

## A talaj könnyen oldható P-tartalmának meghatározására használt kivonószerek vizsgálata

### I. Az AL-, DL-, CAL-, Bray I-, $\text{NaHCO}_3$ -os, $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ -os és $\text{CaCl}_2$ -os kivonószerek vizsgálata közvetlen kioldással

FÜLEKY GYÖRGY

*MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest*

A műtrágyázási szaktanácsadásban a megfelelő talajvizsgálati módszer kiválasztása döntő fontosságú kérdés. Közismert, hogy a talajtulajdonságok néha jelentősen befolyásolják a kivonószerek oldó hatását, illetve a kivonószerek másképpen viselkednek eltérő tulajdonságokkal rendelkező talajokon. A különböző kivonószerek hatásmechanizmusának ismeretében könnyebb eldönteni, hogy melyik módszer alkalmazása a legcélszerűbb.

Vizsgálataimban egyrészt arról kívántam tájékozódni, hogy a különböző kivonószerek hazai talajokon mely szervesetlen foszforvegyületekből oldják a foszfort, másrészt vizsgálni kívántam, hogy miként hat a talaj  $\text{CaCO}_3$  tartalma és a P-trágyázás az oldásra. Vizsgálat tárgyává a következő kivonószerek viselkedését tettem: ammóniumlaktát (AL), kettőslaktát (DL), kalcium-ammóniumlaktát (CAL),  $\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$  és  $\text{CaCl}_2$  oldatok [4]. A felsorolt kivonószerek legtöbbjét SARKADI [11] részletesen jellemezte. BRAY [cit. in 7] szerint egy ideális kivonószernak oldania kell a tápanyag növény számára felvehető formáját vagy annak arányos részét a különböző tulajdonságokkal rendelkező talajokból. Szerinte a különböző kivonószerekkel oldott P mennyisége a talajra jellemző foszforvegyülettől függ. Általában a kivonószerek — a kivonószerek jellege szerint — a foszforvegyületek egyikét oldják. CHANG és JUO [2] szerint minden talajon egy-két foszforvegyület felelős a növények foszforral történő ellátásáért. Szerintük, ha azt a kivonószert választjuk, amely az illető típusra leginkább jellemző foszforvegyületet oldja, akkor a módszer jól jellemzi a talajban levő felvehető foszfor mennyiségét. Más szerzők [2, 6] szerint valamely kivonószernel kivont foszfor mennyisége a Ca-, Al- és Fe-foszfátok arányától és ezek oldhatóságától függ. DU PLESSIS és BURGER [cit. in 14] szerint az a kivonószerek jó, amelyek a főleg Ca-foszfátokat tartalmazó talajokból Fe- és Al-foszfátokat, a Fe- és Al-foszfátokban gazdag talajokból pedig Ca- és Al-foszfátokat old. ZUBBISKY [19] megállapítja, hogy általában a legtöbb kivonószerek megfelelő képet nyújtanak a foszfor felvehetőségéről, ha a vizsgált talajok tulajdonságai hasonlóak.

A fenti probléma vizsgálatára két megközelítési mód látszik lehetségesnek: egyrészt a közvetlen módszer, amikor különböző összetételű, koncentrációjú és pH-jú oldatok hatására vizsgáljuk a szervesetlen foszfátfrakciók mennyiségében bekövetkezett változásokat, másrészt a közvetett eljárás korrelációs számítással. Ez utóbbiról részletesen egy későbbi dolgozatban fogok beszámolni. A közvetlen módszerrel kapott eredmény lenne a bizonyítóbb leválása, azonban az oldás során oldódott foszfor oldhatatlan formában történő leválása, esetleg újabb felületek szabaddá válása, eddig nem oldható foszforvegyületek oldódása akadályozza, hogy teljesen tiszta képet nyerjünk [6]. SRIVASTAVA [15] és WERNER [18] is végzett ezirányú vizsgálatokat és megállapították, hogy az Olsen féle  $\text{NaHCO}_3$ -os kivonószer általában az Al- és Fe-foszfátokat oldotta. A gyengén kötött (I frakció) foszfátok mennyiségének csökkenését is tapasztalták abban az esetben, ha a frakció eredetileg sok foszfort tartalmazott és a talajban a Ca-foszfátok domináltak. A Bray I kivonószer szintén elsősorban az Al-foszfátot oldotta. A savas kémhatású nem pufferolt kivonószer, valamint a pufferolt DL-oldat elsősorban a Ca-foszfátot, emellett az utóbbi az Al-foszfátot is oldotta. Savas kémhatású kivonószereknél, így a DL-oldat esetében is, kevésbé oldható P-műtrágya alkalmazásakor az oldás majdnem kizárólag a Ca-foszfát frakció P-tartalmából történt. Eredményeik alapján azt a hipotézist állították fel, hogy az Al-foszfátok mellett könnyen oldható Ca-foszfátokat tartalmazó Chang – Jackson féle II frakció relatív jobb oldhatósága a vizsgált kivonószerekben tükrözi ezek könnyebb felvehetőségét és feltehető, hogy a növények is elsősorban e frakció P-tartalmából táplálkoznak.

### Anyagok és módszerek

A tanulmányozott módszerek a következők voltak:

*AL módszer:* A kivonószer ammóniumlaktátra nézve 0,1 n, ecetsavra 0,4 n, pH értéke 3,75. 5 g talajt 100 ml oldattal rázattam 2 órán keresztül. A kivatolt foszforkoncentrációját ammóniummolibdenát – ónklorid-aszkorbinsavas eljárással határoztam meg [12].

*DL (kettős laktát) módszer:* A kivonószer kalciumlaktátra nézve 0,04 n, sósavra vonatkozóan 0,02 n, pH értéke 3,7. 5 g talajt 250 ml oldattal rázattam 1,5 órán keresztül. A szűrletből a foszfort az előzőek szerint határoztam meg [12].

*CAL módszer:* A kivonószer kalciumlaktátra nézve 0,1 n, kalciumacetátra 0,1 n és ecetsavra vonatkozóan 0,3 n, pH értéke 4,1. 5 g talajt 100 ml oldattal 2 órán keresztül rázattam. A foszfort molibdénsárga módszerrel határoztam meg [13].

*Bray módszer:* A BRAY féle I kivonószer ammóniumfluoridra nézve 0,03 n, sósavra vonatkozóan pedig 0,025 n. 1 g talajt 10 ml oldószerezrel rázattam 1 percig [1, 7]. A szűrletből a foszfort MURPHY – RILEY módszerrel határoztam meg, a fluorid zavarását bórsav adagolásával szüntettem meg [9].

*Olsen féle módszer:* A kivonószer 0,5 n  $\text{NaHCO}_3$ -ra vonatkozóan, pH értéke 8,5. 5 g talajt 100 ml oldattal rázattam 30 percen keresztül. A kivatból a foszfort MURPHY – RILEY módszerrel határoztam meg [9, 10, 17].

*Módosított Olsen féle módszer:* A kivonószer  $\text{NaHCO}_3$ -ra nézve 0,5 n, ammóniumfluoridra vonatkozóan szintén 0,5 n, pH értéke 8,5. 1 g talajt 50 ml oldattal rázattam 1 órán keresztül. A kivatból a foszfort MURPHY – RILEY

1. táblázat  
A vizsgált talajok néhány fontosabb jellemzője

(1) Száma	(2) Helye	(3) Típusa	(4) Fizikai talaj- féleség	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	(5) γ <sub>1</sub>	CaCO <sub>3</sub> %	(6) Humusz %	
10	Karcag	a) réti	a-v	6,3	5,2	9,6	—	3,4	
11	Karcag	csernozjom		6,2	4,9	9,5	—	3,2	
12	Karcag			6,0	5,1	12,2	—	3,4	
20	Keszthely	b) Raman-féle	h-v	6,8	5,8	5,0	—	2,0	
22	Keszthely	barna erdőtalaj		6,6	5,6	4,8	—	2,0	
31	Mmagyaróvár	c) öntéstalaj	h-v	7,8	7,2	—	23,0	2,0	
32	Mmagyaróvár			7,7	7,3	—	23,3	2,4	
40	Hosszúhát	d) réti talaj	a-v	7,6	7,0	2,2	1,2	3,9	
41	Hosszúhát			6,0	5,2	12,8	—	3,8	
42	Hosszúhát			5,7	5,0	13,2	—	4,0	
51	Putnok	e) csernozjom	v	6,5	5,5	8,0	—	2,3	
52	Putnok	barna erdőtalaj		6,5	5,4	11,0	—	2,4	
61	Nagykanizsa	f) agyagbemosódásos	h-v	5,6	4,5	10,0	—	1,6	
62	Nagykanizsa			barna erdőtalaj	5,8	4,7	10,5	—	1,7
71	Kompolt	e) csernozjom	a-v	5,6	4,5	19,0	—	3,8	
72	Kompolt			barna erdőtalaj	5,6	5,0	20,0	—	3,3
80	Nagyhőrsög	g) mészlepedékes	v	7,8	7,3	—	4,6	3,4	
81	Nagyhőrsög			csernozjom	7,8	7,3	—	4,2	3,4
82	Nagyhőrsög				7,8	7,3	—	5,2	3,5
91	Kecskemét	h) futóhomok	h	7,9	7,6	—	4,1	1,0	
92	Kecskemét			7,9	7,7	—	5,0	1,4	
100	Martonvásár	i) erdőmaradványos	v	7,7	7,1	—	1,1	2,8	
102	Martonvásár			csernozjom	7,6	7,0	—	1,7	2,7
103	Martonvásár				6,2	5,3	11,5	—	3,0

A talajminta számában az első számjegy a minta származási helyére utal, a második számjegy pedig a trágyázást jelöli. 0 = 4 évig trágyázatlan, kivéve Martonvásárt, ahol 16 évig trágyázatlan; 1 = 4 év alatt 450 kg N/ha, 320 kg K<sub>2</sub>O/ha; 2 = 4 év alatt 600 kg N/ha, 580 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 640 kg K<sub>2</sub>O/ha, kivéve Martonvásárt, ahol 102 = 16 év alatt 1750 kg N/ha, 920 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha és 1500 kg K<sub>2</sub>O/ha, 103 = 16 év alatt 1630 kg N/ha, 1100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha és 1020 kg K<sub>2</sub>O/ha.  
a-v = agyagos vályog; h-v = homokos vályog; v = vályog; h = homok.

módszerrel határoztam meg, a fluorid zavarását bórsav adagolásával szüntetem meg [8].

*CaCl<sub>2</sub>-os módszer:* Az oldást 0,01 mólos CaCl<sub>2</sub> oldattal végeztem. 1 g talajt 50 ml CaCl<sub>2</sub> oldattal 1 órán keresztül rázattam. A kivonatból a foszfort MURPHY-RILEY módszerrel határoztam meg.

A Chang-Jackson féle négy frakció - I = gyengén kötött, adszorbeált foszfátok, II = Al- és könnyen oldható Ca-foszfátok, III = Fe-foszfátok, IV = nehezen oldható Ca-foszfátok - meghatározását a korábban közölt módosítás szerint végeztem el [5]. A talajok CaCO<sub>3</sub>, pH, hidr. ac. és humusz tartalmát a Talaj és trágyavizsgáló módszertkönyv [16] szerint, az összes foszfort pedig kénsav-hidrogénperoxidos roncsolás után MURPHY-RILEY módszerrel határoztam meg [3].

Vizsgálataimhoz az ország 10 helyéről — elsősorban az egységes országos műtrágyázási tartamkísérletek parcelláinak szántott rétegéből — származó talajmintákat használtam. A vizsgált talajok néhány fontosabb tulajdonságát az 1. táblázat tartalmazza. A táblázatokban feltüntetett minden vizsgálati eredmény legalább két párhuzamos mérés átlaga.

## 2. táblázat

A vizsgált talajok szervesetlen foszfátfrakcióinak mennyisége és összes foszfortartalmuk (ppm P)

(1) Szám	(2) Frakció				(3) I—IV frakció összege	(4) Összes-P
	I	II	III	IV		
10	0,9	23,8	57,8	96	178	582
11	0,7	14,3	44,7	89	149	568
12	1,3	34,3	72,0	115	223	650
20	0,7	13,7	36,7	185	237	628
22	0,6	19,0	46,8	217	284	684
31	8,0	16,5	8,5	426	459	802
32	17,6	25,2	7,1	443	493	922
40	1,7	24,0	26,7	230	283	608
41	1,1	22,0	40,3	108	171	498
42	2,5	49,5	73,8	111	237	612
51	1,1	16,8	58,0	53	129	530
52	1,4	27,0	83,0	58	169	580
61	1,0	27,0	104,0	110	242	588
62	2,1	43,5	102,0	105	253	610
71	1,1	30,2	88,0	56	175	588
72	1,3	46,7	95,3	26	169	578
80	1,6	18,0	8,8	412	441	988
81	1,7	14,5	8,2	419	444	1032
82	8,4	42,0	8,2	434	492	1040
91	8,2	18,5	8,0	170	205	344
92	41,0	43,0	11,5	193	289	452
100	1,6	22,0	21,0	267	312	653
102	2,5	31,5	23,5	299	357	677
103	2,2	51,5	60,0	280	394	747

A közvetlen kioldásos módszer alkalmazása során az egyes talajmintákban meghatároztam a szervesetlen foszfátfrakciók mennyiségét (2. táblázat), majd új mintákat először adott kivonószerrel rázattam és meghatároztam a könnyen oldható foszfort (3. táblázat), ezután pedig ugyanezen mintákban határoztam meg a szervesetlen foszfátfrakciók mennyiségét. A kivonószeres oldás nélkül, illetve az oldás után meghatározott frakciók mennyiségének különbségéből következtetéseket vontam le arra vonatkozóan, hogy az egyes kivonószerrek mely szervesetlen foszforvegyületekből oldják a foszfort.

## Eredmények és értékelésük

A közvetlen kioldásos módszertől az lenne várható, hogy valamely kivonószerrel történt oldás után az egyes frakciók a kivonószer jellegének — például pH-jának, sókoncentrációjának, a kísérő ionok minőségének és mennyi-

ségének, valamint a talaj tulajdonságainak így  $\text{CaCO}_3$  tartalmának, Ca-ion telítettségének, Fe-, Al-ion és kolloid tartalmának — megfelelően lecsökkennek. Vizsgálataimból azonban kitűnt, hogy nemcsak csökkenés léphet fel kivonószeres kezelés után az egyes frakciók mennyiségében, hanem növekedés is, vagy pedig egyáltalában nem tapasztalunk változást némely frakció meny-

3. táblázat

A vizsgált kivonószerekkel kioldott P (ppm):

(1) Szám	(2) Ammónium- laktát (AL)	(3) Kettős- laktát (DL)	(4) Kalcium- ammónium laktát (CAL)	$\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$	$\text{NaHCO}_3$	$\text{NaHCO}_3 +$ $+ \text{NH}_4\text{F}$	$\text{CaCl}_2$
10	14,2	11,0	10,0	15,0	8,9	27,0	0,4
11	7,2	2,1	6,1	8,7	5,6	17,0	0,5
12	23,8	18,0	19,0	26,0	15,0	42,0	0,8
20	10,6	3,7	6,8	8,6	5,4	16,0	0,7
22	20,5	9,7	11,0	12,0	7,0	20,0	1,0
31	53,0	19,0	37,0	2,8	12,0	41,0	1,3
32	82,2	36,0	58,0	5,7	20,5	61,0	3,4
40	38,5	29,0	24,0	14,0	9,6	35,0	1,0
41	19,5	14,0	14,0	16,0	10,2	28,0	0,6
42	46,8	42,0	40,0	45,0	26,0	67,0	1,4
51	7,4	2,3	9,1	10,0	8,0	24,0	0,6
52	21,2	16,0	20,0	21,0	15,0	44,0	0,7
61	16,5	10,1	14,0	19,0	11,5	41,0	0,9
62	28,8	20,5	24,0	30,0	18,5	58,0	1,0
71	18,8	12,0	18,0	20,0	11,5	44,0	0,8
72	33,2	26,0	28,0	33,0	20,5	66,0	1,1
80	29,5	18,0	15,0	8,4	4,9	26,0	0,6
81	25,8	16,0	13,0	6,2	4,4	22,0	0,7
82	55,5	46,0	40,0	26,0	18,6	53,0	1,5
91	45,8	42,0	34,0	16,0	8,4	33,0	1,3
92	127,8	108,0	100,0	19,0	39,4	90,0	5,7
100	24,2	20,0	18,0	12,0	7,8	31,0	0,8
102	37,8	34,0	31,0	21,0	13,6	46,0	1,1
103	42,5	35,0	34,0	45,0	24,1	61,0	1,9

nyiségében vagy a frakciók összegében, annak ellenére, hogy a kivonószer számottevő mennyiségű foszfort oldott előzőleg a talajból. A létrejövő változás — csökkenés, illetve növekedés — a kivonószer oldó hatása mellett a következő folyamatok eredményeként tekinthető:

1. A kivonószer hatására feloldódott foszfátok egy része ismét leválik, és az eredeti származásától eltérő frakcióban lesz kimutatható. Ez a változás a négy vizsgált frakció összegezett megváltozását nem befolyásolja.

2. A kivonószer hatására feloldódott foszfátok egy része az összes frakcióban kimutathatatlanul válik, csökken a kivonószeres oldás után a négy frakcióban kimutatható P mennyisége.

3. A kivonószer hatására a korábban oldhatatlan formák is oldhatóak lesznek és valamelyik frakció meghatározásakor feloldódnak. Ezáltal a kivonószeres kezelés után kimutatható foszfor mennyisége megnövekedik az eredeti értékhez képest.

Az oldás során legtöbbször ennek a három folyamatnak mindegyike szerepet játszik és a kapott eredmény a viszonylag ellentétes folyamatok eredményének tekinthető. Ezért találták eddig [6] nehezen értelmezhetőnek a fenti módszerrel kapott eredményeket. Eredményeim arra utalnak, hogy a módszer a nehézségek ellenére alkalmas az oldás okozta legjelentősebb változások kvalitatív jelzésére. A fenti megállapításokból következik, hogyha valamely frakció foszfortartalmában csökkenést tapasztalunk a kivonószeres oldás után, akkor ott feltétlenül csökkenés volt az elsődleges változás. Ha emellett volt újraleválás, akkor is kisebb mértékű lehetett a csökkenésnél. Amennyiben az eredő változás növekedés volt, akkor az előbbieket fordítottja igaz.

A közvetlen kioldásos módszer esetében a megfelelő előjellel feltüntetett változásokat kivonószerenként, mészállapot és foszfortrágyázás szerint csoportosítottam és a következtetéseket az így kialakult szempontok szerint, a változások tendenciájából vontam le. Az egyes adatok bonyolult értelmezhető-sége miatt az átlagokra számoltam szignifikanciát.

#### a) *A szervesetlen foszfátfrakciók mennyiségének változása*

Azokban az esetekben, amikor a talaj eredetileg viszonylag kevés foszfort tartalmazott az I frakcióban (nem karbonátos talajok esetében), a frakció P-tartalma a kivonószeres oldás során megnövekedett, viszont, amikor a talajok sok foszfort tartalmazott az I frakcióban (karbonátos, P-ral trágyázott talajok (legtöbbször csökkenést tapasztaltam a kivonószeres oldás után (1/I. ábra). Az Olsen féle kivonószernél és a  $\text{CaCl}_2$  esetében majd minden talaj esetében csökkenést mértem és ez nyilván összefüggésben van a kivonószerek tulajdonságaival.

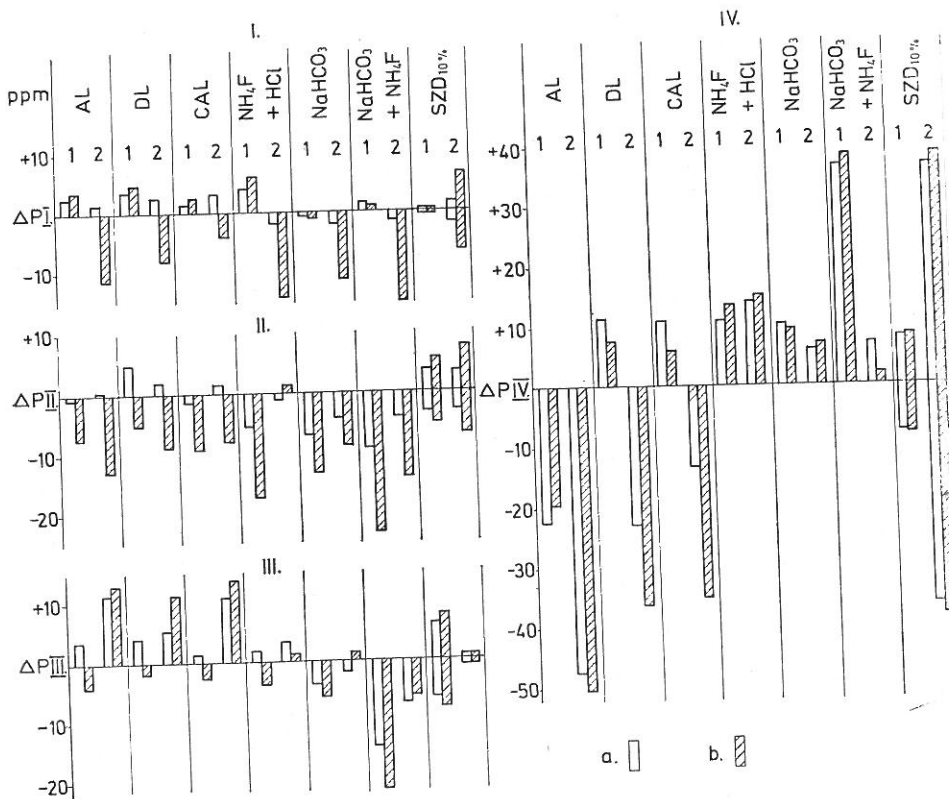
Az I frakciónál azt várnánk, hogy egyértelmű csökkenés lép fel a kivonószeres oldás után, mivel ez a frakció a legkönnyebben oldható foszfort tartalmazza. Sok esetben azonban növekedést tapasztaltam. Ez a legtöbb esetben nem volt szignifikáns. A növekedés azzal magyarázható, hogy a kivonószerben feloldódott foszfátok egyrésze még a rázatás során gyengén kötött, adszorbeált formában levált a talajrészek felületén, és így a kivonószeres oldást követő frakcionálásakor az I frakció mennyiségében növekedést okozott.

A II frakcióban levő foszfor mennyiségét (1/II. ábra) majd minden kivonószer szignifikánsan csökkentette a foszforral trágyázott talajok esetében. A négy vizsgált frakció közül ennek a mennyisége csökkent az összes kivonószer és talaj esetében a legkövetkezetesebben. A II frakció P-tartalmának jobb oldódása a kivonószerekben utalás arra, hogy a növények számára rendelkezésre álló foszfor-készlet nagyrészt a II frakcióban található. Ez a kép jó összefüggésben van az irodalom adataival. Lugos kivonószerek után, valamint nem karbonátos talajok esetében a frakcióban levő foszforvegyületek mennyiségének csökkenése jelentősebbnek tűnik, mint savanyú kémhatású kivonószereknél és karbonátos talajoknál. Karbonátos talajoknál csak a foszforral trágyázott talajoknál figyelhetünk meg határozott csökkenést. Nem karbonátos talajok esetében viszont némely kivonószer, így az Olsen- és módosított Olsen féle, valamint a Bray I féle, még a P-ral nem trágyázott talajok esetében is csökkentette a frakció foszforvegyületeinek a mennyiségét. A legtöbbet az előbb említett kivonószerek oldották a II frakció P-tartalmából.

A III. frakció mennyiségében bekövetkező csökkenések általában nem szignifikánsak, az azonban így is látható (1/III. ábra), hogy nem karbonátos,

foszforral trágyázott talajokon a kivonószerek jelentős mennyiséget oldanak ebből a frakcióból. Elsősorban a lúgos kivonószerek képesek oldani, néhol a reálisnál többet is. Így például a módosított Olsen féle kivonószert a karbonátos kontrol talajokon is csökkentette a III frakció mennyiségét, jelezve, hogy olyan Fe-foszfátokat is old, amelyek az adott talajon feltehetően nem elsődleges növényi P források. Nem karbonátos talajokon a laktátos kivonószerek és a Bray I kivonószert is oldja a III frakció P-tartalmának bizonyos mennyiségét, feltehetően azt, ami éppen a P-trágyázás hatására jött létre.

A IV frakció mennyiségében (1/IV. ábra) a savanyú kémhatású kivonószerek okozta csökkenés főleg karbonátos talajokon mutatkozott meg. Nem karbonátos talajokon és lúgos kivonószereknél rendszerint növekedés volt tapasztalható. Az AL kivonószert kivétel, mivel az mind karbonátos, mind nem karbonátos talajoknál jelentősen csökkentette ennek a frakciónak a mennyiségét. A IV frakció mennyiségében a kivonószeres oldás után néhol megmutatkozó nagyfokú növekedés jó példa a már feloldódott P újraleválására a IV frakcióban. Vizsgált talajaink többsége úgy tűnik, hogy elegendő Ca-t tartalmaz ahhoz, hogy lehetővé tegye a Ca-foszfátok másodlagos leválását. Eb-



I. ábra

Az I, II, III és IV. frakció P-tartalmában bekövetkezett változás a kivonószeres kezelés hatására. 1 = nem karbonátos talajok; 2 = karbonátos talajok; a = P-ral nem trágyázott talajok; b = P-ral trágyázott talajok

ben a viszonylag nehezen oldódó frakcióban is megmutatkozott a P-trágyázás hatása, mégpedig olyan formában, hogy a P-ral trágyázott talajoknál sok esetben a kivonószerez oldás után nagyobb csökkenést vagy növekedést tapasztaltam, mint a P-ral nem trágyázott talajoknál. A frakció foszfortartalmában mért változások azonban sok esetben nem voltak szignifikánsak a meghatározások viszonylag nagy hibája következtében.

#### b) *A kivonószerek jellemzése*

A laktátos kivonószerek jelentős mennyiségű nehezen oldható Ca-foszfátot oldottak a karbonátos, P-ral trágyázott és nem trágyázott talajokból, valamint azokból a nem karbonátos talajokból, amelyek nagyobb mennyiségű Ca-foszfátot tartalmaztak. A legtöbbet az ammóniumlaktát oldat, valamivel kevesebbet a kettős laktát és kalcium-ammóniumlaktát oldat oldotta ki e frakció P-tartalmából. Az összes kivonószerek közül a legtöbb foszfort a talajokból. Az eredmények azt mutatják, hogy az AL-módszer karbonátos talajokon feltehetően túlbecsüli a talaj növények számára rendelkezésre álló P készletét. Az I frakció P-tartalmából elsősorban a karbonátos, a II frakcióból pedig a karbonátos és nem karbonátos P-ral trágyázott talajok esetében voltak ki jelentős mennyiséget a laktátos kivonószerek. A III frakció P-tartalmából csak nem karbonátos P-ral trágyázott talajoknál voltak képesek egy kis mennyiséget oldani a laktátos kivonószerek.

A Bray féle I kivonószerek a nem karbonátos talajokon elsősorban a II és III frakció foszfortartalmát csökkentette a P-ral trágyázott minták esetében. Karbonátos talajokon a csökkenés az I frakció P-tartalmában történt.

Az Olsen féle kivonószerek nem karbonátos talajokon a II és III frakció, karbonátos talajokon pedig az I és II frakció foszfortartalmát csökkentette. Nagy előnye ennek a kivonószereknek, hogy nem oldja a nehezen oldható Ca-foszfátokat sem a karbonátos, sem a nem karbonátos talajokon.

A módosított Olsen féle kivonószerek az eredetihez képest általában jóval több P-t old. A laktátos kivonószerek ellentétéként ez a kivonószerek olyan Fe- és Al-foszfátokat is oldatba visz, amelyeket a többi kivonószerek nem képesek oldani, például karbonátos, P-ral nem trágyázott talajokon a III frakció P-tartalmát. Ez arra utal, hogy e módszer is bizonyos szempontból túlbecsüli a talajnak a növény rendelkezésére álló P készletét. Egyébként a kivonószerek karbonátos talajokon az I, II és III frakció mennyiségét, nem karbonátos talajokon pedig a II és III frakció mennyiségét csökkentette.

A  $\text{CaCl}_2$ -os kivonószerek általában kismennyiségű P-t oldott, ezért az egyes frakciókban létrejött változások is elenyészően kicsik, így az ábrákon nem tüntettem fel a  $\text{CaCl}_2$  hatására bekövetkezett változásokat. A  $\text{CaCl}_2$  karbonátos talajokon az I frakció mennyiségéből képes P-t oldani.

#### c) *A talajok viselkedése*

Vizsgálataim során a talajokat a  $\text{CaCO}_3$  jelenléte alapján két csoportba osztottam: karbonátos és nem karbonátos talajokra. A kivonószerek oldó hatása szempontjából a talajok általában követték ezt a csoportosítást és viszonylag eltérő módon viselkedtek. Így a nem karbonátos talajokra elsősorban a II és III frakció P-tartalmának csökkenése volt jellemző. A savanyú kivo-



nószerek általában kevesebbet, a lúgos kivonószerek pedig többet vontak ki e frakciók foszfortartalmából. E talajoknál a IV frakció P-tartalmát csak az ammóniumlaktát csökkentette. Karbonátos talajoknál a kivonószerek jelentős mennyiséget vontak ki a II frakció mellett a P-ral trágyázott minták esetében az I frakció P-tartalmából. A savas kivonószerek a IV frakcióból is jelentősebb mennyiségű P-t oldottak.

#### d) A P-trágyázás hatása

A különböző P ellátottságú talajokon általában különböző volt a vizsgált kivonószerekkel oldatba vitt P mennyisége. A kivonószeres kezelés után a talaj szervesetlen foszforvegyületei mennyiségének változása mind pozitív, mind negatív előjellel nagyobb volt a P-ral trágyázott talajok esetében. Kivonószeres kezelés után tehát azon a talajon volt jelentős változás a különböző foszforvegyületek mennyiségében, ahol viszonylag sok jól oldódó foszfor volt jelen. Amint az 1. ábrán látható: P-ral nem trágyázott talajok esetében a laktátos Al-kivonószerekben a Ca-foszfát, lúgos kivonószerekben kisebb mértékben az Al- és Fe-foszfátok, P-ral trágyázott talajoknál viszont a kivonószerektől függetlenül — a fentiek mellett — karbonátos talajoknál a gyengén kötött foszfátok és a könnyen oldható Ca- valamint Al-foszfátok, nem karbonátos talajoknál pedig az Al- és Fe-foszfátok oldódnak.

### Összefoglalás

Vizsgálataimban arról kívántam tájékozódni, hogy a különböző kivonószerek a talaj mely szervesetlen foszfátvegyületeit oldják, és hogy miként hat a talaj  $\text{CaCO}_3$  tartalma, valamint a P-trágyázás az oldásra. A vizsgálat tárgyává a következő kivonószerek viselkedését tettem: ammóniumlaktát (AL), kettőslaktát (DL), kalcium-ammóniumlaktát (CAL),  $\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$  (Bray féle I kivonószér),  $\text{NaHCO}_3$  (Olsen féle kivonószér)  $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$  (módosított Olsen féle kivonószér) és a  $\text{CaCl}_2$  oldat.

A problémát közvetlen kioldásos módszerrel vizsgáltam, vagyis megnéztem, hogy a kivonószeres oldást követően miként változtak meg a szervesetlen foszfátfrakciók mennyiségei a talajban. A módszer — az oldás során bekövetkező P-újrakicsapódás és más zavaró folyamatok ellenére — alkalmasnak tűnik a szervesetlen foszfátfrakciók mennyiségében létrejövő változások nyomkövetésére. A létrejött pozitív és negatív irányú változásokat kivonószér, mézszállapot és P-trágyázottság alapján csoportosítottam és a következtetéseket a változások tendenciájából vontam le.

Amint az I/I-IV. ábrán látható: a P-ral nem trágyázott talajok esetében a laktátos kivonószerekben a Ca-foszfát, lúgos kivonószerekben kisebb mértékben az Al- és Fe-foszfátok, P-ral trágyázott talajoknál viszont a kivonószerektől függetlenül — a fentiek mellett — karbonátos talajoknál a gyengén kötött foszfátok és a könnyen oldható Ca- valamint Al-foszfátok, nem karbonátos talajoknál pedig az Al- és Fe-foszfátok oldódnak.

### Irodalom

- [1] BRAY, R. H. & KURTZ, L. T.: Determination of total, organic and available forms of P in soils. *Soil Sci.* 59. 39-45. 1945.  
 [2] CHANG, S. C. & JUO, S. R.: Available phosphorus in relation to forms of phosphates in soils. *Soil Sci.* 95. 91-96. 1963.

- [3] FÜLEKY, Gy.: Néhány hazai talajtípus összes foszfortartalmának összehasonlító vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan* **22**. 311–318. 1973.
- [4] FÜLEKY, Gy.: A talaj könnyen oldható foszfortartalmának és szervesetlen foszforformáinak összefüggése. Egyetemi doktori disszertáció Gödöllő, 1974.
- [5] FÜLEKY, Gy. & VARGA, Gy.: A foszforvegyületek eloszlása jellegzetes hazai talajokban. *Agrokémia és Talajtan* **23**. 41–52. 1974.
- [6] GRIGG, J. L.: Inorganic phosphorus fractions in South Island soils and their solubility in commonly used extracting solutions. *New Zealand J. Agric. Res.* **8**. 313–326. 1965.
- [7] MATT, K. J.: Extractable phosphorus related to forms of phosphorus and other soil properties. *J. Sci. Food Agric.* **23**. 1425–1433. 1972.
- [8] Methodes d'analyses utilisés par le Laboratoire d'Agropédologie de l'I.R.A.T. Nogent. 1972.
- [9] MURPHY, J. & RILEY, J. P.: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* **27**. 31–36. 1962.
- [10] OLSEN, S. R. & DEAN, L. A.: Phosphorus, 1044–1047. in *methods of soil analysis*, part 2. Amer. Soc. of Agronomy Inc. Publ. Madison, Wisconsin. 1965.
- [11] SARKADI, J.: A műtrágyaigény-becslési módszerek alapelvei, Doktori értekezés. Budapest. 1971.
- [12] SARKADI, J., KRÁMER, M. & THAMM, F.-né: Kalcium- és ammóniumlaktátos talajkivonatok P tartalmának meghatározása aszkorbinsav-ónkloridos módszerrel melegítés nélkül. *Agrokémia és Talajtan* **14**. 75–86. 1965.
- [13] SCHÜLLER, H.: Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates in Böden. *Z. Pflernähr. Bodenk.* **123**. 48–63. 1969.
- [14] SMITH, A. N.: Fractionation of inorganic phosphorus in soils, the Chang and Jackson fractionation procedure: its limitation and uses *AGRI Digest* no 17. 10–19. 1969.
- [15] SRIVASTAVA, O. P. & PATHIK, A. N.: Available phosphorus in relation to forms of phosphate fractions in Uttar Pradesh soils. *Geoderma* **5**. 287–296. 1971.
- [16] Talaj és trágyavizsgálati módszerek. Budapest. 1962. Mezőgazdasági Kiadó. 411 p.
- [17] WATANABE, F. S. & OLSEN, S. R.: Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and  $\text{NaHCO}_3$  extracts from soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **29**. 677–678. 1965.
- [18] WERNER, W.: Kennzeichnung des pflanzenverfügbaren Phosphates nach mehrjähriger Düngung mit verschiedenem Phosphaten. *Z. Pflernähr. Bodenk.* **122**. 19–32. 1969.
- [19] ZUBRISKY, J. C.: Relationship between forms of soil phosphorus, some indexes of phosphorus availability and growth of sudangrass in greenhouse trials. *Agronomy J.* **63**. 421–425. 1971.

Érkezett: 1975. december 18.

## Investigation on Some Extractants Used for the Evaluation of Available Phosphorus

### I. Extraction of the Soils with AL-, DL-, CAL-, Bray I-, $\text{NaHCO}_3$ -, $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ - and $\text{CaCl}_2$ - Solutions Before Fractionation

G. FÜLEKY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

#### Summary

Experiments were conducted to elucidate which of the inorganic phosphate fractions dissolve during the extraction of soils with conventional extractants and how is dissolution influenced by the presence of  $\text{CaCO}_3$  and by phosphorus fertilization. The following extractants were investigated: ammonium lactate (AL)-, "doppel-lactate" (DL)-, calcium ammonium lactate (CAL)-,  $\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$  (Bray I)-,  $\text{NaHCO}_3$  (Olsen)-,  $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$  (modified Olsen extractant)- and  $\text{CaCl}_2$  solutions.

The problem was approached in a direct way: the soils were previously treated with one of the extractants, then they were fractionated into the four Chang-Jackson inorganic phosphate fractions. The P contents of the inorganic phosphate fractions of both treated and untreated soils were determined and the changes were calculated from the differences. This method, in spite of the redistribution of dissolved phosphorus and other disturbing processes, is suitable for detecting the changes in inorganic phosphate fractions during the extraction step. The data were arranged into groups according to extractants, to the presence of  $\text{CaCO}_3$  as well as to P fertilization, and the conclusions were drawn from the tendency of changes.

In the case of soils not fertilized with P the lactate solutions dissolved mainly Ca-phosphate (fraction IV), while the alkaline solutions dissolved — though to a lesser degree — Al and Fe phosphates (fractions II and III). In the case of P fertilizing, in addition to these forms and independently of the extractants, from calcareous soils the weakly bound phosphates (fraction I) and the easily soluble Ca phosphates and the Al phosphates (fraction II), while from non-calcareous soils Al and Fe phosphates (fractions II and III) were dissolved.

*Table 1.* Some characteristics of the soils. (1) No. of soil. (2) Sampling site. (3) Soil type. (4) Texture. (5) Hydrolytic acidity. (6) Humus. *a)* meadow chernozem; *b)* brown earth; *c)* alluvial soil; *d)* meadow soil; *e)* chernozemic brown forest soil; *f)* brown forest soil with clay illuviation; *g)* calcareous chernozem; *h)* sandy soil; *i)* chernozem with forest remnants; *a-v* = silty clay; *h-v* = sandy loam; *v* = loam; *h* = sand. In the No. of the soil sample the first figure reflects the sampling site, the second one shows the rate of fertilization. Treatments: 0 = not fertilized for 4 years, except No. 10, which was not fertilized for 16 years; 1 = 450 kg/ha N, 320 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$ , during 4 years, 2 = 600 kg/ha N, 580 kg/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 640 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$ , during 4 years, except No. 102 which received during 16 years 1750 kg/ha N, 920 kg/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 1500 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$  and No. 103 which was given 1630 kg/ha N, 1100 kg/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$  and 1020 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$ .

*Table 2.* Total P content and inorganic phosphate fractions of the investigated soils (ppm P). (1) No. of soil sample. (2) Inorganic phosphate fractions. (3) Sum of inorganic phosphate fractions I-IV. (4) Total P.

*Table 3.* Extracted P (ppm) by the investigated extractants. (1) No. of soil sample (2) Ammonium lactate. (3) "doppel-lactate" (DL). (4) Calcium ammonium lactate.

*Fig. 1.* Changes in the quantity of the Chang-Jackson fractions (I.-IV.) due to the treatment with extractants. 1 = non-calcareous soils; 2 = calcareous soils; a = soil not fertilized with P; b = P fertilized soils.

## Untersuchung der für die serienmäßige Bestimmung des leichtlöslichen P-Gehaltes verwendeten Lösungsmittel

### I. Verhalten der Lösungsmittel AL-, DL-, CAL-, Bray I-, $\text{NaHCO}_3$ , $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ und $\text{CaCl}_2$ bei direkter Lösung

G. FÜLEKY

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

#### Zusammenfassung

Das Ziel der Untersuchungen war sich zu orientieren über die Lösungsfähigkeit der einzelnen Extraktionsmittel (Ammoniumlaktat-Essigsäure (AL), Doppellaktat (DL), Calciumammoniumlaktat (CAL),  $\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$  (Extraktionsmittel I. nach Bray),  $\text{NaHCO}_3$  (Extraktionsmittel nach Olsen),  $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$  (modifiziertes Extraktionsmittel nach Olsen) und  $\text{CaCl}_2$ ) in Hinsicht auf die anorganischen P-Verbindungen und den  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt des Bodens, sowie auf das Ausmass der P-Düngung.

Das Problem wurde mittels direktem Lösungsverfahren untersucht, d. h. es wurde beobachtet inwieweit sich die Mengen der anorganischen Phosphatfraktionen im Boden nach der Behandlung mit den obigen Extraktionsmitteln geändert haben. Die Methode scheint — trotz der im Laufe der Extraktion auftretenden sekundären P-Ausscheidung und anderer störender Vorgänge — zur Verfolgung der zustandekommenden Verände-

рungen in der Menge der anorganischen Phosphatfraktionen geeignet zu sein. Die zustandegewonnenen Änderungen positiver und negativer Richtung wurden aufgrund des Extraktionsmittels, des Kalkzustandes und des Ausmasses der P-Düngung in Gruppen eingeteilt und die Folgerungen wurden aus der Richtung der Änderungen gezogen.

Wie aus den Abb. 1.—4. zu entnehmen ist, lösen sich bei Böden ohne P-Düngung in säurehaltigen Extraktionsmitteln (DL, AL, CAL) überwiegend die Ca-Phosphate (Fraktion IV nach Chang-Jackson) und in alkalischen Extraktionsmitteln in beträchtlicher Menge die Al-, sowie Fe-Phosphate (Fraktion II und III). Im Falle eine P-Düngung werden zusätzliche P-Mengen gelöst, und zwar bei karbonathaltigen Böden die leichtgebundenen und leichtlöslichen Phosphate (Fraktion I und II), bei nicht-karbonathaltigen Böden die Al- und Fe-Phosphate (Fraktion II und III).

*Tab. 1.* Einige charakteristischen Werte der untersuchten Böden. 1. Nummer der Probe. 2. Herkunftsort der Probe. 3. Bodentyp. 4. Physikalische Bodenart. 5.  $y_1$ . 6. Humus %. a) Wiesenschernosem. b) Ramann'scher brauner Waldboden. c) Alluvialboden. d) Wiesenboden. e) Tschernosem brauner Waldboden. f) Brauner Waldboden mit Toneinwaschungen. g) Tschernosem mit Kalkhüllen. h) Flugsand. i) Tschernosem mit Waldresten. a—v = toniger Lehm, h—v = sandiger Lehm, v = Lehm, h = Sand.

In der Nummer der Bodenprobe bezieht sich die erste Zahl auf den Herkunftsort der Probe, die zweite Zahl auf die Düngung: 0 = 4 Jahre ungedüngt, in Martonvásár 16 Jahre, 1 = in 4 Jahren 450 kg N/ha, 320 kg  $K_2O$ /ha, 2 = in 4 Jahren 600 kg N/ha, 580 kg  $P_2O_5$ /ha, 640 kg  $K_2O$ /ha, in Martonvásár in 16 Jahren 1750 kg N/ha, 920 kg  $P_2O_5$ /ha und 1500 kg  $K_2O$ /ha, (102), bzw. 1630 kg N/ha, 1100 kg  $P_2O_5$ /ha und 1020 kg  $K_2O$ /ha (103).

*Tab. 2.* Menge der anorganischen Phosphatfraktionen nach Chang und Jackson und der gesamte P-Gehalt (ppm P) der untersuchten Böden. 1. Nummer der Probe. (2) Fraktion. (3) Summe der Fraktionen I—IV. (4) P (gesamt) in ppm.

*Tab. 3.* Durch die untersuchten Extraktionsmittel ausgelöste P-Menge (ppm P). (1) Nummer der Probe. (2) AL. (3) DL. (4) CAL.

*Abb. 1.* Nach Behandlung mit Extraktionsmitteln gefundene Veränderungen im P-Gehalt der Fraktionen I, II, III und IV. (1 = Böden ohne Karbonatgehalt, 2 = Böden mit Karbonatgehalt, a = Böden ohne P-Düngung, b = Böden mit P gedüngt.

## Изучение фосфорастворяющей способности конвенциональных растворителей, используемых для определения содержания в почве легкорастворимого фосфора

### I. Растворители AL-, DL-, CAL-, Брей I-, $NaHCO_3$ , $NaHCO_3 + NH_4F$ , $CaCl_2$

ДЬ. ФЮЛЕКИ

Научно-исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии ВАН, Будапешт

#### Резюме

В наших исследованиях задалась целью установить, какие минеральные фосфатные соединения почвы растворяются в различных растворителях и как влияет на растворение содержание в почве  $CaCO_3$  и внесение фосфорных минеральных удобрений. Изучались следующие растворители: лактат аммония (AL), двойной лакат (DL), лактат кальция — аммония (CAL),  $NH_4F + HCl$  (I растворитель Брея),  $NaHCO_3$  (растворитель Олсена),  $NaHCO_3 + NH_4F$  (модифицированный растворитель Олсена) и раствор  $CaCl_2$ .

Проблему изучали методом прямого растворения, т.е. наблюдали как изменяется содержание в почве минеральных фосфатных фракций после обработки вышеуказанными растворителями. Несмотря на возможное вторичное осаждение фосфора в ходе растворения и на другие мешающие процессы, этот метод оказался пригодным для определения изменения содержания неограниченных фосфатных фракций. Положительные и отрицательные изменения группировались, исходя из растворителя, содержания  $CaCO_3$  и внесения фосфорных минеральных удобрений и из тенденций изменения были сделаны выводы.

Как видно из данных, приведенных на рисунке № 1, на участках без внесения P-минеральных удобрений лактатные растворители растворяли Ca-фосфат, в щелочных растворителях в небольшой мере растворяются AL- и Fe-фосфаты, в почве, где вносили фосфорные минеральные удобрения, независимо от растворителей, в карбонатных почвах

— кроме вышеуказанных — растворялись слабо связанные фосфаты и легкорастворимые Са и АL фосфаты, в некарбонатных почвах — фосфаты алюминия и железа.

*Табл. 1.* Некоторые свойства изученных почв. (1) Номер, (2) Место, (3) Тип, (4) Механический состав, (5) У, (6) Гумус в %, а) луговой чернозем, б) бурая лесная почва по Раманну, с) аллювиальная почва, d) луговая почва, е) черноземовидная бурая лесная почва, f) иллимризованная бурая лесная почва, g) мицеллярный чернозем, h) сыпучий песок, i) лесоостаточный чернозем. а—v = тяжелый суглинок, h—v = легкий суглинок, v = суглинок, h = песок.

В номере почвенного образца первая цифра указывает на место происхождения образца, вторая цифра — на внесение минеральных удобрений. 0 = четыре года не вносили удобрений, за исключением Мартовашара, где 16 лет не вносили удобрений; 1 = за четыре года 450 кг азота на га, 320 кг  $K_2O$  на га; 2 = за четыре года 600 кг азота на га, 580 кг  $P_2O_5$  на га, 640 кг  $K_2O$  на га, за исключением Мартовашара, где 102 = за 16 лет внесли 1750 кг азота на га, 920 кг  $P_2O_5$  на га и 1500 кг  $K_2O$  на га, 103 = за 16 лет внесли 1630 кг азота на га, 1100 кг  $P_2O_5$  на га и 1020 кг  $K_2O$  на га.

*Табл. 2.* Содержание неорганических фракций фосфора и общее содержание фосфора в изученных почвах (мг/кг). (1) Номер. (2) Фракция, (3) I—IV фракции вместе, (4) Общий фосфор.

*Табл. 3.* Фосфор, растворенный изученными растворителями (мг/кг). (1) Номер, (2) Лактат аммония, (3) двойной лактат, (4) лактат кальция-аммония.

*Рис. 1.* Изменения, наступившие в содержании I, II, III и IV фракциях фосфора под влиянием обработки растворителями. (1 = некарбонатные почвы, 2 = карбонатные почвы, а = без внесения фосфорных минеральных удобрений, б = почвы с внесением фосфорных минеральных удобрений.