ISSN 1392-3196
Žemdirbystė. Mokslo darbai, 2005, 4, 92, 20-35
UDK 631.811:631.44

FOSFORO TYRIMAI SKIRTINGAIS METODAIS IR JŲ TINKAMUMAS LIETUVOS DIRVOŽEMIAMS

Jonas MAŽVILA[1], Antanas ANTANAITIS[1], Jonas ARBAČIAUSKAS[1], Jadvyga LUBYTĖ[1], Tomas ADOMAITIS[1], Zigmas VAIŠVILA[2]

[1]Lietuvos žemdirbystės institutas
Savanorių pr. 287, Kaunas
El. p. agrolab@agrolab.lt

[2]Lietuvos žemės ūkio universitetas
Noreikiškės, Kauno rajonas
El. p. vaisvila@nora.lzua.lt

Santrauka

Tinkamiausio analizavimo metodo parinkimui judriojo fosforo kiekiams dirvožemyje analizuoti buvo naudoti acetato-laktato (A-L metodas); 2 % $NaHCO_3$ + 0,76 % $(NH_4)_2SO_4$, 0,01M $CaCl_2$; 0,03 % $MgSO_4$; 0,5M CH_3COONH_4 + 0,05M CH_3COOH + 0,02M Na_2EDTA (pH 4,65) ir 0,5M CH_3COONH_4 + 0,05M CH_3COOH + 0,02M Na_2EDTA (pH 7,0) tirpalai.

Judriojo fosforo kiekiai dirvožemyje, nustatyti įvairiose ištraukose, skirtingai koreliavo su šio elemento kiekiu gautu iki šiol Lietuvoje naudojamoje acetato-laktato ištraukoje. Tampriausias koreliacinis ryšys (η = 0,68) nustatytas dirvožemį išanalizavus buferiniuose pH 4,65 ir pH 7,0; silpnesnis (η = 0,54) – 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ir silpniausias (η = 0,42-0,46) – 0,01M $CaCl_2$ ir 0,03 % $MgSO_4$ tirpikliuose.

Smėlingo priemolio dirvožemyje esminiai, dažniausiai ir stipriausi (η = 0,64-0,82), koreliaciniai ryšiai tarp žemės ūkio augalų derliaus bei vidutinio apykaitos energijos kiekio sėjomainoje ir fosforo kiekio dirvožemyje gauti, kai šis elementas buvo nustatytas acetatinėje-laktatinėje, o silpnesni (η = 0,60-0,73) – 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ištraukoje. Įvairių augalų derliai labai skirtingai koreliavo su dirvožemio fosforingumu, nustatytu silpnose 0,01M $CaCl_2$ ir 0,03% $MgSO_4$ ištraukose.

Dulkiškame priemolyje, palyginus su smėlingu priemoliu, žemės ūkio augalų derliaus priklausomumo ryšiai su skirtingais metodais nustatytu dirvožemio fosforingumu daugelyje atvejų gauti silpnesni negu smėlingame, ypač vertinant vienamečių žolių derliaus koreliacinius ryšius. Tiktai su buferinių tirpalų, pH 4,65 ir pH 7,0 (iš dalies ir acetatinėje-laktatinėje) ištraukose nustatytais dirvožemyje fosforo kiekiais iš esmės koreliavo šių augalų derlius.

Atsižvelgiant į metodo universalumą ir juo atliekamų analizių tikslumą, taip pat – šiuo metodu nustatyto judriojo fosforo kiekio geresnę koreliaciją su žemės ūkio augalų derliumi, pirmenybę reikėtų teikti acetato-laktato ištraukai (A-L metodas). Be A-L ištraukos, galima naudoti buferinio tirpalo, pH 4,65; o gerai sukultūrintuose, didesnį fosforo kiekį turinčiuose dirvožemiuose – 0,03% $MgSO_4$ ištraukas, o atliekant kasmetinius fosforo tyrimus – 0,01M $CaCl_2$ tirpiklį.

Reikšminiai žodžiai: fosforo analizavimo metodai, dirvožemis, augalai.

Įvadas

Fosforas yra vienas iš pagrindinių augalų maisto elementų. Daugiausiai nukleino rūgščių ir fosfolipidų pavidalu fosforo yra augalų sėklose, o mažos šio elemento koncentracijos randamos tarpiniuose metabolituose – cukruose, adenozino fosfatuose bei fosfoproteinuose /Mengel, Kirkby, 1987/.

Dirvožemyje vyksta sudėtingi fosforo dinamikos procesai, kuriuos sudaro neorganinio ir organinio fosforo junginių pasiskirstymas tarp kietosios dalies ir dirvožemio tirpalo, organinio fosforo mineralizacija ir neorganinio mobilizacija, neorganinio ir organinio fosforo junginių migracija dirvožemyje (išsiplovimas) ir neorganinio fosforo apykaita, priklausomai nuo augalų šaknų ir mikroorganizmų aktyvumo /Iamuremye, Dick, 1996; Stevenson, Cole, 1999/.

Įvairiose šalyse, esant labai skirtingiems dirvožemiams, judriojo fosforo kiekiui nustatyti yra naudojami įvairūs metodai /Edinger, 1978; Fernandes ir kt., 2000; Zbiral, 2000/.

Vakarinėje Rusijos Nejuodžemio zonoje, taip pat Baltarusijoje ir Kaliningrado srityje – Kirsanovo (0,2 M HCl) metodu, Latvijoje – Egnerio-Rimo, Vokietijoje – Egnerio-Rimo bei Egnerio-Rimo-Domingo, Vengrijoje ir Slovakijoje – Egnerio-Rimo-Domingo /Počvy, metody analiza, 1984/. Belgijoje-amonio oksalato ir oksalo rūgšties tirpale /Hofman, 1995/. Austrijoje jau nuo 1967 m. dirvose, kurių pH 6,5, fosforo ir kalio kiekis nustatomas Egnerio-Rimo, o kai pH >6,5, – laktatiniu Šiulerio metodu /Edinger, 1978/.

Lietuvoje nuo 1961 m. judrusis fosforas dirvožemyje pradėtas nustatinėti Egnerio-Rimo metodu, ekstrahuojant jį kalcio laktato ištraukoje. Nors šis metodas šalies dirvožemiams tirti buvo naudojamas iki 1970 m., tačiau jo tinkamumas nebuvo pagrįstas nei lauko, nei vegetaciniais bandymais. Vėliau judriajam fosforui nustatyti pradėtas naudoti Egnerio-Rimo-Domingo (A-L) metodas. Šio metodo pranašumą, palyginus su anksčiau naudotu Egnerio-Rimo metodu, lauko ir vegetacinių bandymų duomenimis pagrindė E. Pliupelytė (1974).

Tačiau augalų tręšimo bandymuose, daug metų fosforu netręštų laukelių dirvožemiuose kartais nepastebima ryškaus judriojo fosforo kiekio pokyčio analizuojant fosforą A-L metodu /Vaišvila, 1996/. Todėl bandyta palyginti kitose šalyse naudojamas skirtingas fosforo analizavimo ištraukas su Lietuvoje šiuo metu naudojamu A-L metodu.

Tai atlikta nustačius skirtingais metodais fosforo kiekį įvairios genezės ir granuliometrinės sudėties dirvožemiuose, apskaičiavus skirtingose ištraukose ekstrahuotų fosforo kiekių santykius, palyginus su A-L metodu bei nustačius žemės ūkio augalų derliaus koreliacinius ryšius su skirtinguose tirpikliuose ekstrahuotais fosforo kiekiais dirvožemyje.

Tyrimų sąlygos ir metodai

Siekiant parinkti tinkamiausią augalams prieinamo fosforo kiekio nustatymo metodą ekspedicijų metu iš įvairių Lietuvos dirvožemių, skirtingų savo geneze, granuliometrine sudėtimi, rūgštumu, organine medžiaga, judriųjų P_2O_5 ir K_2O kiekiais, paimti 1669 dirvožemio ėminiai iš humusingojo horizonto ir iš tręšimo

bandymų plotų, vykdomų Agrocheminių tyrimų centro Skėmių (Radviliškio raj.), Kriūkų (Šakių raj.), Rumokų (Vilkaviškio raj.), Lietuvos žemdirbystės instituto (Akademija, Kėdainių raj.), LŽI Vokės ir Vėžaičių filialų, Elmininkų, Joniškėlio bandymų stočių tręšimo bandymų. Be to, 1999 m. buvo surinkti ir išanalizuoti dirvožemio ėminiai ir iš Lietuvos vandens instituto bei LŽI Agrocheminių tyrimų centro darbuotojų vykdomo bendro bandymo, tiriant skirtingų NPK trąšų bei mėšlo įtaką intensyvaus karstinio regiono (Biržų raj.) moreninės kilmės smėlingame lengvo priemolio (Pakamponys) ir limnoglacialinės kilmės moliuose (Kirdonys).

Fosforo kiekis dirvožemio ėminiuose nustatytas LŽI Agrocheminių tyrimų centro laboratorijoje šiais metodais:

1. Egnerio-Rimo-Domingo (A-L) metodu /Počvy, metody analiza, 1984/.
2. 2 % $NaHCO_3$ + 0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ištraukoje /Perez, 1995/.
3. 0,01M $CaCl_2$ ištraukoje /Perez, 1995/.
4. 0,03 % $MgSO_4$ Daševskio metodu /Počvy, metody analiza, 1984/.
5. 0,5M CH_3COONH_4 + 0,05M CH_3COOH + 0,02M Na_2EDTA ištraukoje (buferinis tirpalas, pH 4,65) /Methods of soil..., 1986/.
6. 0,5M CH_3COONH_4 + 0,05M CH_3COOH + 0,02M Na_2EDTA ištraukoje (buferinis tirpalas, pH 7,0) /Methods of soil..., 1986/.

Dirvožemio granuliometrinė sudėtis analizuota Kačinskio /Kačinskij, 1965/ ir FAO-UNESCO /Procedures for soil..., 1995; Soil Survey Laboratory..., 1996/ metodais.

Apskaičiuota dirvožemio cheminių analizių duomenų išplėstinė neapibrėžtis /EURACHEM/CITAC Guide CG4..., 2000/. Tai parametras, apibūdinantis matavimo kokybę, nusakantis intervalą, kuriame gautas patikimas rezultatas arba matavimo vertė. Tam tikslui buvo naudojamos antrinės pamatinės medžiagos (K_1, K_2, K_3) – dirvožemis su įvairiais judriojo fosforo kiekiais.

Žieminių kviečių ir vasarinių miežių grūdų derlius apskaičiuotas pervedus į standartinę 15 % drėgmę. Cukrinių runkelių šakniavaisių ir bulvių gumbų derlius pateiktas natūralaus drėgnumo. Augalų derlius įvertintas apykaitos energija GJ ha^{-1} /Jankauskas ir kiti, 1999/. Tyrimų duomenys apdoroti koreliacinės-regresinės analizės metodu /Dospechov, 1985/.

Meteorologinės sąlygos bandymų vykdymo metais įvertintos pagal G.Seleninovo hidroterminį koeficientą /Grinhof, 1986/.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Fosforo koncentracijos dirvožemyje, nustatytos analizuojant dirvožemį skirtingais metodais. Neorganinių fosforo junginių pavidalas ir jų būsena dirvožemyje labai priklauso nuo pH ir kitų elementų buvimo dirvožemio tirpale. Kalkinguose dirvožemiuose /pH 5-9/ karbonatų kiekis turi didžiausios reikšmės Ca-P jonų porų koncentracijai dirvožemio tirpale /Bar-Yosef, 1996/.

Rūgščiuose dirvožemiuose susidaro įvairaus pavidalo fosforo jonų poros su geležimi ir aliuminiu. Esant fosforo citratų ir oksalatų kompleksams su Fe^{3+} ir Al^{3+}, didėja laisvų neorganinio fosforo jonų koncentracija dirvožemio tirpale /Gardner ir kt., 1983; Bar-Yosef, 1996/.

LŽI Agrocheminių tyrimų centro laboratorijoje išanalizavus dirvožemius skirtingais tirpikliais, daugiausia judriojo fosforo nustatyta A-L ištraukoje (1 lentelė).

Ekstrahavus judrųjį fosforą 0,03 % $MgSO_4$ tirpiklyje, šio elemento kiekio santykis su A-L metodu gautas 0,36-0,88:1, buferiniame tirpale pH 4,65 – 0,34-0,73:1, o buferiniame tirpale, pH 7,0 – 0,14-0,40:1. Silpname 0,01M $CaCl_2$ tirpiklyje nustatomas lengviausiai augalų pasisavinamas fosforas, kurio kiekis, palyginus su kitais tirpikliais, yra mažiausias, t. y. 0,0010-0,0074:1, kas sudaro tik 0,10-0,74 %, palyginus su A-L metodu nustatyto šio elemento kiekio. Santykinai daugiau fosforo 0,01M $CaCl_2$, kaip ir buferiniame tirpale, pH 4,65, palyginus su A-L metodu, gauta didesnio fosforingumo dirvožemiuose.

2 % $NaHCO_3$ + 0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ištraukoje, panašiai kaip ir buferiniame tirpale, pH 7,0, judriojo fosforo kiekio santykis su A-L metodu – 0,19-0,37:1. Šiuose tirpaluose, taip pat ir 0,03 % $MgSO_4$ ištraukoje, ekstrahuoto judriojo fosforo kiekis daugelyje atvejų mažai priklausė nuo dirvožemio granuliometrinės sudėties, fosforingumo ir pH.

1 lentelė. Įvairiais tirpalais ekstrahuoto judriojo fosforo (P_2O_5) kiekiai ir santykiniai koeficientai, palyginus su A-L metodu, nustatyti dirvožemių 0-20 cm sluoksnyje

Table 1. *The amount of available phosphorus (P_2O_5) in the 0-20 cm soil layer determined by different solutions and relative coefficients of correction according to A-L method*

Dirvožemio ėminių skaičius *Number of soil samples*	Judriojo fosforo kiekis mg kg^{-1} / *Amount of available phosphorus mg kg^{-1}*					
	A-L	2 % $NaHCO_3$ + 0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	0,01 M $CaCl_2$	0,03 % $MgSO_4$	Buferinis tirpalas *Buffer solution*	
					pH 4,65	pH 7,0
1	2	3	4	5	6	7
			Smėliai / *Sandy soils*			
			pH≤5,0			
6	78,0±21,6 1	28,3±10,9 0,36	0,28±0,13 0,0036	5,79±5,25 0,074	28,5±9,71 0,37	13,0±5,15 0,17
8	140,0±30,5 1	50,2±16,1 0,36	0,60±0,41 0,0043	5,35±5,69 0,038	61,0±37,7 0,44	19,5±6,68 0,14
9	353,8±95,1 1	130,8±43,2 0,37	2,62±2,22 0,0074	31,2±20,2 0,088	136,7±51,6 0,39	71,7±34,8 0,20
			pH 5,1-6,0			
9	65,1±28,4 1	27,1±14,3 0,42	0,24±0,14 0,0037	4,86±2,98 0,075	22,5±11,7 0,34	9,52±7,05 0,15
17	136,5±23,8 1	46,0±11,7 0,35	0,94±0,35 0,0071	5,29±2,23 0,039	63,9±29,1 0,47	26,0±8,57 0,19
16	335,0±60,6 1	104,4±22,5 0,31	1,68±1,11 0,005	28,62±15,4 0,085	167,7±70,4 0,50	65,2±43,7 0,19
			pH >6,0			
11	63,9±28,3 1	18,0±10,9 0,28	0,21±0,14 0,0032	5,14±2,64 0,080	28,02±10,72 0,44	13,5±6,78 0,21

1 lentelės tęsinys
Table 1 continued

1	2	3	4	5	6	7
14	146,7±26,4	30,0±8,87	0,31±0,24	8,09±4,47	82,4±26,8	28,2±13,8
	1	0,21	0,0021	0,054	0,56	0,19
57	378,0±50,0	86,9±48,8	6,14±1,03	30,1±20,2	240,2±107	120,6±59,1
	1	0,23	0,016	0,080	0,64	0,32
Priesmėliai ir lengvi priemoliai / *Sandy loam and light loam soils*						
pH≤5,0						
17	60,7±30,1	19,5±8,0	0,34±0,25	3,93±2,17	22,3±9,83	8,92±5,38
	1	0,32	0,0056	0,065	0,37	0,15
33	135,0±33,3	30,6±16,9	0,99±0,46	7,54±4,23	57,9±29,8	21,6±13,6
	1	0,23	0,0073	0,056	0,43	0,16
23	257,0±36,4	64,9±17,3	1,67±0,87	16,6±7,1	96,3±33,5	37,5±13,0
	1	0,25	0,0064	0,065	0,37	0,15
pH 5,1-6,0						
74	65,5±23,3	18,5±6,92	0,36±0,31	4,43±2,77	27,4±17,9	10,2±6,06
	1	0,28	0,0055	0,068	0,42	0,16
118	130,5±23,9	28,5±15,8	0,85±0,60	6,88±5,87	59,3±27,8	22,6±11,0
	1	0,22	0,0065	0,053	0,45	0,17
27	303,4±113	65,7±26,6	1,80±0,95	21,6±15,0	157,6±81,4	63,6±44,6
	1	0,22	0,0059	0,071	0,52	0,21
pH>6,0						
161	71,1±18,7	16,1±8,23	0,36±0,27	3,68±2,53	32,7±15,1	12,73±6,27
	1	0,23	0,0050	0,052	0,46	0,18
353	154,1±29,5	29,7±13,0	0,86±0,77	7,86±7,01	95,6±37,5	47,0±32,4
	1	0,19	0,0056	0,051	0,62	0,30
313	296,4±96,0	81,8±49,9	3,44±3,19	31,0±19,3	218,7±90,6	117,4±49,2
	1	0,28	0,011	0,10	0,74	0,40
Vidutinio sunkumo, sunkūs priemoliai, moliai / *Medium, heavy loam and clay soils*						
pH 5,1-6,0						
20	56,5±19,6	16,0±7,1	0,25±0,15	3,10±1,62	20,09±8,75	6,93±3,02
	1	0,28	0,0044	0,054	0,36	0,12
23	122,7±25,0	28,0±9,38	0,58±0,23	4,41±1,49	45,2±32,5	14,1±5,0
	1	0,23	0,005	0,036	0,37	0,12
1	201	50,2	0,21	3,63	122	20,1
	1	0,25	0,001	0,018	0,61	0,10
pH>6,0						
32	69,3±21,1	17,4±7,44	0,24±0,15	2,58±0,95	34,1±18,8	13,0±8,46
	1	0,25	0,0035	0,037	0,49	0,19
257	147,2±28,3	34,1±17,8	0,70±0,39	5,99±3,63	103,8±34,2	44,4±20,7
	1	0,23	0,0047	0,041	0,67	0,30
70	239,0±40,2	78,1±36,2	1,47±0,85	13,0±5,98	172,8±53,2	75,0±35,8
	1	0,33	0,0061	0,054	0,72	0,31

Atlikus tyrimų duomenų koreliacinę analizę gauta, kad judriojo fosforo kiekiai, ekstrahuoti skirtingose ištraukose, dažniausiai patikimai (t = 2,66-20,87) priklausė nuo šio elemento kiekio, nustatyto A-L metodu (2 lentelė). Tampriausias vidutinis koreliacinis ryšys (η = 0,68) buvo išanalizavus fosforą buferiniuose pH 4,65 ir pH 7,0 tirpikliuose, o silpnesnis (η = 0,54) – 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ištraukoje. Išanalizavus fosforą 0,01M $CaCl_2$ ir 0,03 % $MgSO_4$ tirpikliuose, koreliacinis ryšys gautas silpniausias (η = 0,42-0,46).

2 lentelė. Judriojo fosforo, ekstrahuoto skirtingose ištraukose (y) priklausomumas nuo šio elemento kiekio, nustatyto A-L metodu (x), priesmėlio ir lengvo priemolio dirvožemiuose

Table 2. *The amount of available phosphorus determined in different solvents (y) in relation to the amount of this element by A-L method (x) in sandy loam soils*

P_2O_5 (A–L) mg kg^{-1}	Ištrauka / *Extraction*	Lygties y = a+bx+cx^2 koeficientai *Coefficients of equation y = a+bx+cx^2*			η	t
		a	b	c		
1	2	3	4	5	6	7
		pH ≤ 5,0				
≤ 100	2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	-0,098	7,20	-36,57	0,71*	3,74
	0,01M $CaCl_2$	-104,37	191,28	13,44	0,80*	4,99
	0,03 % $MgSO_4$	-3,15	32,96	-6,20	0,60*	2,77
	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	-0,0095	3,069	-2,05	0,85*	6,12
	buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	-0,12	6,55	14,87	0,71*	3,76
101-200	2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	-0,0037	1,86	82,61	0,79*	7,11
	0,01M $CaCl_2$	13,82	8,89	109,82	0,56*	3,62
	0,03 % $MgSO_4$	0,14	2,46	106,08	0,67*	4,80
	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	-0,014	2,62	42,46	0,67*	4,74
	buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	-0,020	2,99	84,68	0,78*	6,38
>200	2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	-0,011	2,82	123,00	0,69*	4,26
	0,01M $CaCl_2$	1,046	11,96	233,43	0,38	1,81
	0,03 % $MgSO_4$	-0,11	5,38	204,63	0,31	1,44
	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	-0,0029	1,10	181,47	0,31	1,46
	buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	-0,072	7,50	89,63	0,59*	3,27
		pH 5,1-6,0				
≤ 100	2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	0,089	-2,28	73,18	0,41*	3,79
	0,01M $CaCl_2$	-47,41	108,68	37,07	0,70*	8,37
	0,03 % $MgSO_4$	-0,055	2,381	56,43	0,20	1,75
	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	-0,33	7,77	50,91	0,66	1,24
	buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	-0,017	2,82	6,04	0,82*	11,97

2 lentelės tęsinys
Table 2 continued

1	2	3	4	5	6	7
101-200	2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	-0,011	1,55	98,05	0,48*	5,89
	0,01M $CaCl_2$	-2,83	26,59	110,98	0,46*	5,62
	0,03 % $MgSO_4$	-0,098	4,56	107,12	0,55*	7,07
	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	-0,0036	1,032	84,93	0,60*	7,58
	buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	-0,0009	1,38	100,11	0,60*	7,58
>200	2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	-0,039	7,38	12,58	0,48*	2,66
	0,01M $CaCl_2$	1,16	-13,25	319,30	0,07	0,36
	0,03 % $MgSO_4$	-0,084	7,48	198,91	0,32	1,63
	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	0,0031	-0,14	229,19	0,82*	6,92
	buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	0,0008	1,72	188,78	0,75*	5,53
		pH>6,0				
≤ 100	2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	0,016	0,17	62,60	0,34*	4,40
	0,01M $CaCl_2$	-14,12	36,76	60,05	0,29*	3,67
	0,03 % $MgSO_4$	-0,19	3,65	60,45	0,22*	2,63
	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	-0,0016	0,98	43,23	0,63*	9,84
	buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	-0,076	4,25	31,01	0,67*	10,71
101-200	2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	0,0001	0,64	135,05	0,29*	5,56
	0,01M $CaCl_2$	-2,12	23,16	137,10	0,36*	7,13
	0,03 % $MgSO_4$	-0,0052	1,43	145,31	0,26*	4,83
	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	-0,0016	0,83	91,71	0,64*	15,18
	buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	-0,0025	1,015	114,15	0,63*	14,23
>200	2 % $NaHCO_3$+0,76% $(NH_4)_2SO_4$	0,0061	-0,023	243,69	0,69*	16,63
	0,01M $CaCl_2$	-0,68	23,94	230,41	0,53*	10,75
	0,03% $MgSO_4$	-0,0001	2,172	231,02	0,65*	14,66
	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	0,0016	0,023	201,75	0,77*	20,87
	buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	0,0057	-0,17	226,50	0,64*	13,86

* Koreliacinis ryšys patikimas, esant 95 % patikimumo lygiui
Correlation significant at 95 % probability level

Žemės ūkio augalų derliaus priklausomumas nuo skirtinguose tirpikliuose nustatyto fosforo kiekio dirvožemyje. Anglijoje atliktuose vegetaciniuose bandymuose su augalų derliumi gerai koreliavo fosforas, nustatytas 0,01 M $CaCl_2$ tirpale bei Egnerio-Rimo-Domingo metodu /Hynlauder, Svenson, Gyula, 1996/. Rusijos mokslininkai, išnagrinėję įvairius fosforo nustatymo meto-

dus, nurodo, kad geriausiai su derliumi koreliuoja fosforas, nustatytas panaudojant anijonitines dervas. Šiuo metodu gauti duomenys labai artimi fosforo kiekiui, nustatytam radiometriniu metodu. Koreliacija mažėjančia tvarka su derliumi gauta dirvožemį ekstrahuojant šiais tirpalais: 0,5 % $NaHCO_3$ ir 0,1 M HCl+0,3 % NH_4F /Rybakova, Šafarian, Karpuchin, 1981/.

Mūsų atliktuose tyrimuose nustatyta, kad smėlingo priemolio rudžemyje visų bandyme augintų augalų derliai ženkliai priklausė nuo judriojo fosforo kiekio (3 lentelė). Esmingi, dažniausiai ir stipriausi, koreliaciniai ryšiai tarp žemės ūkio augalų derliaus ir fosforo kiekio dirvožemyje gauti, kai šis elementas buvo ekstrahuotas acetatinėje-laktatinėje ištraukoje (A-L metodu). Su šiuo metodu nustatytu judriojo fosforo kiekiui dirvožemyje vidutinis bandyminių augalų derliuje sukauptas apykaitos energijos kiekis koreliavo santykiu η = 0,82; vienamečių žolių sausų medžiagų derlius – η = 0,80; žieminių kviečių grūdų derlius – η = 0,74; miežių grūdų – η = 0,72; o cukrinių runkelių šakniavaisių – η = 0,64.

3 lentelė. Žemės ūkio augalų derliaus priklausomumas nuo skirtinguose tirpikliuose nustatyto fosforo kiekio smėlingo priemolio rudžemyje

Table 3. *The yield of agricultural crops in relation to the amount of available phosphorus determined using different solutions in sandy loam cambisol*

Skėmiai, 1997-2000 m.

Tirpiklis *Solution*	Lygties $y = a+bx+cx^2$ koeficientai *Coefficients of equation* $y = a+bx+cx^2$			η	t
	a	b	c		
1	2	3	4	5	6
Vienamečių žolių sausųjų medžiagų derliui t ha^{-1} / *For dry matter yield t ha^{-1} of annual grasses*					
A-L	2,93	0,028	$-6,3.10^{-5}$	0,80*	5,34
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	4079	0,03	-0,00017	0,60*	3,33
0,01M $CaCl_2$	4,85	0,366	-0,030	0,55*	2,97
0,03 % $MgSO_4$	5,1	0,031	-0,00028	0,45*	2,28
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	4362	0,0186	$-5,2.\ 10^{-5}$	0,78*	5,64
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	4,61	0,061	-0,00017	0,69*	4,24
Žieminių kviečių grūdų derliui t ha^{-1} / *For winter wheat grain yield t ha^{-1}*					
A-L	3,66	0,01	$1,3.\ 10^{-5}$	0,74*	4,9
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	4,43	0,02	$8,9.\ 10^{-5}$	0,61*	3,41
0,01M $CaCl_2$	4,33	0,304	-0,017	0,70*	4,4
0,03 % $MgSO_4$	4,52	0,032	-0,00019	0,68*	4,13
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	4,13	0,01	$-2.\ 10^{-5}$	0,70*	4,34
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	4,53	0,0079	$-8.\ 10^{-6}$	0,58*	3,22

3 lentelės tęsinys
Table 3 continued

1	2	3	4	5	6
Cukrinių runkelių šakniavaisių derliui t ha^{-1} / *For sugar beet root yield t ha^{-1}*					
A-L	29,8	0,15	-0,00026	0,64*	3,76
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	35,6	0,33	-0,00018	0,67*	4,09
0,01M $CaCl_2$	37,1	6,39	-0,73	0,52*	2,75
0,03 % $MgSO_4$	41,0	0,30	-0,002	0,55*	2,94
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	39,2	0,082	-0,0002	0,53*	3,26
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	39,8	0,174	-0,00069	0,59*	3,26
Vasarinių miežių grūdų derliui t ha^{-1} / *For spring barely grain yield t ha^{-1}*					
A-L	1,47	0,013	$-2,5.\ 10^{-5}$	0,72*	4,67
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	1,86	0,025	-0,00012	0,73*	4,83
0,01M $CaCl_2$	1,96	0,54	-0,058	0,71*	4,56
0,03 % $MgSO_4$	1,83	0,116	-0,0025	0,71*	4,55
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	1,95	0,011	-2,36	0,71*	4,5
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	2,10	0,0171	$-6,9.\ 10^{-5}$	0,67*	4,0
Vidutiniam apykaitos energijos kiekiui GJ ha^{-1} / *For average amount of metabolizable energy GJ ha^{-1}*					
A-L	58,3	0,29	-0,0005	0,82*	6,45
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	72, 0	0,53	-0,0026	0,81*	6,13
0,01M $CaCl_2$	73,3	10,0	-0,36	0,76*	5,10
0,03 % $MgSO_4$	75,8	1,16	-0,014	0,78*	5,56
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	72,3	0,235	-0,0005	0,79*	5,8
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	74,4	0,398	-0,0016	0,77*	5,46

* Ryšys patikimas esant 95 % tikimybės lygiui
Correlation significant at 95 % probability level

Kiek silpniau, ypač vienamečių žolių sausųjų medžiagų (η = 0,60) ir žieminių kviečių grūdų (η = 0,61), derlius koreliavo su judriojo fosforo kiekiu dirvožemyje, gautu 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ištraukoje. Gerai su fosforo kiekiu, ekstrahuotu buferiniu tirpalu, pH 4,65, koreliavo vienamečių žolių sausųjų medžiagų (η = 0,78), žieminių kviečių (η = 0,70) ir miežių grūdų (η = 0,71) derlius, taip pat vidutinis sėjomainos augalų derliuje sukauptas apykaitos energijos kiekis (η = 0,79).

Su judriojo fosforo kiekiu, nustatytu 0,01M $CaCl_2$ ir 0,03 % $MgSO_4$ ištraukose, patikimai koreliavo kviečių ir miežių grūdų, silpniau – vienamečių žolių sausųjų medžiagų ir cukrinių runkelių šakniavaisių derlius.

Dulkiško priemolio rudžemyje, palyginus su smėlingu priemoliu, žemės ūkio augalų derlių priklausomumo ryšiai su skirtingais metodais nustatytu judriojo

fosforo kiekiu daugelyje atvejų gauti silpnesni, ypač vertinant vienamečių žolių sausųjų medžiagų derliaus koreliacinius ryšius (4 lentelė). Tiktai su buferinių tirpalų, pH 4,65 ir pH 7,0 (iš dalies ir acetatinėje-laktatinėje) ištraukose nustatytais fosforo kiekiais dirvožemyje iš esmės koreliavo tirtų augalų derlius.

Pakankamai stiprūs žieminių kviečių grūdų derliaus koreliaciniai ryšiai gauti nustačius fosforą acetatinėje-laktatinėje (η = 0,53), 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ (η = 0,52) ir buferinio tirpalo, pH 4,65 bei pH 7,0 (η = 0,55; η = 0,50), ištraukose.

4 lentelė. Žemės ūkio augalų derliaus priklausomumas nuo skirtinguose tirpikliuose nustatyto fosforo kiekio dulkiško priemolio rudžemyje

Table 4. *The yield of agricultural crops in relation to the amount of available phosphorus determined using different solutions in silty loam cambisol*

Kriūkai, 1997-2000 m.

Tirpiklis *Solution*	Lygties $y = a+bx+cx^2$ koeficientai *Coefficients of equation* $y = a+bx+cx^2$			η	t
	a	b	c		
1	2	3	4	5	6
Vienamečių žolių sausųjų medžiagų derliui t ha^{-1} / *For dry matter yield t* ha^{-1} *of annual grasses*					
A-L	3,93	0,076	-0,00026	0,45	1,69
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	9,80	-0,058	0,0011	0,19	0,64
0,01M $CaCl_2$	7,80	4,85	-3,60	0,22	0,76
0,03 % $MgSO_4$	9,51	-0,0738	0,0035	0,13	0,44
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	4,37	0,091	-0,0004	0,68*	3,06
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	3,95	0,22	-0,0022	0,73*	3,58
Žieminių kviečių grūdų derliui t ha^{-1} / *For winter wheat grain yield t* ha^{-1}					
A-L	4,04	0,0065	$-7{,}9.10^{-6}$	0,53*	2,03
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	4,23	0,036	-0,00048	0,52*	2,01
0,01M $CaCl_2$	4,05	2,25	-1,49	0,41	1,50
0,03 % $MgSO_4$	4,79	-0,0085	0,0013	0,15	0,48
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	4,59	-0,002	3,50	0,55*	2,19
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	4,18	0,0197	-0,0001	0,50	1,93
Bulvių gumbų derliui t ha^{-1} / *For potato tuber yield t* ha^{-1}					
A-L	-19,2	0,646	-0,0023	0,51*	1,98
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	16,99	0,67	-0,0117	0,56*	2,26
0,01M $CaCl_2$	16,9	0,66	-0,012	0,56*	2,26
0,03 % $MgSO_4$	13,88	4,09	-0,316	0,70*	3,24
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	17,49	0,154	-0,00072	0,39	1,4
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	11,52	0,60	-0,006	0,54*	2,15

4 lentelės tęsinys
Table 4 continued

1	2	3	4	5	6
Vasarinių miežių grūdų derliui t ha^{-1} / *For spring barley grain yield t ha^{-1}*					
A-L	0,511	0,0154	$-2,7.\ 10^{-5}$	0,79*	4,39
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	1,23	0,029	-0,00015	0,75*	3,74
0,01M $CaCl_2$	1,69	0,890	-0,207	0,59*	2,40
0,03 % $MgSO_4$	1,78	0,127	-0,055	0,71*	3,36
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	-3,31	0,0901	-0,00035	0,69*	3,19
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	0,144	0,0808	-0,00069	0,49	1,88
Vidutiniam apykaitos energijos kiekiui GJ ha^{-1} / *For average amount of metabolizable energy GJ ha^{-1}*					
A-L	34,29	0,36	-0,001	0,40	1,48
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	38,6	1,30	-0,016	0,67*	3,04
0,01M $CaCl_2$	7,38	-154,0	-104,4	0,69*	3,23
0,03 % $MgSO_4$	45,0	5,14	-0,349	0,62*	2,60
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	19,2	0,76	-0,0033	0,76*	3,91
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	20,82	1,72	-0,0172	0,66*	2,95

*Ryšys patikimas esant 95 % tikimybės lygiui
Correlation significant at 95 % probability level

Bulvių gumbų, kaip ir žieminių kviečių grūdų, derliaus priklausomumas nuo judriojo fosforo kiekio dirvožemyje panašus. Tačiau bulvėms labiau išryškėjo šio elemento, nustatyto 0,01M $CaCl_2$ ir 0,03 % $MgSO_4$ ištraukose, reikšmė. Gumbų derliaus koreliaciniai ryšiai gauti stiprūs – $\eta = 0,56$ ir $\eta = 0,70$.

Dulkiško priemolio rudžemyje nuo dirvožemio fosforingumo labiausiai priklausė miežių grūdų derlius ir tarp jų koreliaciniai ryšiai dažniausiai buvo patikimi. Stipresni jie gauti nustatant fosforą dirvožemyje A-L metodu ($\eta = 0,79$), 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ($\eta = 0,75$) ir 0,03 % $MgSO_4$ ($\eta = 0,71$) ištraukose.

Judriojo fosforo kiekių nustatymo tikslumas, analizuojant dirvožemį skirtingais tirpikliais. Siekiant įvertinti dirvožemyje esančio judriojo fosforo analizių tikslumą tirtiems tirpalams, apskaičiuotos santykinės išplėstinės neapibrėžties reikšmės. Atliktų tyrimų duomenimis, dirvožemį išanalizavus A-L metodu, neabibrėžtis gauta pati mažiausia – 7,9-9,5 %, ir nuo dirvožemio fosforingumo nepriklausė (5 lentelė). Žymiai didesnė (28,7-40,5 %) neabibrėžtis nustatyta dirvožemį analizuojant 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ištraukoje.

Ekstrahuojant fosforą 0,01M $CaCl_2$ tirpalu, jo ištirpsta mažiau negu kitose ištraukose. Išplėstinės neapibrėžties rezultatai gauti panašūs, kaip ir 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ištraukoje, tačiau esant didesnei fosforo koncentracijai, neapibrėžtis yra santykinai mažesnė. Analizuojant fosforą 0,01M $CaCl_2$

tirpale, nustatomas lengviausiai augalų pasisavinamas fosforas, todėl šis metodas geriau tinka kasmetiniam fosforo kiekiui dirvožemyje nustatyti.

5 lentelė. Judriojo fosforo vidutiniai kiekiai (mg kg^{-1}) ir išplėstinė neapibrėžtis (U %) dirvožemyje

Table 5. *The amount of available phosphorus (mg kg^{-1}) in the soil and its uncertainty (U %) mg kg^{-1}*

Tirpikliai *Solutions*	K_1*	K_2*	K_3*
	P_2O_5 mg kg^{-1}±U%		
A-L	10,5±9,5	173,6±8,5	482,3±7,9
2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$	7,4±40,5	33,1±34,7	113,4±28,7
0,01M $CaCl_2$	0,38±18,4	1,0±40,0	2,5±28,0
0,03 % $MgSO_4$	1,9±63,2	6,4±28,1	22,3±15,2
buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4.65*	5,7±29,8	107,3±18,0	240,8±28,8
buferinis tirpalas, pH 7,0 *buffer solution, pH 7.0*	3,1±51,6	50,0±21,6	102,7±31,2

*Analizių kokybei užtikrinti naudotos skirtingos koncentracijos antrinės pamatinės medžiagos
Secondary foundation different concentration materials were used for quality assurance of analyses

Nustatant judrųjį fosforą dirvožemyje 0,03 % $MgSO_4$ ištraukoje, gaunami didesni kiekiai negu 0,01M $CaCl_2$, tačiau mažesni negu kitose tirtose ištraukose. Mažo fosforingumo dirvožemiuose santykinė neapibrėžtis gauta net 63,2 %, nors esant dideliam fosforo kiekiui dirvožemyje, ji sumažėja iki 15,2 %. Todėl šis, paprastas ir pigus metodas geriau tiktų geresnio sukultūrinimo lygio, su didesniu judriojo fosforo kiekiu, dirvožemiams analizuoti.

Dirvožemio ėminius ekstrahuojant buferiniame tirpale – pH 4,65, analizių tikslumo neapibrėžtis gauta tik 18,0-29,8 %. Todėl šis metodas taip pat neblogai tiktų judriojo fosforo kiekiui nustatyti dirvožemyje.

Analizuojant buferiniame tirpale pH 7,0 vidutinio ir didelio fosforingumo dirvožemius, santykinė neapibrėžtis buvo 21,6-31,2 %, tačiau dirvožemyje fosforo esant mažai, ji siekė net 51,6 %. Todėl šis metodas blogiau tinka mažo fosforingumo dirvožemiams analizuoti.

Dirvožemio judriojo fosforo nustatymo metodų vertinimas. Parenkant tinkamiausius fosforo analizavimo dirvožemyje metodus, būtina atsižvelgti į metodo universalumą, paprastumą, juo atliekamų analizių tikslumą, judriojo fosforo kiekio koreliaciją su žemės ūkio augalų derliumi.

Pagal šiuos kriterijus pirmenybę reikėtų teikti acetato-laktato ištraukai (A-L metodas). Fosforo kiekiui dirvožemyje analizuoti tiktų ir buferinis tirpalas, pH 4,65. Šis metodas yra palyginus tikslus, o juo nustatytas fosforo kiekis gerai koreliuoja su žemės ūkio augalų derliumi. Siekiant tiksliau diagnozuoti augalų trėšimą fosforu, lengvai augalų pasisavinamo fosforo kiekiui geriau sukultūrintuose, didesnį judriojo fosforo kiekį turinčiuose dirvožemiuose nustatyti, galima naudoti ir 0,03 % $MgSO_4$, o atliekant kasmetinius fosforo tyrimus – 0,01M $CaCl_2$ tirpiklį.

6 lentelė. Judriojo fosforo (P_2O_5) kiekio įvertinimas skirtingose ištraukose mineraliniame dirvožemyje

Table 6. *Estimation of the amount of available phosphorus (P_2O_5) in different solutions in mineral soil*

Fosforingumo vertinimas *Estimation of phosphorus availability*	Tirpikliai / *Solutions*				
	Acetatinis-laktatinis *Acetate-lactate*	0,03 % $MgSO_4$	0,01M $CaCl_2$	buferinis tirpalas, pH 4,65 *buffer solution, pH 4,65*	2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$
Labai mažas / *Very low*	0-50	0-3,5	0-0,25	0-25	0-15
Mažas / *Low*	51-100	3,6-7,0	0,26-0,50	26-50	16-25
Vidutinis / *Medium*	101-150	7,1-10,0	0,51-0,75	51-75	26-35
Fosforingas / *Sufficient*	151-200	10,1-14,0	0,76-1,00	76-100	36-50
Didelis / *High*	201-300	14,1-20,0	1,01-1,50	101-150	51-75
Labai didelis / *Very high*	>300	>20	>1,5	> 150	>75

Remiantis atliktų tyrimų duomenimis, 6-oje lentelėje pateiktos dirvožemio fosforingumo, nustatyto kitais siūlomais metodais, vertinimo skalės.

Išvados

Tinkamiausio analizavimo metodo parinkimui judriojo fosforo kiekiams dirvožemyje analizuoti buvo naudoti acetato-laktato (A-L metodas); 2 % $NaHCO_3$ + 0,76 % $(NH_4)_2SO_4$, 0,01M $CaCl_2$; 0,03 % $MgSO_4$; 0,5M CH_3COONH_4 + 0,05M CH_3COOH + 0,02M Na_2EDTA (pH 4,65) ir 0,5M CH_3COONH_4 + 0,05M CH_3COOH + 0,02M Na_2EDTA (pH 7,0) tirpalai.

1. Išanalizavus dirvožemius skirtingais tirpikliais, daugiausia judriojo fosforo nustatyta A-L ištraukoje.

2. Judriojo fosforo kiekiai dirvožemyje, nustatyti įvairiose ištraukose, skirtingai koreliavo su šio elemento kiekiu, gautu iki šiol Lietuvoje naudojamoje acetato-laktato ištraukoje. Tampriausias koreliacinis ryšys (η = 0,68) nustatytas dirvožemį išanalizavus buferiniuose pH 4,65 ir pH 7,0; silpnesnis (η = 0,54) – 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ir silpniausias (η = 0,42-0,46) – 0,01M $CaCl_2$ ir 0,03 % $MgSO_4$ tirpaluose.

3. Smėlingo priemolio dirvožemyje esminiai, dažniausiai ir stipriausi (η = 0,64-0,82) koreliaciniai ryšiai tarp žemės ūkio augalų derliaus bei vidutinio apykaitos energijos kiekio sėjomainoje ir fosforo kiekio dirvožemyje gauti, kai šis elementas buvo nustatytas acetatinėje-laktatinėje, o silpnesni (η = 0,60-0,73) – 2 % $NaHCO_3$+0,76 % $(NH_4)_2SO_4$ ištraukoje. Įvairių augalų derlius labai skirtingai koreliavo su judriojo fosforo kiekiu dirvožemyje, nustatytu silpnose 0,01M $CaCl_2$ ir 0,03 % $MgSO_4$ ištraukose.

4. Dulkiškame priemolyje žemės ūkio augalų derliaus priklausomumo ryšiai su skirtingais metodais nustatytu judriojo fosforo kiekiu dirvožemyje atskirais atvejais (auginant vienametes žoles) gauti kiek silpnesni negu smėlingame, išskyrus buferinį, pH 4,65 ir pH 7,0 ir iš dalies acetatinį-laktatinį tirpalą.

5. Išanalizavus dirvožemį A-L metodu, gauta pati mažiausia (7,9-9,5 %) išplėstinė apibrėžtis.

6. Atsižvelgiant į metodo universalumą ir juo atliekamų analizių tikslumą, taip pat ir šiuo metodu nustatyto judriojo fosforo kiekio geresnę koreliaciją su žemės ūkio augalų derliumi, pirmenybę reikėtų teikti acetato-laktato ištraukai (A-L metodas). Greta šios ištraukos galima naudoti buferinio tirpalo, pH 4,65; o gerai sukultūrintuose dirvožemiuose – 0,03 % $MgSO_4$ ištraukas. Nustatant dirvožemio judriojo fosforo kiekio kaitos tendencijas ir įvertinant kasmetinio tręšimo įtaką šio rodiklio pokyčiui tiktų 0,01M $CaCl_2$ tirpalas.

Gauta 2005 09 15
Pasirašyta spaudai 2005 10 25

LITERATŪRA

1. Bar-Yosef B. Root excretions and their environmental effects – Influence on the availability of phosphorus. In Plant Roots: The Hidden Half / Second edition, eds. Y.Waisel, A.Eshel, U.Kafkafi. - New York: Dekker, 1996, p.581-604

2. EURACHEM/CITAC Guide CG4, Quantifying uncertainty in analytical measurements / Second edition. - 2000. - 120 p.

3. Dospechov B.A. Metodika polevogo opyta. - Moskva, 1985, s.167-310. - Rus.

4. Edinger E. „Weche Metode ist" richtigr. Bodenuntersuchung. „Winzer". - 1978, 134, No.6, s.6-7

5. Fernandes M.L., Calouro F., Indaiti R., Barros A.M. Evaluation of soil test methods for estimation of available phosphorus in some Portuguese soils: A greenhouse study // Commun. Soil sci.plant anal., 31(15&16), 2535-2546 (2000)

6. Gardner W.K., Parbery D.G., Barber D.A., Swinden L. The aquisition of phosphorus by Lupinus albus L. v. the diffusion of exudates away from roots: A computer simulation. Plant and soil. - 1983, 72:13-29

7. Grinhof I. G. Spravočnik agronoma po sel'skochozjajstennoj meteorologii. - Leningrad: Hidrometeoizdat, 1986. - 521 s. - Rus.

8. Hofman G. Proposal of animal manure management in Flanderes (Belgiuk). Soil Fertility and Fertilizer management. Bridge between Science, Industry and Practice. 9th International symposium of CJEC, 1995. - Turkey, p.27-33

9. Hynlauder Lars D., Stevenson Hars-Ivar, Siman Gyula. Different methods for determination of plant available soil phosphorus: Int. Symp. Soil Test and Plant Anal. Quality Soil and Plant Anal. View Sustainable Agr. And Environ., Wageningen, Aug, 5-10, 1995. Pt.1 Commun. Soil Sci. And Plant Anal. -1996-27, Nr. 3-4, Pt.2. - 234 p.

10. Iamuremye F., Dick. R. P. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. Advances in Agronomy. - 1996, No.56, p.139-185

11. Jankauskas B, Jankauskienė G., Švedas A. Derliaus energetinio įvertinimo metodų patikslinimas // Lietuvos žemdirbystės instituto užbaigtų tiriamųjų darbų konferencijos pranešimai. - Akademija, 1999, Nr.31, p.63-65

12. Kačinskij N. K. Fizika počvy. - Maskva, 1965, s.132-147. - Rus.

13. Mengel K., Kirkby E. A. Principles of Plant Nutrition / Third edition. - Bern: International Potash Institute, 1987. - 487 p.

14. Methods of soil and plant analysis. MTTV-Jokionen. - Finland, 1986, p.1-45

15. Perez M. J. Comparicion de cuatro metodes extractante, de fosforo de differentes graduos de solubidad. Agron. Trop., venez. - 1995, No.4, s.507-526

16. Pliupelytė E. A. Vybor i ocenka naibolee priemlevogo metoda opredelenija usvojaemogo rastenijami fosfora i kalija v različnych počvach Litovskoj SSR: rasširitel'nyj avtoref. kand. s.-ch. nauk. - Kaunas, 1974. - 47 s. - Rus.

17. Počvy, metody analiza. - Moskva, 1984. - 55 s. - Rus.

18. Procedures for Soil Analysis. ISRIC. - Wageningen, 1995, p.1-6

19. Rybakova B.A., Šafarian E.M., Karpuchina A.I. Sovreme'nyje metody opredelenija i podvižnyj fosfor v počvach (Obzornaja literatūra). - Maskva: VASCHNIL, 1981, 48 s. - Rus.

20. Simonis A.D. Int. Symp. Soil Test and Plant Anal. Quality Soil and Plant Anal. View Sustainable Agr. And Environ. Wageningen, Aug. 5-10, 1995, Pt. 1. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. - 1996, Vol.27, No.3-4, Pt.2, p.665-684

21. Soil Survey Laboratory Methods Manual // Soil Survey Investigations report. - 1996, No.42, p.31-76

22. Stevenson F.J., Cole M.A.. Cyples of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur and Microelements / Second editon. - New York: John Wiley & Sons, 1999. - 384 p.

23. Vaišvila Z. Judriųjų azoto, fosforo ir kalio įtaka žemės ūkio augalų mitybai: habil. darbas. - Dotnuva-Akademija, 1996, p.56-74

24. Zbiral Jiri. Determination of phosphorus in calcerous soils by Mechlich 3, Mechlich 2, CAL and Egner Extractants // Commun. Soil plant anal., 31(19&20), 3037-3048 (2000)

ISSN 1392-3196
Agriculture. Scientific Articles, 2005, 4, 92, 20-35
UDK 631.811:631.44

ASSESSING OF PHOSPHORUS AMOUNT IN SOIL USING DIFFERENT METHODS AND THEIR SUITABILITY FOR LITHUANIAN SOILS

J. Mažvila, A. Antanaitis, J. Arbačiauskas, J. Lubytė, T. Adomaitis, Z. Vaišvila

Summary

The most suitable soil mobile phosphorus analysis method was selected after evaluation of the following solutions: acetate-lactate (A-L method); 2 % $NaHCO_3$ + 0.76 % $(NH_4)_2SO_4$, 0.01M $CaCl_2$; 0.03 % $MgSO_4$; 0.5M CH_3COONH_4 + 0,05M CH_3COOH + 0.02M Na_2EDTA (pH 4.65) ir 0.5M CH_3COONH_4 + 0.05M CH_3COOH + 0.02M Na_2EDTA (pH 7.0).

Correlation analysis between A-L method and others used in this study revealed the relationships of different degree. The results of soil analysis using buffer solvents pH 4.65 and pH 7.0 had the most resilient relationship (η = 0.68); 2 % $NaHCO_3$+0.76 % $(NH_4)_2SO_4$ solvent – less resilient relationship (η = 0.54) and 0.01M $CaCl_2$ and 0.03% $MgSO_4$ solvent – the weakest relationship (η = 0.42-0.46).

Correlation between the crop production and average metabolic energy amount in crop rotation and the amount of phosphorus in sandy loamy soil was substantial and generally the strongest (η = 0.64-0.82) when phosphorus amount was measured using acetate-lactate extract. In the case of 2 % $NaHCO_3$+0.76 % $(NH_4)_2SO_4$ extract the correlation was less (η = 0.60-0.73). Correlation between the soil phosphorus amount measured in 0.01M $CaCl_2$ ir 0.03 % $MgSO_4$ extracts and the yield of different crops depended strongly on the species of crop.

Agricultural crops production relationship with the amount of phosphorus in dusty loamy soil generally was weaker than in sandy loamy soil. Annual grass production relationship is the most striking example here: the correlation was substantial only when the buffer (pH 4.65 ir pH 7.0) and – partly – the acetate-lactate solutions were used.

Based on the results of evaluation of method universality, precision of analyses and correlation level between the crop production and the measured amount of mobile phosphorus, the method using acetate-lactate extract (A-L method) should be preferred. The second best is buffer solution pH 4.65. 0.03 % $MgSO_4$ extract is suitable for soils rich in phosphorus. 0.01M $CaCl_2$ solvent is suitable for yearly assessment of phosphorus amount in soil.

Key words: phosphorus analysis methods, soil, plants.