vol. 86, iss. 2-3, p. 225-238

THE EFFECT OF PERIODICAL LIMING AND FERTILIZATION ON THE FORMS OF PHOSPHATES AND ON THE CHANGES IN ITS FRACTIONAL COMPOSITION IN THE SOIL

D. Končius

Summary

The effect of periodical liming and fertilizing by different mineral fertilizer rates on phosphoric regime of soil was studied at the Vėžaičiai Branch of LIA. The determination of the forms of phosphates and mineral phosphates fraction was done by the method Chang and Jackson (1957), modified by Askinazi, Ginzburg and Lebedeva (1963). The soil of the experimental site is *Bathihypogleyi – Distric Albeluvisol* (ABd – gld – w), with a texture of morain loam. Soil samples for agrochemical analyses were taken from the soil different pH (< 4,7; 5,2-5,7 6,2-6,7) and different fertilizers rates (without fertilizers, N₄₅P₃₉K₅₇, N₁₃₅P₁₁₇K₁₇₁), from 0-20 cm arable soil layer. Mineral phosphorus compounds made up 42.1-53.5 % from the amount of total phosphorus. The amount of organic phosphorus compounds was less – 40.34-46.13 % on average and non-soluble phosphorus forms, almost unavailable for plants, made up 7.77-13.36 %. The amount of organic phosphorus decreased in soil, which pH was 5.2-6.7. However, under influence of fertilizing by N₁₃₅P₁₁₇K₁₇₁ rate, it significantly increased (+162.5-207.2 mg P₂O₅ kg⁻¹). The changes of mineral phosphorus forms depended on phosphorus balance and soil acidity. Significant mineral phosphorus increase in very acid soil was determined when fertilizing by N₄₅P₃₉K₅₇ rate. As, soil acidity restricts effective phosphorus digestion for plants. While soil acidity decrease, mineral phosphorus accumulation in the soil also decreases, because of increased phosphorus digestion. Significant mineral phosphorus accumulation increase was determined only in fertilized by N₁₃₅P₁₁₇K₁₇₁ rate soil.

Fertilizing and liming had significant influence on mineral phosphates fractions regrouping. Available for plants calcium, aluminium and iron phosphates mostly increased in 1st extrahation of NH₄F and NaOH extracts under mentioned factors influence.

Key-words: soil, periodical liming, mineral fertilization, phosphorus, the fractional composition of phosphates.

Padėka

Autorius nuoširdžiai dėkoja LŽI Vokės filialo vyriausiajai mokslo darbuotojai habil.dr. L. Tripolskajai už metodinius patarimus vykdant šiuos tyrimus.

Acknowledgements. The author sincerely thanks dr. habil. Tripolskaja from the LIA's Vokė Branch for advice on methodology issues.