

Fontosabb hazai talajtípusok foszforállapota

FÜLEKY GYÖRGY

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Az utóbbi években több országban [11, 14, 20, 22], így hazánkban is [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12] részletesebb vizsgálatokat végeztek a talajok foszforállapotának megismerésére. E vizsgálatokat az teszi különösen időszerűvé, hogy a foszforműtrágyák alapanyagárai jelentősen megnövekedtek, a rendelkezésre álló foszforkészletek pedig erősen korlátozottak, így a jövőben fokozottan rá vagyunk utalva a talajok foszfortartalmára.

A talajok foszforállapotát a talajképző tényezők hatására végbemenő talajképződési folyamatok alakítják ki. Ezek a folyamatok nemcsak a talaj foszforállapotának pillanatnyi helyzetét, hanem jövőbeni állapotát is megszabják. Annak ellenére, hogy a foszfor kevésbé mozgékony a talajban, a talajok kialakulásához és fejlődéséhez szükséges hosszabb idő alatt jelentős átalakulásokra és elmozdulásra képes [19]. Ezért a talajképződési folyamatok tanulmányozása során a foszforvegyületek kémiai átalakulásának és elmozdulásának a meghatározása komoly segítség lehet.

Korábbi dolgozatomban [9] HSU és JACKSON [13] munkája nyomán bemutattam, hogy a szervetlen foszfátvegyületek oldékonyságát és átalakulását elsősorban a pH szabályozza. HSU és JACKSON [13] emellett azt is vizsgálták, hogy miként alakulnak át a talajban a karbonátos anyagözetre jellemző Ca-foszfátok Fe- és Al-foszfáttá. Megállapították, hogy a talajok B- és C-szintjének pH-ja és az aktív frakciók Ca-foszfáttartalma között pozitív, az Al-foszfát- és Fe-foszfátfrakciók %-os mennyisége és a pH között pedig negatív összefüggés van.

HSU és JACKSON [13] mellett más szerzők is szoros összefüggést találtak a talajok pH-ja és a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció %-os mennyisége között [14, 15, 16]. Mások [1] viszont erősen mállott trópusi talajok vizsgálata során azt tapasztalták, hogy nem a pH, illetve a talajok Ca-telítettsége, hanem a szabad vasoxidtartalom szabályozza a Ca-foszfát relatív mennyiségét. DAHNKE [2] azért nem kapott határozott összefüggést a talajok pH-ja és nehezen oldható Ca-foszfáttartalma között, mert a vizsgált talajok anyagözetében megmutatkozó különbség lerontotta az összefüggés szorosságát. Ebből az következik, hogy a pH mellett más tényezők — így az anyagözet minősége —, is hatással vannak a kialakuló szervetlen foszfátvegyületek minőségére és mennyiségére.

Míg a foszfátvegyületek átalakulását elsősorban a talaj pH-ja, addig a foszfor elmozdulását főként a talajban végbemenő víz- és oldatmozgások szabályozzák [23]. Humid viszonyok között a lefelé irányuló vízmozgás a domináló, hazánk talajaiban viszont emellett fontos szerepet játszik a felfelé irányuló vízmozgás is a talajok

szervetlen foszfátvegyületeinek szelvénybeli eloszlásánál, illetve — a talajban uralkodó pH-viszonyokon keresztül —, a szervetlen foszfátvegyületek mennyiségének és minőségének alakulásánál. Többek között tehát a kétirányú víz- és oldatmozgás intenzitása határozza meg a szervetlen foszfátvegyületek szelvénybeli elhelyezkedését.

A foszfor szelvénybeli mozgásánál a fentiek mellett feltétlenül figyelembe kell venni a gyökerek mobilizáló hatását is. A növényi gyökerek foszforfelvétele a legfelső talajsztintekben a foszfor felhalmozódását, az alatta levő szintekben (az A-szint aljában és a B-szint felső részén) pedig mennyiségének viszonylagos csökkenését okozza [19].

Az irodalmi adatokból tehát megállapítható, hogy a talajban levő szervetlen foszfátvegyületek megoszlása — azonos, vagy legalábbis hasonló anyagközet esetén —, jól jellemezhető a talaj pH-jával, azaz elsősorban a talaj pH-ja határozza meg, hogy milyen szervetlen foszfátvegyületek kialakulásával lehet számolni. Természetes viszonyok között a talaj reakcióállapotában bekövetkező változások általában megelőzik a foszforállapot megváltozását, amely meglehetősen lassan éri el a kettő közötti egyensúlyi helyzetnek megfelelő állapotot [13].

A talajszelvényekben általában az összes foszfortartalmat, vagy valamely konvencionális oldószerrel meghatározott felvehető foszfortartalmat határozzák meg. Nagymértékben bővülnek ismereteink, ha az összes foszfortartalmat összetevőire bontva vizsgáljuk. Míg korábbi dolgozatomban [9] az újszentmargitai természetvédelmi terület néhány szolonyec talajának foszforállapotát ismertettem, addig jelen munkámban több fontos hazai talajtípus (altípus) foszforállapotát vizsgálom.

Anyag és módszer

A vizsgálatban szereplő 22 talajszelvény az ország különböző helyeiről származik és több fontos talajtípust (altípust) képvisel. A talajok néhány fontosabb tulajdonsága, az összes, szerves és felvehető foszfortartalma, valamint a szervetlen foszfátvegyületek szelvénybeli megoszlása az 1. táblázatban látható. A talajok általában karbonátos anyagközeten — a legtöbb esetben löszön — képződtek. Az összes foszfortartalmat kénsav — hidrogén-peroxidos roncsolással [7], a szerves P-tartalmat égetéssel [24], a szervetlen foszfátvegyületeket pedig CHANG és JACKSON frakcionálási eljárással [10] határoztam meg. A felvehető foszfortartalmat az ammónium-laktátos (AL) és az Olsen-féle NaHCO_3 -os (OLS) módszerrel állapítottam meg.

A szervetlen foszfátfrakciók közül az alábbiakat különítettem el:

Adszorbeált P: Adszorbeált és talajoldatban levő foszfátok, I. frakció (oldószer 1 N NH_4Cl)

Al-P: Al-foszfát és könnyen oldható savanyú Ca-foszfátok, II. frakció (oldószer 0,5 N NH_4F)

Fe-P: Fe-foszfát, III. frakció (oldószer 0,1 N NaOH)

Ca-P: Nehezen oldható, bázisos Ca-foszfátok, IV. frakció (oldószer 0,5 N H_2SO_4)

Ezek segítségével a talajok foszforállapotát a következőképpen jellemeztem:

Adszorbeált P + Al-P + Fe-P + Ca-P = aktív (szervetlen) P;

Aktív (szervetlen) P + szerves P + inaktív (szervetlen) P = összes P.

Az összefüggés-vizsgálatokhoz a rendelkezésemre álló összes talajmintát felhasználtam, beleértve a 22 talajszelvény mintáit, valamint a korábbi munkáimban felhasznált talajmintákat is [7, 8, 10].

Eredmények és értékelésük

A vizsgálatokban szereplő talajokat négy csoportba osztottam: csernozjom talajok; erdőtalajok; réti- és szikes talajok; egyéb talajok.

Csernozjom talajok:

- | | |
|---|---------------|
| 1. mészlepedékes csernozjom | — Érd |
| 2. mészlepedékes csernozjom | — Nagyhörcsök |
| 3. mészlepedékes csernozjom | — Debrecen |
| 4. alföldi csernozjom | — Karcag |
| 5. réti csernozjom | — Nagyhegyes |
| 6. erdőmaradványos csernozjom (erodált) | — Martonvásár |
| 7. erdőmaradványos csernozjom | — Martonvásár |

A csoportba tartozó talajok jellemzője a viszonylag nagy összes P-tartalom (400—900 ppm P) és az összes foszfor jellegzetes szelvénybeli eloszlása. Mindegyik talajszelvényben — a debreceni kivételével — a felszín közelében a legnagyobb az összes P mennyisége, és az anyakőzet felé fokozatosan csökken. Az összes foszfornek a szelvénymélységgel való csökkenése általában egybeesik a szerves P és az aktív szerves foszfátok mennyiségének egyidejű csökkenésével (1. ábra). Ez a helyzet az érdi, nagyhörcsöki és martonvásári talajszelvényekben; a nagyhegyesi, karcagi és debreceni talajoknál azonban csupán a szerves P csökken a mélységgel, az aktív szerves foszfátok mennyisége ellenben nő, a nagyhegyesi szelvény esetében egy minimum értéken megy keresztül. A talajszelvények a debreceni talaj kivételével művelt területről származnak. Az összes P eloszlása a művelés alatt nem álló debreceni talajnál az aktív szerves foszfátok, a művelés alatt álló karcagi és nagyhegyesi talajoknál pedig a szerves P szelvénybeli eloszlását követi.

A szerves foszfátfrakciók vertikális eloszlása jól követi a pH, illetve a CaCO_3 -tartalom szelvénybeli alakulását (1. táblázat). Különösen vonatkozik ez a nehezen oldható Ca-foszfát- és Fe-foszfátfrakciókra és bizonyos mértékben az adszorbeált foszfátok eloszlására is. A nehezen oldható Ca-foszfát frakcióinak háromféle lefutása fordul elő a szelvényekben: 1. csökken a mélységgel (Érd, Nagyhörcsök), vagy nem változik lényegesen (Martonvásár); 2. növekszik a mélységgel (Debrecen, Karcag) és 3. növekszik a mélységgel, de közben egy minimum értéken megy keresztül (Nagyhegyes). A nehezen oldható Ca-foszfátfrakció szelvénybeli eloszlása többek között a talajok vízgazdálkodási típusával magyarázható: a mélységgel csökkenő foszforeloszlás ugyanis felfelé irányuló vízmozgásra és csak nagyon kis mértékű lefelé irányuló vízmozgásra, valamint növényi felhalmozásra, a művelt talajoknál trágyázás hatására bekövetkező foszforfelhalmozódásra mutat. A mélységgel növekvő eloszlás a debreceni és karcagi szelvényekben a lemosódás domináló szerepére, a minimum eloszlású profil (Nagyhegyes) pedig arra utal, hogy mindkét folyamat elég erős volt

A vizsgált talajok foszforállapota

(1) Talajminta száma típusa és származási helye	(2) Genetikai szint jele	(3) Mintavétel, cm	pH		CaCO ₃ , %	(4) Humusz, %
			H ₂ O	KCl		
1. Mészlepedékes csernozjom, Érd	A _{sz}	0—22	7,8	7,2	3,0	2,4
	A	22—32	7,8	7,2	3,8	2,3
	B	32—50	7,8	7,4	23,8	1,6
	BC	50—70	7,9	7,4	30,8	1,0
	C	70—100	8,0	7,5	31,9	0,4
2. Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök	A _{sz}	0—32	8,0	7,2	12,5	3,2
	A	32—60	8,1	7,3	20,3	2,0
	B	60—104	8,1	7,3	29,3	1,1
3. Mészlepedékes csernozjom, Debrecen	C	104—140	8,2	7,4	32,2	0,6
	A _{sz}	0—17	6,6	5,8	—	2,5
	A	17—34	6,9	5,8	—	1,9
	B ₁	34—72	6,8	5,8	—	1,9
	B ₂	72—86	7,5	7,1	4,9	1,4
4. Alföldi csernozjom, Karcag	BC	86—116	7,7	7,1	12,5	1,1
	C	116—140	7,7	7,2	14,2	0,6
	A _{sz}	0—28	6,6	5,5	—	2,9
	A	28—41	7,5	6,8	—	2,7
	B	41—81	7,9	7,2	9,3	1,9
5. Réti csernozjom, Nagyhegyes	BC	81—122	8,1	7,3	13,6	1,1
	C	122—162	8,5	7,4	12,4	0,6
	A _{sz}	0—22	6,1	5,0	—	3,2
	A	25—56	6,9	5,8	—	3,0
	B	56—93	7,3	6,0	—	2,1
6. Erdőmaradványos csernozjom (erodált), Martonvásár	BC	93—123	7,8	7,1	4,6	1,0
	C	123—150	7,8	7,2	13,4	0,7
	A _{sz}	0—35	7,8	6,7	—	1,9
	B	35—48	8,0	7,0	18,3	1,2
	C	48—133	8,2	7,3	34,0	0,4
7. Erdőmaradványos csernozjom, Martonvásár	A _{sz}	0—20	7,4	6,8	—	2,4
	A	20—30	7,6	6,6	—	2,5
	B	30—60	7,8	6,8	—	1,8
	BC	60—78	8,1	7,1	11,0	1,3
	C	78—111	8,2	7,3	30,8	0,5
8. Csernozjom barna erdőtalaj, Putnok	D	111—134	8,3	7,4	20,3	0,2
	A _{sz}	0—23	6,7	5,3	—	2,2
	A	23—33	6,8	5,4	—	2,1
	B ₁	33—63	6,3	4,8	—	1,8
	B ₂	63—103	6,4	4,8	—	1,5
9. Csernozjom barna erdőtalaj, Kompolt	C	103—140	6,7	5,1	—	1,3
	A _{sz}	0—20	6,7	5,6	—	3,4
	A	20—31	6,8	5,3	—	3,0
	A	31—55	6,6	5,2	—	2,3
	B ₁	55—81	6,8	5,3	—	1,6
C	B ₂	81—130	6,6	5,5	—	1,2
	C	130—173	8,2	7,1	36,8	1,0

táblázat
és más fontosabb jellemző adatai

(5) Szervetlen foszfátfrakciók					(6) Szerves P	(7) Összes P	Al-P	OLS-P
I Adszorbeált P	II Al-P	III Fe-P	IV Ca-P	I—IV				
ppm P					ppm P			
2,4	24	4,0	280	310	318	760	25,4	5,6
2,0	28	5,5	278	314	317	756	23,5	5,6
2,2	5,0	0,5	234	242	265	620	9,0	3,4
2,6	5,0	0,5	232	240	193	520	11,2	3,9
2,0	3,5	0,5	240	246	71	436	7,3	1,7
4,4	31	11	436	482	400	980	32,7	7,7
3,6	12	6,0	344	366	335	820	11,2	3,0
2,6	5,5	3,0	308	319	181	612	10,8	2,6
2,4	3,5	2,5	308	316	111	544	10,8	1,3
1,2	14	24	204	243	233	557	6,5	3,0
0,4	16	24	206	246	222	556	6,5	2,6
0,2	14	18	216	248	242	568	6,0	2,2
1,4	10	3,5	296	311	246	632	6,0	1,3
2,0	14	1,5	318	336	199	620	8,2	3,4
1,4	6,0	1,0	352	360	117	536	4,3	1,3
1,2	14	44	168	227	316	680	10,3	6,0
0,2	10	16	194	220	263	640	10,3	1,7
0,2	11	1,5	180	193	260	678	6,5	2,2
1,2	14	1,0	292	308	181	568	6,0	0,9
1,2	6,0	4,5	344	356	90	580	6,5	1,3
2,9	54	90	233	380	330	796	46,0	27,1
0,6	22	42	210	275	325	696	13,8	9,0
0,2	15	26	100	141	267	632	8,6	4,3
0,8	9,0	0,5	112	122	224	600	6,9	3,9
1,4	5,0	7,0	336	349	186	584	8,6	3,0
1,2	15	12	264	292	165	528	8,2	5,2
1,2	6,5	3,0	264	275	159	512	6,4	2,2
2,2	2,0	2,5	260	267	84	416	9,9	1,7
1,0	27	27	264	319	216	576	19,8	12,0
0,8	20	18	264	303	204	572	12,0	6,9
0,8	12	10	236	259	177	480	2,2	1,3
1,4	9,0	3,5	248	262	152	484	4,7	1,7
2,6	3,5	2,5	208	217	92	404	12,9	1,3
4,4	2,5	2,5	238	247	0	360	8,2	0,9
1,0	18	67	77	163	220	520	12,0	9,5
1,0	18	67	52	138	220	512	11,2	8,6
0,6	9,0	32	24	66	179	368	0,9	1,7
0,4	9,0	38	31	78	153	348	0,9	2,2
0,4	8,5	26	36	71	132	336	1,7	2,6
1,5	27	50	56	134	255	496	6,9	5,6
0,5	14	40	46	100	248	472	4,3	5,2
0,4	10	27	28	65	219	408	1,3	2,6
0,4	8,5	25	36	70	167	340	0,9	2,6
0,6	9,0	19	58	87	148	312	2,2	2,2
1,2	10	12	84	107	137	312	2,6	3,0

(1) Talajminta száma típusa és származási helye	(2) Genetikai szint jele	(3) Mintavétel, cm	pH		CaCO ₃ , %	(4) Humusz, %
			H ₂ O	KCl		
10. Ramann-féle barna erdőtálat, Keszthely	A _{sz}	0— 5	6,8	5,8	—	1,8
		5— 24	6,9	5,7	—	1,6
	A	24— 54	7,0	5,5	—	1,1
	B	54— 68	7,2	5,5	—	1,1
		68— 85	7,8	6,4	—	1,0
	C	85—101	8,2	7,3	34,5	0,6
	C _{fe}	101—113	8,2	7,4	27,4	0,3
11. Ramann-féle barna erdőtálat (erodált), Keszthely	A _{sz}	0— 25	7,6	7,0	4,0	2,3
	B	25— 45	7,8	7,1	9,5	1,6
		45— 64	8,0	7,4	37,1	0,8
	C	64—115	8,2	7,5	33,0	0,3
12. Pseudoglejes barna erdőtálat, Lenti	A _{sz}	0— 20	7,1	6,5	—	1,0
	B _g	20— 45	7,2	6,6	—	0,5
	B	45— 85	5,8	4,2	—	0,4
	C	85—110	6,2	4,3	—	0,4
13. Agyagbemosódásos barna erdőtálat, Nagykanizsa	A _{sz}	0— 27	7,1	6,7	—	1,4
	B ₁	27— 47	6,1	4,3	—	0,9
		47— 75	6,3	4,2	—	0,7
	B ₂	75—115	6,8	4,9	—	0,4
	BC	115—160	6,5	4,6	—	0,4
14. Agyagbemosódásos barna erdőtálat, Nagyrécsce	A ₁	0— 8	6,1	4,6	—	2,9
	A ₂	8— 25	5,3	4,0	—	1,4
	A ₂ B	25— 35	5,3	4,0	—	1,2
	B	35— 88	5,4	4,0	—	0,7
	BC	88—138	7,4	6,7	—	0,4
	C	138—188	8,1	7,2	17,5	0,4
15. Réti talaj, Hosszúhát	A _{sz}	0— 25	7,6	6,8	—	3,7
	A	25— 44	7,5	6,5	—	2,9
	B ₁	44— 68	7,9	7,1	2,5	1,9
	B ₂	68— 96	8,2	7,3	10,4	1,1
	C	96—140	8,3	7,5	19,5	0,6
16. Réti szolonyec (közepes), Újszentmargitta	A _{gy}	0— 3	5,6	5,2	—	11,2
	A ₂	3— 11	6,5	5,7	—	2,2
	B ₁	11— 21	7,6	6,5	—	2,3
	B ₂	30— 40	9,4	8,0	5,1	1,1
	BC	55— 65	9,3	8,0	8,4	0,6
	C	80—100	8,9	7,7	21,1	0,5
17. Réti szolonyec (közepes), Újszentmargitta	I	120—150	8,4	7,8	11,0	0,4
	A ₀	0— 4	5,2	5,0	—	7,8
	A	5— 15	5,8	4,8	—	5,0
	B ₁	22— 36	8,7	7,3	—	1,7
	B ₂	50— 60	8,9	7,8	4,6	0,8
	BC	70— 80	9,3	7,8	15,8	0,6
	C	100—110	9,4	7,8	16,4	0,4
	I	140—150	9,2	7,7	9,3	0,4

1. táblázat folytatása

(5) Szervetlen foszfátfrakciók					(6) Szerves P	(7) Összes P	Al-P	OLS-P
I Adszorbeált P	II Al-P	III Fe-P	IV Ca-P	I—IV				
ppm P					ppm P			
1,6	20	40	156	218	198	484	13,3	9,0
1,0	13	22	136	172	208	440	5,2	2,6
0,4	10	20	76	106	137	328	1,3	1,7
0,2	11	21	114	146	115	328	1,3	1,7
0,2	7,0	22	200	229	117	404	3,4	1,3
1,2	5,0	3,0	268	277	91	432	7,7	1,3
1,2	4,0	2,5	280	288	53	424	3,9	0,9
1,2	4,0	3,0	290	298	0	392	3,0	0,9
12	53	34	246	345	255	600	69,2	24,9
4,2	11	8,5	228	252	215	520	9,9	4,7
3,4	5,5	2,5	264	275	110	528	9,0	2,2
3,4	4,0	3,0	332	342	48	480	6,0	1,3
4,4	34	114	144	296	176	564	23,7	13,3
3,4	52	148	164	367	160	614	27,1	24,5
2,2	45	192	58	297	148	520	16,3	18,1
2,0	30	124	46	202	132	432	7,3	12,5
3,4	27	54	152	236	232	480	10,3	8,6
2,4	27	123	108	260	199	560	13,8	12,0
1,6	45	176	207	427	115	656	24,9	19,4
1,6	40	126	330	498	90	768	30,1	18,5
1,2	32	112	420	565	70	808	32,3	18,9
0,2	21	76	74	171	288	572	6,5	6,9
0,1	18	86	52	156	193	516	6,5	6,5
0,4	38	144	108	290	164	544	22,4	18,1
0,4	52	189	108	350	99	760	33,5	26,7
1,2	40	100	358	499	82	748	29,2	19,4
2,2	7,0	1,5	402	413	59	607	8,6	4,3
3,8	65	76	220	365	148	692	98,9	36,8
0,4	22	43	142	207	126	560	35,7	14,0
0,2	22	22	72	116	74	500	6,5	7,5
0,2	35	3,5	270	309	75	504	6,9	8,0
0,4	7,0	1,5	344	353	75	584	10,3	5,4
7,6	16	62	60	146	568	852	34,4	19,8
1,4	13	36	54	104	264	492	9,5	4,1
0,6	9,5	15	72	97	254	408	8,6	3,7
14,0	54	60	142	270	169	538	67,5	28,4
4,6	28	4,0	346	383	107	562	28,8	12,3
2,0	8,0	1,5	290	302	119	486	4,7	5,2
0,8	8,0	4,5	330	343	135	484	5,2	2,4
29,0	64	84	116	293	360	653	44,7	25,6
3,4	17	53	44	117	319	534	17,6	12,0
0,4	13	17	32	62	222	388	6,0	3,4
13,0	48	61	270	392	150	582	53,3	22,4
3,4	11	3,5	324	342	119	530	10,8	9,0
0,8	11	2,0	326	340	116	528	5,2	4,7
0,4	8,5	8,5	334	351	50	512	12,5	3,5

(1) Talajminta száma típusa és származási helye	(2) Genetikai szint jele	(3) Mintavétel, cm	pH		CaCO ₃ , %	(4) Humusz, %
			H ₂ O	KCl		
18. Réti szolonyec (mély), Újszentmargitta	A ₀	0— 3	6,2	5,7	—	10,9
	A ₁	3— 13	5,6	4,9	—	6,5
	A ₂	13— 23	6,0	4,5	—	1,8
	B ₁	25— 35	7,8	6,2	—	1,3
	B ₂	40— 50	9,0	7,5	1,3	0,8
	C ₁	80—100	8,6	7,8	13,5	0,4
	C ₂	120—130	8,8	7,8	10,1	0,4
19. Sztyeppesedő réti szolonyec, Karcag	A	0— 15	5,8	4,7	—	5,0
		15— 28	6,9	5,3	—	4,3
	B ₁	28— 42	8,0	6,3	—	3,5
		42— 57	8,3	6,9	—	3,1
	B ₂	57— 72	8,4	7,3	5,3	1,8
		72— 90	8,4	7,5	9,5	1,8
	BC	90—100	8,6	7,6	15,8	0,9
20. Szoloncsák-szolonyec, Apaj	C ₁	100—140	8,6	7,5	17,6	0,8
	C ₂	140—150	8,7	7,5	18,1	0,6
	A	0— 4	9,8	8,2	11,8	0,7
	B ₁	4— 14	9,7	8,2	14,6	1,1
	B ₂	14— 25	9,9	8,7	12,5	0,7
	BC	25— 45	9,9	8,8	24,1	0,4
	C	45—140	10,0	8,8	17,7	0,3
21. Réti jellegű öntéstalaj, Dömsöd	A _{sz}	0— 25	7,6	7,2	4,5	5,1
	B	25— 70	8,2	7,7	10,7	1,9
		70— 95	8,3	8,0	41,7	0,7
	C	95—115	8,0	7,8	47,0	0,4
22. Futóhomok, Kiskunlacháza	A	0— 8	7,6	7,3	3,1	0,8
	AC	8— 23	7,7	7,4	3,1	0,8
		23— 37	8,0	7,6	7,4	0,5
	C	37—110	8,1	8,0	15,0	0,1

ahhoz, hogy mindkét irányban jelentős változásokat hozzon létre (ez természetesen az összes P szelvénybeli eloszlására is igaz).

Azokban a szelvényekben tehát, ahol a kilúgzás kisebb volt, ott a pH kevésbé csökkent (Martonvásár, Érd, Nagyhorcsök), és a nehezen oldható Ca-foszfát mennyisége minden talajszintben közel 90%-át teszi ki az aktív frakcióknak. E talajoknál a Fe- és Al-foszfátokkal — bár nagyon kis mértékben — de elsősorban a legfelső talajszintekben kell számolnunk. Azokban a szelvényekben viszont, amelyekben a kilúgzás mértéke nagyobb volt (Karcag, Nagyhegyes, Debrecen), megnövekedik a Fe- és Al-foszfátok abszolút és relatív mennyisége. Ezt a szelvényeknek azon szintjeiben figyeltük meg leginkább, amelyekben a legkisebb a pH — ez majd minden esetben az A-, illetve A_{sz}-szintben van. E frakciók mennyisége fokozatosan csökken az anyaközet felé. Meg kell azonban jegyezni, hogy csernozjom talajokban a Fe- és Al-

1. táblázat folytatása

(5) Szervetlen foszfátfrakciók					(6) Szerves P	(7) Összes P	Al-P	OLS-P
I Adszorbeált P	II Al-P	III Fe-P	IV Ca-P	I—IV				
ppm P					ppm P			
11,2	67	106	82	266	387	736	120,8	49,9
6,8	20	46	42	115	340	514	20,6	15,5
1,2	6,5	29	32	69	119	240	3,4	3,9
0,2	8,5	26	76	111	179	385	8,6	2,2
0,2	6,5	20	208	235	171	524	23,7	13,0
2,0	15	12	294	323	90	524	13,8	6,5
1,6	2,0	18	304	326	90	516	17,2	6,5
0,4	26	110	44	180	339	716	12,0	10,1
0,4	12	52	26	90	323	592	2,2	4,3
1,2	20	36	40	97	301	576	4,3	3,7
0,8	12	20	54	87	277	568	7,3	1,3
1,4	11	5,5	94	112	215	540	7,7	3,4
2,0	11	6,0	108	127	193	603	6,9	4,0
0,6	6,5	4,5	140	152	158	480	4,7	3,9
0,8	7,5	4,5	196	209	104	532	3,4	3,9
1,2	7,0	3,5	300	312	79	576	3,0	3,9
5,6	7,0	2,0	358	373	112	570	21,9	2,6
3,0	11	1,0	564	579	44	824	28,0	0,9
1,2	9,5	0,2	452	463	73	596	10,8	2,6
1,0	2,5	2,0	290	295	64	468	5,2	3,4
0,4	3,0	1,0	358	362	80	632	3,0	2,5
30,0	34	7,0	248	319	405	754	71,4	21,1
4,8	12	4,0	236	257	220	536	12,5	3,0
2,0	6,0	3,0	220	231	101	400	8,6	1,3
1,8	5,5	2,5	232	242	29	384	4,3	0,9
7,0	16	6,0	180	209	151	370	11,6	3,0
7,0	15	5,0	180	207	151	368	7,3	2,6
4,0	12	3,0	160	179	125	340	5,2	1,3
4,0	8,0	3,0	160	175	30	260	5,2	1,3

foszfátok abszolút mennyisége kicsi, és csupán az intenzíven trágyázott nagyhegyesi talaj A_{sz} -szintjében közelíti meg a 100 ppm P-t. A nehezen oldható Ca-foszfát a domináló szervetlen foszfátvegyület a vizsgált csernozjom talajok összes genetikai szintjében.

A szervetlen foszfátfrakciók, a szerves és összes P eloszlása mellett megvizsgáltam a könnyen oldható foszfortartalom alakulását is az egyes szelvényekben. E célra az ammónium-laktátos (AL) és az Olsen-féle $NaHCO_3$ -os (OLS) módszert használtam.

A könnyen oldható foszfortartalom szelvénybeli eloszlása (2. ábra) a szervetlen foszfátokéhoz hasonló lefutású. Maximális értéke a legfelső talajszintben, illetve a szántott rétegben van, lefelé haladva mennyisége vagy hirtelen lecsökken egy állandó értékre, vagy lassan éri el az anyakőzetre jellemző értéket. Az AL-oldható foszfortartalom a $CaCO_3$ -tartalom, illetve az ezzel szorosan összefüggő, nehezen

oldható Ca-foszfáttartalom megnövekedésekor szintén növekszik az alsóbb talajszi-
tekben. Az OLS-oldható foszfortartalmat kevésbé befolyásolják a nehezen oldható
Ca-foszfátfrakció mennyiségében bekövetkező változások. A 2. ábrán látható, hogy
mindkét módszer jól mutatja a szántott réteg nagyobb felvehető foszfortartalmát.

Erdőtalajok:

8. csernozjom barna erdőtalaj	— Putnok
9. csernozjom barna erdőtalaj	— Kompolt
10. Ramann-féle barna erdőtalaj	— Keszthely
11. Ramann-féle barna erdőtalaj (erodált)	— Keszthely
12. pszeudoglejes barna erdőtalaj	— Lenti
13. agyagbemosódásos barna erdőtalaj	— Nagykanizsa
14. agyagbemosódásos barna erdőtalaj	— Nagyrécsce

Az erdőtalajoknál már kevésbé jellegzetes az összes P szelvénybeli eloszlása.
Általában az összes P maximuma a legfelső talajsztintben van (Putnok, Kompolt,
Keszthely (11)), de egyes esetekben egy második maximum is kialakul a felhalmozódási
szintben (Keszthely, Nagyrécsce), és van ahol a felhalmozódási szintben jelentkezik a
maximum érték (Lenti, Nagykanizsa). Általában az összes P analóg módon változik az
aktív foszfátok mennyiségével. A szerves P a felszíntől lefelé fokozatosan csökken
minden talajnál. Az összes P mennyisége a szelvényekben általában 300—600 ppm P
között változik, és csak az agyagbemosódásos barna erdőtalajok felhalmozódási
szintjében éri el a 800 ppm P-t.

Az aktív szervesetlen foszfátok eloszlása már jobban tükrözi az erdőtalajokra
jellemző folyamatok jelenlétét (1. ábra). Feltűnően kicsi a két csernozjom barna
erdőtalajban levő aktív foszfátok mennyisége. Legtöbbször nem haladja meg összegük
a 100 ppm P-t. A kompolti talajnál viszonylag jól, a putnoki talajnál kevésbé jól
figyelhető meg a kilúgzási és felhalmozódási szint jelenléte.

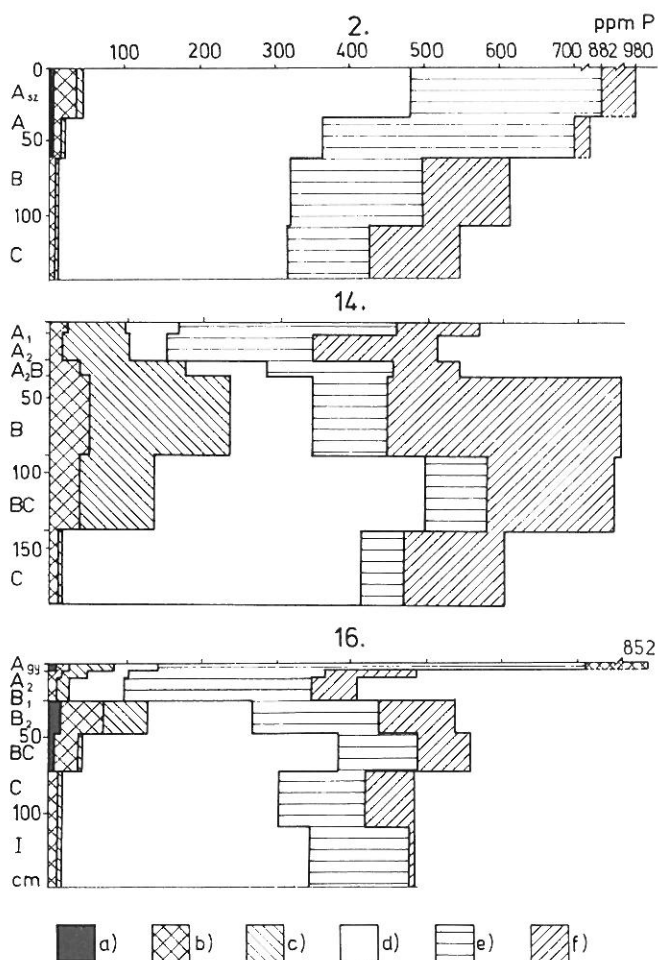
A Ramann-féle barna erdőtalajnál még csak a nehezen oldható Ca-foszfát kisebb
mértékű kilúgzásával kell számolnunk a kilúgzási szintből, és ez a vegyület dúsul fel
valamelyest a felhalmozódási szintben. A Fe- és Al-foszfátok elsősorban a kilúgzási
szintben növekednek meg, maximumuk az A-szintben van, és mennyiségük fokozato-
san csökken az anyakőzet felé.

A pszeudoglejes barna erdőtalaj szelvényében az összes P és az aktív szervesetlen
foszfátok maximuma a glejes szintben van. E szint alatt a nehezen oldható Ca-foszfát
mennyisége csökken, a vas- és alumínium-foszfátoké pedig kismértékben növekszik,
létrehozván egy további felhalmozódást. Mindhárom frakciónak a C-szintben van a
minimuma. A pH — a meszezés és a gátolt kilúgzás következtében — a felső
talajszi-
tekben viszonylag nagy, a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció mennyisége nem
követi a pH értékét (1. táblázat).

Az agyagbemosódásos barna erdőtalajoknál, különösen a nagyrécscei talajnál
(1. ábra), mutatkozik meg legerőteljesebben a kilúgzás és felhalmozódás folyamata az
összes P-tartalom, illetve az aktív szervesetlen foszfátfrakciók szelvénybeli eloszlásában.
Az egyes aktív szervesetlen foszfátfrakciók közül a Fe- és Al-foszfátok mennyisége
különösen a felhalmozódási szintben jelentős, a kilúgzási szintben pedig elsősorban
az arányuk nő meg a nehezen oldható Ca-foszfáthoz képest. A nehezen oldható Ca-
foszfát mennyisége a felszíntől az anyakőzet felé növekedik, a Fe- és Al-foszfátoknak a

felhalmozódási szintben van a maximális előfordulásuk. E formák eredőjeként alakul ki az aktív szervesetlen foszfátok erdőtalajra jellemző eloszlása, amit az összes P eloszlása is követ.

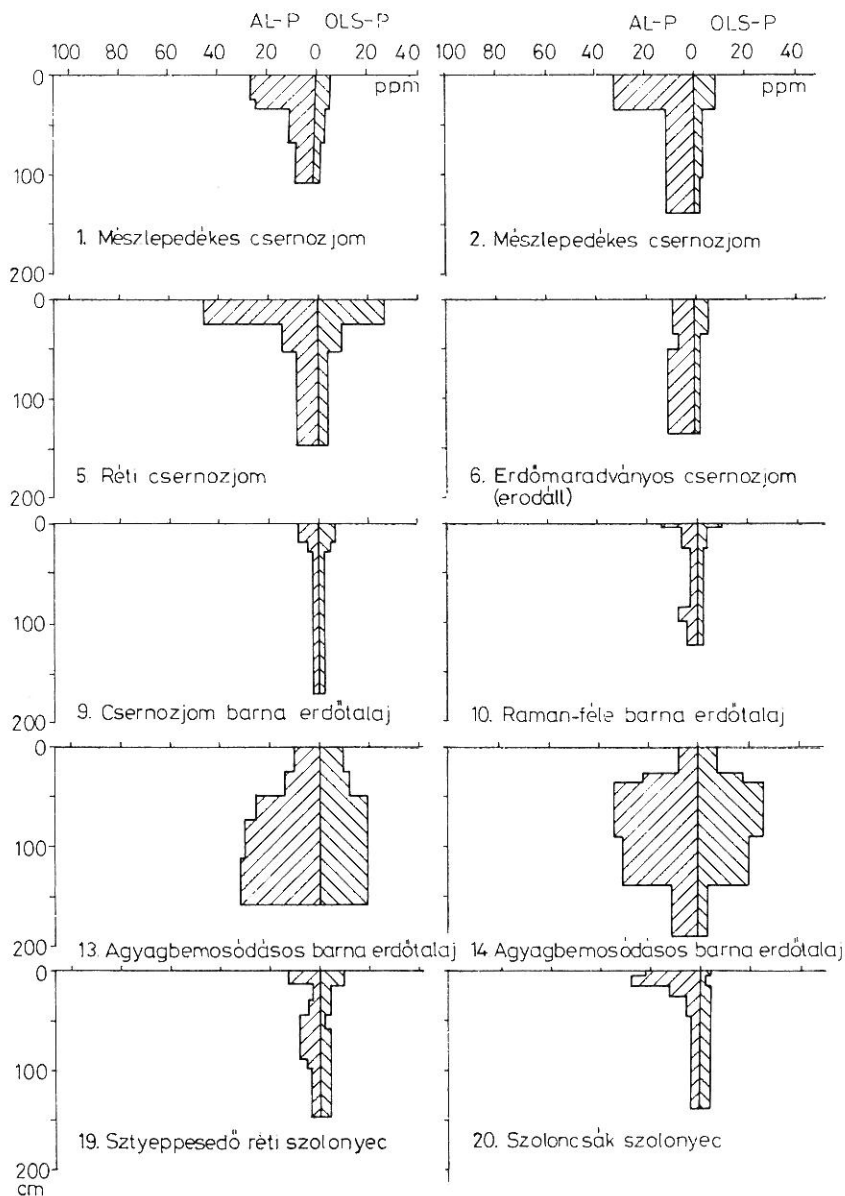
Az erdőtalajokról általában elmondható, hogy bennük jelentősebb a kilúgzás mértéke és mélysége, mint a csernozjom talajokban. Majdnem minden szelvénynél látható, hogy a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció mennyisége és aránya tükrözi legjobban a végbement folyamatokat (1. táblázat).



1. ábra

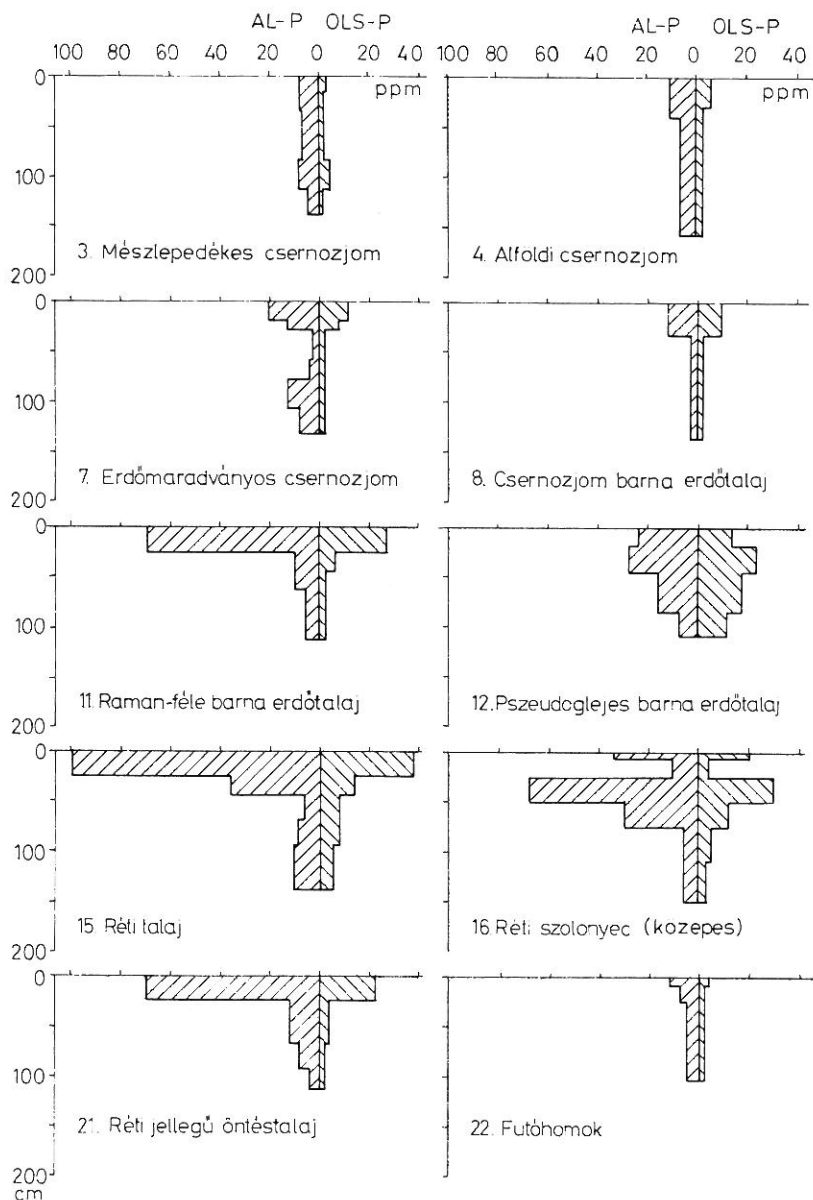
Néhány jellegzetes talajtípus foszforállapota. Talajtípusok: 2. Mészlepedékes csernozjom, Nagyhorcsók; 14. Agyagbemosódásos barna erdőtalaj, Nagyrécsé; 16. Réti szolonyec (közepes), Újszentmargitta. Aktív szervesetlen foszfátok: a) adszorbeált és a talajoldatban levő foszfátok; b) Al-foszfát és könnyen oldható savanyú Ca-foszfátok; c) Fe-foszfát; d) nehezen oldható, bázisos Ca-foszfátok; e) szerves foszfor; f) inaktív foszfor.

A viszonylag mélyen elhelyezkedő minimum érték az A-szintben és a B-szint felső részén, valamint a meglehetősen jelentős felhalmozódási szint a korábban már említett intenzív kilúgozás és lemosódás, illetve a növényi foszforfelvétel, és az esetleges foszfortrágyázás eredményeként alakulhatott ki.



2.
Néhány hazai talajtípus könnyen oldható

A könnyen oldható foszfortartalom (2. ábra) maximuma a csernozjom barna erdőtalajoknál és a Ramann-féle barna erdőtalajoknál a szántott rétegben, illetve az A-szintben van. Az agyagbemosódásos barna erdőtalajoknál a könnyen oldható foszfortartalom maximuma — függetlenül attól, hogy művelt vagy nem művelt



ábra
foszfortartalma. Talajtípusokat lásd 1. táblázat.

területről származik a szelvény — (Nagykanizsa, illetve Nagyréce) a felhalmozódási szintben jelentkezik. A pszeudoglejes barna erdőtalaj esetében a maximum a glejes szintben van. Az AL- és az OLS-módszer hasonlóan mutatja a felvehető foszfortartalom szelvénybeli eloszlását az erdőtalajok esetében, bár a keszthelyi Ramann-féle barna erdőtalajnál a CaCO_3 -os szint megjelenésekor az AL oldható foszfortartalom mennyisége kissé megnövekedik. Az ábrákból kitűnik, hogy az agyagbemosódásos barna erdőtalajok esetében a felhalmozódási szintben jelentős felvehető foszformennyiséggel kell számolnunk.

Réti és szikes talajok:

15. réti talaj	— Hosszúhát
16. réti szolonyec (közepes)	— Újszentmargitta
17. réti szolonyec (közepes)	— Újszentmargitta
18. réti szolonyec (mély)	— Újszentmargitta
19. sztyeppesedő réti szolonyec	— Karcag
20. szoloncsák-szolonyec	— Apaj

E talajokra a legjellemzőbb az összes P, de különösen az aktív szervesetlen foszfátfrakciók mennyiségének szelvénybeli eloszlásában megmutatkozó minimum (1. ábra). Az erdőtalajokhoz képest a minimum a szelvényben általában közelebb van a talajfelszínhez. Az összes P maximális értéke a talaj legfelső szintjében van (600—800 ppm P). Az összes P a szelvényben lefelé haladva egy minimumon keresztül (400—500 ppm P) éri el az anyakőzetre jellemző értékeket (500—600 ppm P). Az aktív szervesetlen foszfátok maximális értéke általában az anyakőzetben van, kivéve az apaji szoloncsák-szolonyec talajt, ahol a B_1 -szintben jelentkezik. A szerves P mennyisége minden szelvényben a felső talajszintben maximális, és a szelvényben lefelé haladva fokozatosan csökken.

A Fe- és Al-foszfátok szelvénybeli eloszlása általában a következő: a legfelső talajszintben mennyiségük viszonylag nagy, lefelé haladva egy minimum következik, majd a B_2 -szintben ismét feldúsulnak, és ezután mennyiségük az anyakőzet felé fokozatosan csökken.

A réti szolonyec és réti talajoknál a foszfortartalom minimuma legtöbbször egybeesik a szikes szinttel, így általában az A-szint alján, illetve a B_1 -szintben jelenik meg az összes P és az aktív foszfátfrakciók minimuma, összefüggésben a szikes szintben fellépő oldékonyságnövekedéssel. Ennél a szelvénybeli minimumnál nemcsak a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció mennyisége, de a Fe- és Al-foszfátok mennyisége is minimális.

A fellépő foszforminimumot több tényező együttes hatása okozza. Egyfelől a növényi felvétel halmozza fel a foszfort a felső talajszintben, másfelől az időszakosan felfelé irányuló vízmozgás a szikes szintekben a Na-sók hatására mobilizálódott foszfort felfelé szállítja. Ellentétes irányban hat viszont a csapadékvíz és az időszakos belvíz lefelé irányuló kilúgzó hatása. E tényezők eredőjeként alakul ki a szikes és réti talajok jellegzetes foszforeloszlása a talajszelvényekben (1. ábra).

A korábban már megszokott összefüggés a talajszelvények egyes genetikai szintjében uralkodó pH-viszonyok és az ott kialakult nehezen oldható Ca-foszfátfrakció mennyisége között a szikes talajok esetében nem érvényes következetesen. Azokban a szintekben ugyanis, ahol nem a Ca^{2+} -ionok, hanem a feldúsult Na^+ -ionok

szabályozzák a pH-t, ott a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció mennyisége nem követi a pH megfelelő változását.

Az apaji szoloncsák-szolonyec talajban is kialakult az összes P szelvénybeli eloszlása során egy minimum érték, csak ennél a talajnál a BC-szintben. Érdekes maximum érték van viszont a B₁-szintben. Az összes P változása a szelvényen belül szorosán követi az aktív szervesetlen foszfátok eloszlását, mivel a szerves P-tartalom a szelvény teljes mélységében állandó kis érték. Az aktív szervesetlen foszfátok közül jóformán csak a nehezen oldható Ca-foszfát van jelen, és ez alakítja ki az összes P szelvénybeli eloszlását is. Az A-szint alatt létrejövő maximum a felfelé irányuló vízmozgás eredményeként jöhetett létre, az alatta levő szintekben mobilizálódott nehezen oldható Ca-foszfát újra lecsapódása eredményeként. Ez a foszforeloszlás jellegzetesen mutatja a felfelé irányuló vízmozgás domináló szerepét.

A könnyen oldható foszfortartalom az intenzív művelés alatt álló hosszúhátú szelvényben a szántott rétegben a maximális; a réti szolonyc talajokban a minimum értéket mindkét módszerrel (AL, NaHCO₃) a B₂-szintben mértem (2. ábra). Az apaji szoloncsák-szolonyec talajban az AL-módszerrel mért könnyen oldható foszfortartalom a legfelső talajszintben a maximális, míg a NaHCO₃-tal mérve az egész szelvényben egyformán kicsi. Az AL oldható foszfortartalom ez utóbbi talajnál szemmel láthatóan a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció eloszlását követi.

Egyéb talajok:

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| 21. réti jellegű öntéstalaj | — Dömsöd |
| 22. futóhomok | — Kiskunlacháza |

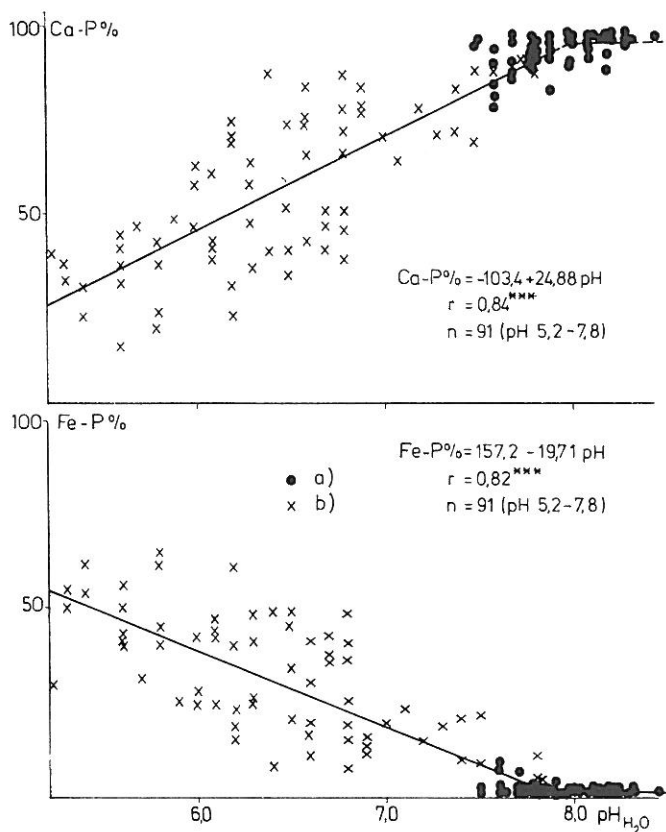
A dömsödi réti jellegű öntéstalaj morfológiailag bizonyos réti tulajdonságokat mutatott, de ez a foszfortartalom eloszlásában nem mutatkozik meg, feltehetően a réti jellegű behatások rövid időtartama miatt. Az összes, szerves és aktív szervesetlen foszfátok mennyisége a szelvény szántott rétegében maximális, majd utána lefelé fokozatosan csökken. Az aktív foszforfrakciók közül a nehezen oldható Ca-foszfátok mennyisége viszonylag állandó, jelezve, hogy nem történt meg számottevő differenciáció a talajszelvényben. A szántott rétegben viszont az adszorbeált és a savanyú Ca-foszfátok mennyisége (II. frakció) — feltehetően az intenzív műtrágyázás hatására (cukorrépa föld) — jelentősen megnövekedett.

A futóhomokszelvényben az összes P és a szerves P mennyisége lényegesen csökken a legfelső talajszinttől az anyaközet felé haladva. A szervesetlen foszfátok mennyisége jóformán teljesen ugyanaz az egész szelvényben, közülük a Ca-foszfát a domináló, a Fe- és Al-foszfátok mennyisége egészen minimális.

E két talajnál a felvehető foszfortartalom a talajok legfelső szintjében maximális és lefelé haladva fokozatosan csökken (2. ábra).

Amint az előzőekben — néhány jellegzetes hazai talaj foszforállapotának bemutatása során —, több ízben is rámutattam, összefüggés van a talajok pH-ja és az aktív foszfátfrakciók — azok közül is a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció és a Fe-foszfátfrakció — között. A nemzetközi irodalomban HSU és JACKSON [13] nem lineáris és MADL [14] lineáris összefüggést talált a talajok pH-ja és az egyes szervesetlen foszfátfrakcióknak az aktív foszfátok százalékában kifejezett mennyisége között. Míg az előbbi szerzők meszes anyaközeten állapították meg az összefüggést, addig az utóbbi bajorországi morénatalajokon.

Vizsgálataimhoz felhasználtam az egész rendelkezésre álló anyagot, vagyis a bemutatott szelvények mintáit és a korábbi munkáimban használt [7, 10] — elsősorban a felső talajsztintekből származó — mintákat, valamint az OTK műtrágyázási tartamkísérletek szántott rétegeből gyűjtött talajmintákat [8]. Meghatározva a talajok szervesetlen foszfátfrakcióit és pH-ját, kiszámítottam a nehezen oldható Ca-foszfát-, illetve a Fe-foszfátfrakció százalékos mennyiségét, az aktív szervesetlen foszfátfrakciók százalékában. A pH és a százalékos foszfortartalom között a korrelációs számítás 91 talajjal végeztem el, mely talajok pH-ja 5,2—7,8 közé esett. A 3. ábrán látható az összefüggés a pH és a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció, valamint a Fe-foszfátfrakció százalékos mennyisége között. Az ábrán nemcsak az említett 91 talajt tüntettem fel, hanem azokat a karbonátos talajokat is, melyek pH-ja meghaladta a 7,8-at. A 91 talaj között viszont szerepelnek azok a karbonátos talajok, amelyeknek a pH-ja kisebb 7,8-nál. Nem foglalkoztam a korrelációs számítás során azokkal a talajokkal, amelyek szikes talajsztintekből származtak, és ebből kifolyólag pH-juk nem a CaCO_3



3. ábra

A nehezen oldható Ca-foszfát- és a Fe-foszfátfrakció százalékos mennyisége az I—IV frakciók összegének százalékában a talaj $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -jának függvényében. a) karbonátos talaj; b) nem karbonátos talaj.

jelenlététől, illetve a Ca^{2+} -ionoktól, hanem a feldúsuló Na^+ -ionoktól függött. Nem szerepelnek emellett azok a talajok sem, amelyek a szántóföldi művelés következtében feltűnően intenzíven lettek foszforral trágyázva. A pH és a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció százalékos aránya között $r=0,84$, 0,1%-os valószínűségi szinten szignifikáns összefüggés van. Más szóval az általam vizsgált hazai talajok A, B és C genetikai szintjeiben levő aktív foszfátfrakciók százalékos Ca-foszfát-tartalma — bizonyos értelemben a foszforvegyületek egymáshoz viszonyított aránya, vagyis foszforállapota — a talajok pH-jának függvénye. Hasonlóan a pH-tól függ — de ellentétes előjellel — az aktív foszfátfrakciók százalékos Fe-foszfát-tartalma is (3. ábra). Az összefüggésből adódóan a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció pH 5,2-nél az aktív frakciók 25%-át, pH 7,8-nál már 90%-át teszi ki. Néhány karbonátos talaj már ennél kisebb pH mellett is több mint 90% nehezen oldható Ca-foszfátot tartalmaz. pH 8,0 fölött a talajban levő aktív foszfátoknak a 95%-a nehezen oldható Ca-foszfát alakjában van jelen. A Ca-foszfáttal éppen ellentétes képet mutat a Fe-foszfátfrakció. Százalékos aránya pH 5,2-nél 55%, pH 7,8-nál gyakorlatilag 0%.

Ez a két összefüggés azt mutatja, hogy azonos, vagy legalábbis hasonló anyagközeten képződött (karbonátos, legtöbb esetben löszön képződött) talajaink esetében a talajok pH-ja döntő tényező a foszforállapot kialakítása szempontjából. Emellett természetesen meghatározó szerepe van a CaCO_3 jelenlétének is. Ahol CaCO_3 van jelen a talajban — és a talaj nem lett intenzíven foszforral trágyázva — ott a nehezen oldható Ca-foszfátfrakció százalékos aránya a legtöbb esetben meghaladja az aktív frakciók 90%-át, ugyanakkor a Fe-foszfátfrakció százalékos aránya gyakorlatilag 0%. Kivételt csupán a Na-hatás alatt álló talajszintek képviselnek.

A fenti két foszfátfrakció mellett a CaCO_3 jelenléte döntően befolyásolja az adszorbeált és a talajoldatban levő foszfátok mennyiségét is. Ennek a frakciónak a mennyisége nem karbonátos talajokban nagyon kicsi, közel 0 ppm P, karbonátos talajokban azonban jelentősen megnövekszik [8].

Az összefüggés-számításban a szántott réteg mintái is szerepelnek, és jelenlétükkel nem torzítják el oly mértékben az összefüggést, hogy a számított egyenes által ábrázolt állapotot (3. ábra) ne tekinthetnénk a foszfor szempontjából egyensúlyi helyzetnek. Azok a talajok tehát, amelyek viszonylag távol esnek az egyenestől, valamilyen ok miatt nincsenek egyensúlyban környezetükkel foszforállapotukat tekintve. Így azokban — amelyek jóval a számított egyenes fölött helyezkednek el —, a savanyodást nem követte megfelelően a nehezen oldható Ca-foszfát mennyiségének, illetve arányának csökkenése. Azokban a talajokban viszont, amelyek az egyenes alatt helyezkednek el, a nehezen oldható Ca-foszfát visszaalakulásának üteme nem volt képes követni a pH megnövekedését. Természetesen a visszaalakuláshoz, a megfelelő pH mellett, a Ca^{2+} -ionok elegendő koncentrációja is szükséges. Előfordulhat az az eset is, hogy az egyensúly foszfortrágyázás következtében toródik el, vagyis az aktív frakcióban megnövekedik a könnyen oldható savanyú Ca-foszfátok, valamint a Fe- és Al-foszfátok aránya a nehezen oldható Ca-foszfátokhoz képest, ezáltal az adott pH-nak megfelelő nehezen oldható Ca-foszfát mennyisége és aránya jelentősen lecsökken.

A pH és a nehezen oldható Ca-foszfát-, illetve Fe-foszfátfrakció közötti szoros összefüggés legfontosabb következménye az, hogy a vizsgált talajok (karbonátos anyagközeten — elsősorban löszön —, képződött talajok) foszforállapota egységes rendszerben kezelhető. Eszerint a talajok pH-ja, valamint a CaCO_3 jelenléte döntően

meghatározza a talajokban kialakuló szervesen foszfátvegyületek mennyiségét és arányát is. Ezzel tehát igazolódni látszik SIGMOND [18], SCHÖNFELD [17] és VÁRALLYAY [21] azon csoportosítása, miszerint a talajokat elsődlegesen „mészszegény” és „mészben gazdag” talajokra osztották fel foszforállapotuk, könnyen oldható foszfortartalmuk, foszfortrágyázásuk vizsgálatukor.

Összefoglalás

Jellegzetes hazai talajtípusok, altípusok (22 szelvény) foszforállapotának vizsgálata során megállapítottam, hogy a talajok genetikai és dinamikai sajátosságai befolyásolják a foszfor szelvénybeli eloszlását, amiből ezáltal következtethetünk a talajt alakító folyamatok jellegére és erősségére.

A szerves P mennyisége a talajszelvények legfelső szintjében a maximális, és minden talajban csökken a mélységgel.

A felvehető foszfortartalom a vizsgált talajszelvények legtöbbszörében általában a felső talajszintben a maximális, kivéve az agyagbemosódásos barna erdőtalajokat, ahol a felhalmozódási szintben, és a réti szolonyeceteket, ahol pedig a B₂-szintben a legnagyobb. Az AL és az Olsen-féle NaHCO₃-os módszer általában hasonlóan mutatja a felvehető foszfortartalom eloszlását a savanyú talajszintekben, a CaCO₃-tartalmú talajszintekben azonban az AL oldható foszfortartalom több esetben is jelentősen megnövekszik a NaHCO₃ oldható foszfortartalomhoz képest.

Karbonátos anyakőzetten (löss, homok) képződött talajainkban a nehezen oldható Ca-foszfát- és a Fe-foszfátfrakció mennyisége és aránya követi a legkövetkezősebben a talaj képződése során végbement folyamatokat. A fenti talajok nagy részénél a karbonáttartalom már a felső talajszintekben megjelenik, ezért a talajok többségében a nehezen oldható, bázisos Ca-foszfát a domináló szervesen foszfátvegyület. A Fe- és Al-foszfátok mennyisége, illetve aránya csak az agyagbemosódásos barna erdőtalajok felhalmozódási szintjében számottevő, de a 200 ppm P értéket ritkán haladja meg.

A vizsgált talajokban a pH, valamint a CaCO₃ jelenléte döntően meghatározza a kialakuló szervesen foszfátvegyületek mennyiségét és arányát, vagyis a talaj foszforállapotát. Ezt mutatja a talajok pH-ja és a nehezen oldható Ca-foszfát-, valamint a Fe-foszfátfrakció százalékos mennyisége közötti szoros összefüggés a pH_{H₂O} 5,2—7,8 tartományban. Következésképpen talajaink foszforállapotát első közelítésben jól jellemezhetjük a talajok pH-jával és a CaCO₃ jelenlétével.

Irodalom

- [1] AHMAD, N. & JONES, R. L.: Forms of occurrence of inorganic phosphorus and its chemical availability in the limestone soils of Barbados. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **31**. 184—188. 1967.
- [2] DAHNKE, W. C., MALCOLM, J. L. & MENENDEZ, M. E.: Phosphorus fractions in selected soil profiles of El Salvador as related to their development. *Soil Sci.* **98**. 33—38. 1964.

- [3] FÁBRY GY-NÉ: Szerveskötésű foszforfrakciók hazai talajainkban. *Agrokémia és Talajtan*. **9**. 245—260. 1960.
- [4] FÁBRY GY-NÉ: Adatok hazai talajaink szerves foszfortartalmához. *OMMI Évkönyv*. **5**. 323—336. 1961.
- [5] FÁBRY GY-NÉ: Foszforvegyületek dinamikájának vizsgálata barna erdőtalaj területek néhány jellegzetes szelvényében. *Agrokémia és Talajtan*. **12**. 407—426. 1963.
- [6] FÁBRY GY-NÉ: Néhány hazai talajtípus szerves foszfortartalma. *Agrokémia és Talajtan*. **18**. 299—312. 1969.
- [7] FÜLEKY GY.: Néhány hazai talajtípus összes foszfortartalmának összehasonlító vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. **22**. 311—318. 1973.
- [8] FÜLEKY GY.: A talaj P-állapotának változása tartamkísérletben. II. *Agrokémia és Talajtan*. **24**. 291—302. 1975.
- [9] FÜLEKY GY.: Foszfordinamika az újszentmargitai szolonyec talajokon. *Agrokémia és Talajtan*. **28**. 115—122. 1979.
- [10] FÜLEKY GY. & VARGA GY.: A foszforvegyületek eloszlása jellegzetes hazai talajokban. *Agrokémia és Talajtan*. **23**. 41—52. 1974.
- [11] GORBUCSEV, I. et al.: Phosphorus status in the soils of Bulgaria. 9th Int. Congr. Soil Sci. Transactions II. Adelaide. 321—339. 1968.
- [12] HAAS Á-NÉ: Foszfátmegkötődés és mobilizáció vizsgálata hazai talajtípusainkon. *Agrokémia és Talajtan*. **8**. 331—350. 1959.
- [13] HSU, P. H. & JACKSON, M. L.: Inorganic P transformation by chemical weathering in soils. *Soil Sci.* **90**. 16—24. 1960.
- [14] MADL, W.: Bindung und Verteilung des Phosphors in Böden der Bayerischen Moränenlandschaft. Dissertation. L. Maximilians Univ. München. 1960.
- [15] MCKENZIE, A. F.: Inorganic soil phosphorus fractions of some Ontario soils as studied using isotopic exchange and solubility criteria. *Canad. J. Soil. Sci.* **42**. 150—156. 1962.
- [16] SCHACHTSCHABEL, P. & HEINEMANN, G.: Beziehungen zwischen P-Bindungsart und pH-Wert bei Lössböden. *Z. PflErnähr. Düng. Bodenk.* **105**. 1—13. 1964.
- [17] SCHÖNFELD S. & DÖMÖTÖR E.: A talaj trágyaigényének laboratóriumi meghatározásáról. *Mezőgazd. Kut.* **13**. 213—230. 1940.
- [18] SIGMOND E.: Új kémiai módszer a talajban előforduló asszimilálható foszforsav meghatározására. *Kísérletügyi Közlemények*. **3**. 532—552. 1900.
- [19] SMECK, N. E.: Phosphorus: an indicator of pedogenetic weathering processes. *Soil Sci.* **115**. 199—1973.
- [20] SZOKOLOV, A. V. & ROZOV, N. N.: Agrohímicseskaja karakterisztika pocsv. *SzSzsZR. Nauka. Moszkva*. 1976.
- [21] VÁRALLYAY, GY.: Változások a talaj reakció- és táplálóanyag állapotában. *Kísérletügyi Közlemények*. **46**. 254—285. 1943.
- [22] VOPLAKAL, K. & DAMASKA, J.: Frakci slozeni fosforu v pudach CSR. *Rostl. Vyroba*. **17**. 713—722. 1971.
- [23] WALKER, T. W.: The significance of phosphorus in pedogenesis. In: *Experimental pedology*. Butterworth. London. 295—315. 1964.
- [24] WALKER, T. W. & ADAMS, A. F. R.: Studies on soil organic matter: I. Influence of phosphorus content of parent materials on accumulations of carbon, nitrogen, sulfur, and organic phosphorus in grassland soils. *Soil Sci.* **85**. 307—318. 1958.

Érkezett: 1982. november 30.

Phosphorus Status of Characteristic Soil Types in Hungary

G. FÜLEKY

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

Summary

Investigations were carried out to determine the P status of characteristic Hungarian soil types and subtypes (22 profiles). It has been found that the genetic and dynamic properties of the soil influence P distribution within the profile, which, consequently, indicates the intensity and the character of processes having led to the formation of the soil.

The organic P content is the highest in the top layer of the profile and it decreases with depth in all soils.

In most of the examined soil profiles available P shows its maximum in the upper soil horizon, except in the brown forest soil with clay illuviation and in the meadow solonetz soil, where the maximum available P content occurs in the accumulation horizon and in the B₂ horizon, respectively.

The AL- and NaHCO₃-soluble P contents usually show a similar picture of the distribution of available P within the acidic soil horizons, but in the horizons with a high CaCO₃ content the amount of AL-soluble P significantly exceeds that of NaHCO₃-soluble P.

In soils formed on calcareous parent material (loess, sand) the amounts and ratios of the poorly soluble Ca-phosphate and Fe-phosphate fractions indicate the most consistently the previous soil forming processes. In most of these soils CaCO₃ already appears in the upper soil horizons, therefore the poorly soluble, basic Ca-phosphate is the dominant inorganic phosphate compound. It is only in the accumulation horizon of brown forest soils with clay illuviation that the amount and ratio of Fe- and Al-phosphates are noteworthy, though the amount rarely exceeds 200 ppm P.

In the examined soils pH and the presence of CaCO₃ decisively influence the amount and ratio of inorganic P compounds, that is, the P status of the soil. This is clearly indicated by the close correlation between soil pH, as well as the percental amounts of the poorly soluble Ca- and Fe-phosphate fractions in the pH_{H₂O} 5.2—7.8 range. Consequently, the P status of Hungarian soils may be appraised — as a first approximation — on the basis of soil pH and CaCO₃ content.

Table 1. The P status of the examined soils and some of their other relevant characteristics. (1) No., type and place of origin of soil sample: 1. Chernozem with mycelia of lime, Érd; 2. Chernozem with mycelia of lime, Nagyhörscök; 3. Chernozem with mycelia of lime, Debrecen; 4. Lowland chernozem, Karcag; 5. Meadow chernozem, Nagyhegyes; 6. Chernozem with forest remnants (eroded), Martonvásár; 7. Chernozem with forest remnants, Martonvásár; 8. Chernozem brown forest soil, Putnok; 9. Chernozem brown forest soil, Kompolt; 10. Brown forest soil (according to Ramann), Keszthely; 11. Brown forest soil (according to Ramann) (eroded), Keszthely; 12. Pseudogleyic brown forest soil, Lenti; 13. Brown forest soil with clay illuviation, Nagykanizsa; 14. Brown forest soil with clay illuviation, Nagyréce; 15. Meadow soil, Hosszúhát; 16. Meadow solonetz (middle), Újszentmargitta; 17. Meadow solonetz (middle), Újszentmargitta; 18. Meadow solonetz (deep), Újszentmargitta; 19. Meadow solonetz turning into steppe formation, Karcag; 20. Solonchak-solonetz, Apaj; 21. Meadow-like alluvial soil, Dömsöd; 22. Blown sand, Kiskunlacháza. (2) Genetic horizon. (3) Sampling depth, cm. (4) Humus, %. (5) Inorganic phosphate fractions (ppm P): I. Adsorbed P and P in the soil solution (extractant: 1 N NH₄Cl); II. Al-phosphate and readily soluble acidic Ca-phosphates (extractant: 0.5 N NH₄F); III. Fe-phosphate (extractant: 0.1 N NaOH); IV. Poorly soluble basic Ca-phosphates (extractant: 0.5 N H₂SO₄). (6) Organic P, ppm P. (7) Total P, ppm P.

Fig. 1. P status of some characteristic soil types. Soil types: 2. Chernozem with mycelia of lime, Nagyhöröcsök; 14. Brown forest soil with clay illuviation, Nagyrécsé; 16. Meadow solonetz (middle), Újszentmargitta. Active inorganic phosphates: a) adsorbed P and P in the soil solution; b) Al-phosphate and readily soluble acidic Ca-phosphates; c) Fe-phosphate; d) poorly soluble basic Ca-phosphates; e) organic P; f) inactive P.

Fig. 2. The readily soluble P content of some Hungarian soil types. 1. Chernozem with mycelia of lime, Érd; 2. Chernozem with mycelia of lime, Nagyhöröcsök; 3. Chernozem with mycelia of lime, Debrecen; 4. Lowland chernozem, Karcag; 5. Meadow chernozem, Nagyhegyes; 6. Chernozem with forest remnants (eroded), Martonvásár; 7. Chernozem with forest remnants, Martonvásár; 8. Chernozem brown forest soil, Putnok; 9. Chernozem brown forest soil, Kompolt; 10. Brown forest soil (according to Ramann), Keszthely; 11. Brown forest soil (according to Ramann) (eroded), Keszthely; 12. Pseudogleyic brown forest soil, Lenti; 13. Brown forest soil with clay illuviation, Nagykanizsa; 14. Brown forest soil with clay illuviation, Nagyrécsé; 15. Meadow soil, Hosszúhát; 16. Meadow solonetz (middle), Újszentmargitta; 19. Meadow solonetz turning into steppe formation, Karcag; 20. Solonchak-solonetz, Apaj; 21. Meadow-like alluvial soil, Dömsöd; 22. Blown sand, Kiskunlacháza.

Fig. 3. The percental amount of poorly soluble Ca-phosphate and Fe-phosphate fractions expressed as a percent of fractions I—IV, as a function of soil $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$. a) calcareous soil; b) non-calcareous soil.

P-Zustand der wichtigeren Bodentypen in Ungarn

G. FÜLEKY

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

Zusammenfassung

Im Laufe der Untersuchung des P-Zustandes der ungarischen Bodentypen, sowie Subtypen (22 Profile) wurde festgestellt, dass die genetischen und dynamischen Bodeneigenschaften die Verteilung des Phosphors innerhalb des Profils beeinflussen, woraus man auf den Charakter und die Stärke der bodenbildenden Vorgänge schliessen kann.

Die Menge des organischen Phosphors ist in dem obersten Horizont des Bodenprofils die grösste und nimmt in jedem Boden mit der Tiefe ab.

Der aufnehmbare P-Gehalt der meisten der untersuchten Bodenprofile ist im allgemeinen im obersten Bodenhorizont der grösste, ausgenommen die braunen Waldböden mit Toneinwaschungen, wo dieses Maximum in der Akkumulationsschicht und die Solonetzböden, wo dies in dem B_2 -Horizont auftritt.

Die AL-Methode und die NaHCO_3 -Methode nach Olsen zeigen die Verteilung des aufnehmbaren P im allgemeinen auf gleiche Weise in den Horizonten der sauren Böden an, in solchen mit einem CaCO_3 -Gehalt hingegen nimmt der AL-lösliche P-Gehalt im Verhältnis zum NaHCO_3 -löslichen P-Gehalt in mehreren Fällen beträchtlich zu.

Bei den ungarischen Böden, die sich auf karbonathaltigem Muttergestein (Löss, Sand) gebildet haben, zeigen Menge und Verhältnis der schwerlöslichen Ca-Phosphat- und der Fe-Phosphatfraktion die im Laufe der Bodenbildung eingetretenen Vorgänge am konsequentesten an. Bei einem grossen Teil obiger Böden erscheint der Karbonatgehalt schon in den oberen Bodenschichten, weshalb bei der Mehrzahl dieser Böden das basische, schwerlösliche Ca-Phosphat die dominierende anorganische Phosphatverbindung bildet. Die Menge, bzw. das Verhältnis der Fe- und Al-Phosphate ist nur in dem Akkumulationshorizont der braunen

Waldböden mit Toneinwaschungen beträchtlich, übersteigt aber nur selten den Wert von 200 ppm P.

Die Anwesenheit von CaCO_3 und der pH-Wert der untersuchten Böden bestimmen die Menge und das Verhältnis der entstehenden anorganischen Phosphatverbindungen, d. h. den Phosphorzustand der Böden entscheidend. Dies beweist auch der enge Zusammenhang zwischen dem pH-Wert der Böden und der prozentuellen Menge des schwerlöslichen Ca-Phosphates im Bereich 5,2–7,8 des $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -Wertes. Infolge dessen kann der Phosphorzustand der Böden in erster Annäherung durch den pH-Wert der Böden und durch die Anwesenheit von CaCO_3 gut gekennzeichnet werden.

Tab. 1. Phosphorzustand und einige wichtige Kennwerte der untersuchten Böden. (1) Bezeichnung, Typ und Herkunftsort der Bodenproben: 1. Tschernosem mit Kalkhüllen, Érd; 2. Tschernosem mit Kalkhüllen, Nagyhöröcsök; 3. Tschernosem mit Kalkhüllen, Debrecen; 4. Tiefländischer Tschernosem, Karcag; 5. Wiesentschernosem, Nagyhegyes; 6. Tschernosem mit Waldresten (erodiert), Martonvásár; 7. Tschernosem mit Waldresten, Martonvásár; 8. Tschernosem brauner Waldboden, Putnok; 9. Tschernosem brauner Waldboden, Kompolt; 10. Ramann'scher brauner Waldboden, Keszthely; 11. Ramann'scher brauner Waldboden (erodiert), Keszthely; 12. Brauner Waldboden mit Pseudogleybildung, Lenti; 13. Brauner Waldboden mit Toneinwaschungen, Nagykanizsa; 14. Brauner Waldboden mit Toneinwaschungen, Nagyrécsé; 15. Wiesenboden, Hosszúhát; 16. Wiesen-Solonetz (mittlerer), Újszentmargitta; 17. Wiesen-Solonetz (mittlerer), Újszentmargitta; 18. Wiesen-Solonetz (tiefer), Újszentmargitta; 19. Wiesen-Solonetz mit Steppenbildung, Karcag; 20. Solontschak-Solonetz, Apaj; 21. Alluvialboden mit Wiesencharakter, Dömsöd; 22. Flugsand, Kiskunlacháza. (2) Bezeichnung des genetischen Horizontes. (3) Tiefe der Probenahme, cm. (4) Humus, %. (5) Anorganische Phosphatfraktionen, ppm P: I. Adsorbierte Phosphate und Phosphate in der Bodenlösung (Lösemittel: 1 N NH_4Cl); II. Al-Phosphate und leichtlösliche, saure Ca-Phosphate (Lösemittel: 0,5 N NH_4F); III. Fe-Phosphate (Lösemittel: 0,1 N NaOH); IV. Schwerlösliche, basische Ca-Phosphate (Lösemittel: 0,5 N H_2SO_4). (6) Organische Phosphate, ppm P. (7) Gesamter Phosphorgehalt, ppm P.

Abb. 1. P-Zustand einiger charakteristischer Bodentypen. Bodentypen: 2. Tschernosemboden mit Kalkhüllen, Nagyhöröcsök; 14. Brauner Waldboden mit Toneinwaschungen, Nagyrécsé; 16. Wiesen-Solonetz (mittlerer), Újszentmargitta. Aktive anorganische Phosphate: a) Adsorbierte und in der Bodenlösung befindliche Phosphate; b) Al-Phosphate und leichtlösliche, saure Ca-Phosphate; c) Fe-Phosphate; d) Schwerlösliche, basische Ca-Phosphate; e) organische Phosphate; f) inaktive Phosphate.

Abb. 2. Leichtlöslicher P-Gehalt einiger ungarischer Bodentypen. Bodentypen: s. Tab. 1.

Abb. 3. Menge der schwerlöslichen Ca-Phosphat- und der Fe-Phosphatfraktion in % der Summe der P-Fraktionen I–IV, als Funktion des $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -Wertes der Böden. a) Karbonathaltiger Boden; b) nicht karbonathaltiger Boden.

Обеспеченность фосфором основных типов венгерских почв

Д. ФЮЛЕКИ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

При изучении обеспеченности фосфором характерных для Венгрии почвенных типов и подтипов (всего 22 почвенных разреза) установили, что генетические и динамические особенности оказывают влияние на распределение фосфора по почвенному профилю, что, в свою очередь, позволяет судить о характере и силе почвообразовательных процессов.

Содержание органического -Р максимально в самых верхних горизонтах почв и во всех почвах снижается с глубиной.

Максимальное содержание легкоусвояемого фосфора в большинстве случаев наблюдали в верхних горизонтах изученных почв, за исключением иллимизированных бурых лесных почв, где их максимум находился в горизонтах аккумуляции и луговых солонцов, где их содержание наибольшее в горизонте B_2 . АЛ-метод и метод растворения в $NaHCO_3$ по Олсену показали примерно такое же распределение содержания легкоусвояемого фосфора в кислых горизонтах почв, в горизонтах содержащих $CaCO_3$ АЛ-Р во многих случаях значительно превышал содержание фосфора, растворимого в $NaHCO_3$.

В почвах, образованных на карбонатных породах (лессе, песке) количество и соотношение труднорастворимых фракций Са-фосфата и Fe-фосфата следует за процессами, проходившими при образовании почв. У большинства изученных почв карбонаты появляются уже в верхних горизонтах, поэтому в них труднорастворимые, базисные Са-фосфаты являются доминирующими минеральными фосфорными соединениями. Содержание и соотношение Fe- и Al-Фосфатов относительно высокое только в аккумулятивных горизонтах иллимизированных бурых лесных почв, хотя редко превышает 200 ппм. Р.

В изученных почвах количество образуемых минеральных фосфорных соединений, т.е. состояние Р в почвах, в основном определяется величинами рН и содержанием $CaCO_3$. На это указывает рН почв, а также тесная зависимость между процентными соотношениями труднорастворимых Са- и Fe-Фосфатов в пределах pH_{H_2O} 5,2—7,8. Таким образом, состояние фосфора в почвах, в первом приближении довольно хорошо характеризуется величиной рН и содержанием $CaCO_3$.

Табл. 1. Состояние фосфора в изученных почвах и другие важные показатели. (1) Номер почвенного образца, тип почвы и место залегания: 1. Мицелярный чернозем, Эрд. 2. Мицелярный чернозем, Надхёрчэк. 3. Мицелярный чернозем, Дебрецен. 4. Алфёльдский чернозем, Карцаг. 5. Луговой чернозем, Надхедеш. 6. Лесоостаточный чернозем (эродированный), Мартонвашар. 7. Лесоостаточный чернозем, Мартонвашар. 8. Черноземовидная бурая лесная почва, Путнок. 9. Черноземовидная бурая лесная почва, Комполт. 10. Бурая лесная почва по Раманну, Кестхей. 11. Бурая лесная почва по Раманну, (эродированная), Кестхей. 12. Псевдоглеевая бурая лесная почва, Ленти. 13. Иллимизированная бурая лесная почва, Надканижа. 14. Иллимизированная бурая лесная почва, Надьрече. 15. Луговая почва, Хоссухат. 16. Луговой солонец (средний), Уйцентмаргитта. 17. Луговой солонец (средний), Уйцентмаргитта. 18. Луговой солонец (глубокий), Уйцентмаргитта. 19. Остепняющийся луговой солонец, Карцаг. 20. Солончак солонец, Апай. 21. Лугово-аллювиальная почва, Дёмшёд. 22. Сыпучий песок, Кишкунлацхаза. (2) Обозначение генетического горизонта. (3) Глубина взятия образцов, см. (4) Гумус, %. (5) Фракции минерального фосфора (Р ппм): I. Адсорбированные и находящиеся в почвенном растворе фосфаты (растворитель I. н. NH_4Cl). II. Al-фосфат и

легкорастворимые кислые Са-фосфаты (растворитель 0,5 н. NH_4F). III. Fe-фосфат (растворитель 0,1 н. NaOH). IV. Труднорастворимые, базисные Са-фосфаты (растворитель 0,5 н. H_2SO_4). (6) Органический-Р, ппм Р. (7) Общий фосфор, ппм Р.

Рис. 1. Состояние фосфора в некоторых характерных типах почв. Типы почв: 2. Мицелярный чернозем, Надьхёрчэк. 14. Иллимеризованная бурая лесная почва, Надьхёрчэк. 16. Луговой солонец (средний), Уйсентмаргитга. Активные минеральные фосфаты: а) адсорбированные и находящиеся в почвенном растворе фосфаты. б) Al-фосфат и легкорастворимые кислые Са-фосфаты. с) Fe-фосфат. d) Труднорастворимые, базисные Са-фосфаты. е) Органический фосфор. f) Инактивный фосфор.

Рис. 2. Содержание легкорастворимого фосфора в некоторых типах венгерских почв. Типы почв смотри в таблице 1.

Рис. 3. Процентное количество труднорастворимых фракций Са-фосфата и Fe-фосфата в % от общего количества I—IV. Фракций в зависимости от рН почвы. а) карбонатная почва. б) некарбонатная почва.