

Az algériai nyersfoszfát és a szuperfoszfát hatásának vizsgálata

I. A foszfortrágyák összehasonlító vizsgálata a tavaszi árpa termésére és foszfortartalmára tenyészedény-kísérletben különböző talajokon

OSZTOICS ANDRÁSNÉ, CSATHÓ PÉTER és NÉMETH TAMÁS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Régóta ismert, hogy a reaktív nyersfoszfát közvetlenül alkalmazható P-forrásként savanyú talajokon. Agronómiai hatásosságát elsősorban a talaj tulajdonságai, az éghajlat, a növény fajtája és magának a nyersfoszfátnak a tulajdonságai (kémiai reaktivitása, részecskénagysága) határozzák meg. A talajban az alacsony felvehető P-tartalom, kicserélhető Ca-tartalom, pH (< 6), bázistelítettség, a magas kationkicserélő kapacitás és a megfelelő talajnedvesség a nyersfoszfát oldódását, közvetlen alkalmazhatóságát segítik (KHASAWNEH & DOLL, 1978; HAMMOND et al., 1986; SANYAL & DE DATTA, 1991; CHIEN & MENNON, 1995).

Ismert tény, hogy rendszeres nyersfoszfát-kijuttatással a talajsavasodás is mérsékelhető, annak káros hatása (pl. Al, Mn ill. nehézfémek talajoldatba jutása) tompítható.

A világ ismertebb lelőhelyein bányászott nyersfoszfát-féleségek természetes, citrátban való oldékonyságáról LEHR (1980) közöl átfogó adatokat. Általános összefüggésként megállapították, hogy a magmás eredetű nyersfoszfátok (pl. a Kola-foszfát) természetes oldékonysága igen csekély. Az üledékes, közöttük is az ún. „lágý” foszfátok viszont több esetben kitűnő oldékonyságukkal tűnnek ki.

A téma fontosságának megfelelően a világ számos részén vizsgálják ma is a nyersfoszfátok közvetlen alkalmazásának feltételeit (CASANOVA, 1995; SIKORA & GIORDANO, 1995; ZAPATA & AXMANN, 1995; XIONG et al., 1996).

A nyersfoszfáttal végzett korábbi hazai kutatási eredmények

Az intenzív P-műtrágyázás időszakában nagyrészt orosz Kola nyersfoszfátból gyártott szuperfoszfáttal történt a hazai P-igény biztosítása. Ezt a szuperfoszfátot használták P-műtrágya forrásként az országban, mind meszes, mind savanyú talajokon. A 80-as évek második felében, amikor a folyékony műtrá-

gyázási technológia kezdett elterjedni, bizonyos mennyiségű MAP (monomammónium-foszfát) is felhasználásra került. A hazai nyersfoszfát-P felhasználás részaránya az összes műtrágya-P-on belül elenyésző, 1 % alatti volt csupán napjainkig. A relatíve olcsó, gazdaságos P-forrásként szolgáló jó természetes oldékonyságú üledékes nyersfoszfátok hazai alkalmazását a savanyú kémhatású talajok jelentős részaránya teszi indokolttá. A savanyító műtrágyák intenzív használata, valamint kismértékben a savas esők következtében a talajok savasodása a 70-es, 80-as években felgyorsult. A magyarországi talajok savasodásra való érzékenységének térképét VÁRALLYAY és munkatársai (1993) készítették el.

Hasonlóan a mezőgazdasági gyakorlathoz, a hazai P-trágyázási kísérletek döntő többségében is szuperfoszfát volt a P-forrás. A fellelhető csekély számú, nyersfoszfátokkal végzett kutatás az alábbiak szerint csoportosítható:

A) Laboratóriumi vizsgálatok (a nyersfoszfátok tömény savakban, híg szerves savakban, desztillált vízben való oldékonysága; a nyersfoszfátok fajlagos felülete).

B) Tenyészedény- és szabadföldi kísérletek (a nyersfoszfátok hatásának összehasonlítása; a nyersfoszfátok és a szuperfoszfát hatása a növények termelésére és P-felvételére).

Intézetünkben végzett korábbi laboratóriumi vizsgálatok eredményei szerint a Gafsa észak-afrikai hiperfoszfát fajlagos felülete volt a legnagyobb, 1187 cm²/g, ugyanakkor az izraeli ciklonfoszfát és az orosz Kola nyersfoszfát fajlagos felülete a Gafsa foszfáténak csupán 64, ill. 47 %-át érte el (KRÁMER, 1962).

BÉSÁNNÉ (1992) az észak-karolinai nyersfoszfát összes P-tartalmának 0,3 %-át találta vízben oldhatónak, 36,8 %-át citromsav-oldhatónak. Az izraeli Arad nyersfoszfát P-tartalmának szintén 0,3 %-a volt vízoldható és 67,7 %-a citromsav-oldható.

SIK (1964) három, az ország eltérő területein elhelyezkedő savanyú talajon beállított szabadföldi kísérletben 4 éven keresztül vizsgálta a különböző nyersfoszfátok és a szuperfoszfát hatását. A Franciaországból importált hiperfoszfát kedvezőbb volt a szuperfoszfátnál, míg az izraeli ciklonfoszfát azzal azonos hatást mutatott. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a hiperfoszfátban adott foszfor mennyisége 20-70 %-kal, a ciklonfoszfátban adotté 80-140 %-kal magasabb volt, mint a szuperfoszfátban kijuttatotté (nem érvényesült a kísérlet beállításakor a hatóanyag-tartalom azonosság elve).

TATÁRNÉ & MÁRTON (1982) azonos P₂O₅-mennyiségeket juttatott ki szabadföldi mikroparcellás kísérletekben savanyú talajokon (pH_(KCl) = 6,1-6,8). Az egyik kísérlet savanyú homok-, a másik savanyú réti talajon került beállításra. A vizsgált P formák foszforsav, kingiszepi nyersfoszfát, algériai nyersfoszfát és szuperfoszfát voltak. A kísérletek 4 évig folytak. Mindkét nyersfoszfát hatása a kukorica szemtermés növekedésében nyilvánult meg. A kukorica levél P %-a ugyanakkor azonosnak mutatkozott az NK (P-kontroll) kezelésével.

MÁRTONFFY & PEKÁRY (1978) a hiperfoszfát és szuperfoszfát hatását hasonlította össze három savanyú kötött (agyagos) talajon. Mindkét P forma

adagja 150-150 kg ha⁻¹ P₂O₅ volt. A vizsgált talajokon a hiperfoszfát a szuperfoszfáttal azonos hatásúnak bizonyult. A termésteöbbletek 0,6-1,4 t ha⁻¹ voltak őszi búzában, és 0,3 t ha⁻¹ tavaszi árpában. Szabadföldi és tenyészedény-kísérleti eredményeik alapján KRÁMER & LAMBERGER (1965) pillangóست is tartalmazó vetésforgókban, homok-, ill. vályogtalajokon, y₁ > 10 értékek esetén javasolják a közvetlen nyersfoszfát kijuttatást.

Munkánk célja az algériai nyersfoszfát alkalmazhatóságának vizsgálata hazánk és néhány környező ország savanyú talaján. A P-hatóanyag tartalom azonoság elve alapján összehasonlító vizsgálatokat végeztünk az algériai nyersfoszfáttal és szuperfoszfáttal a fenti talajokon tenyészedény- és három hazai talajon szabadföldi kispárcellás kísérletben. A tenyészedény-kísérletben tavaszi árpa és vöröshere jelzőnövényt alkalmaztunk.

Jelen közleményünkben a tavaszi árpa jelzőnövényt végzett tenyészedény-kísérlet eredményeit mutatjuk be.

Anyag és módszer

A trágyák P-hatóanyag tartalmának vizsgálata

Kísérleteinkhez az alábbi oldószerekben határoztuk meg az alkalmazott szuperfoszfát és nyersfoszfát P-tartalmát:

1. Tömény ásványi savakban, HNO₃ és HCl elegye (összes-P-tartalom mérése) (International Standard szabvány „A” módszere, 1984.),
2. Citromsavban (2 %-os citromsav oldat) és a
3. Peterman-féle alkalikus ammónium-citrátban (65 °C-on és szobahőmérsékleten) (Official Journal of the European Communities, 1977.).

A szuperfoszfát és az algériai nyersfoszfát különböző oldószerekben mért P-hatóanyag tartalmát az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat
Az alkalmazott foszfor formák oldhatósága

(1) Oldószer	(2) Szuperfoszfát		(3) Nyersfoszfát	
	(4) Oldott P ₂ O ₅ mennyisége, %	(5) Jelölés	(4) Oldott P ₂ O ₅ mennyisége, %	(5) Jelölés
a) HNO ₃ + HCl elegye	18,40	S _T	27,60	R _T
b) 2 %-os citromsav	17,44	S _C	10,74	R _C
c) Peterman-féle lúgos ammónium-citrát, szobahőm.	17,40	S _P	3,36	R _P
d) Peterman-féle lúgos ammónium-citrát, 65 °C	17,6	S _P	5,00	R _P

Méréseinkből látható, hogy a szuperfoszfát különböző oldószerekben oldható P-tartalma közel azonos értékeket adott (a citromsav és a lúgos ammónium-citrát oldható P-tartalom ~95 %-a az összes-P-tartalomnak), így a tenyészedény-kísérlet beállításánál a 18,4 %-os P_2O_5 -hatóanyag tartalommal számoltunk és nem növeltük a kezelések számát a szuperfoszfát citromsav- és lúgos ammónium-citrát oldható P-tartalma alapján.

A nyersfoszfátból viszont az egyes oldószerek különböző mértékben oldoták a foszfort. A citromsav mintegy 40 %-át, a lúgos ammónium-citrát pedig 12-18 %-át oldotta a tömény ásványi savakban (HNO_3 és HCl elegye) oldható ún. összes-P-tartalomnak. A tenyészedény-kísérlet beállításánál a szobahőmérsékleten mért lúgos ammónium-citrát oldható P-tartalmat vettük figyelembe.

Mivel a tenyészedény-kísérlet célja a különböző típusú talajokon az azonos hatóanyag-mennyiségekben adott szuperfoszfát-P és nyersfoszfát-P hatásának, növény általi felvehetőségének tanulmányozása, a *P-hatóanyag tartalom azonoság alapján állítottunk be kezeléseket* (2. táblázat).

A tenyészedény-kísérlethez felhasznált talajok eredeti állapotának vizsgálata

A tenyészedény-kísérlethez különböző termőhelyről gyűjtöttünk be talajokat, a mintavételi helyeket úgy választva, hogy azok jól reprezentálják az országot, valamint a környező térség savanyú talajait. A talajok fizikai és kémiai tulajdonságait (BUZÁS, 1988; SARKADI, 1982) a 3. táblázat tartalmazza.

2. táblázat
A szuperfoszfát- és nyersfoszfátadagok és azok jelölései

(1) Szuperfoszfát		(2) Nyersfoszfát					
(3) Oldható P-hatóanyag tartalom alapján		(3) Oldható P-hatóanyag tartalom alapján					
(4) ásványi savakban $mg P_2O_5 kg^{-1}$ talaj		(4) ásványi savakban $mg P_2O_5 kg^{-1}$ talaj		(5) citromsavban $mg P_2O_5 kg^{-1}$ talaj		(6) lúgos ammónium citrátban $mg P_2O_5 kg^{-1}$ talaj	
(7) Érték	(8) Jelölés	(7) Érték	(8) Jelölés	(7) Érték	(8) Jelölés	(7) Érték	(8) Jelölés
50	S_{T50}	50	R_{T50}				
100	S_{T100}	100	R_{T100}				
400	S_{T400}	400	R_{T400}	400	R_{C400}	400	R_{P400}
				600	R_{C600}		
				800	R_{C800}		

3. táblázat
 A tenyészedény-kísérlet talajainak kiindulási vizsgálati eredményei

	(1) Magyar talajok			(2) Romániai talaj	(3) Szlovákiai talaj	(4) Algériai talaj
	(5) Pseudooglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy)	(6) Csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt)	(7) Kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpád)			
pH _(H₂O)	5,59	6,50	4,38	3,62	5,24	6,02
pH _(KCl)	4,25	5,56	3,71	3,40	4,03	5,55
a) összes-P, mg P kg ⁻¹	801,10	525,00	492,70	688,30	210,70	197,50
AL-P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	68	79	64	65	11,3	156
Olsen-P, mg P kg ⁻¹	55,5	40,5	46,3	34,4	24,5	23,4
b) Vizes-P, mg P kg ⁻¹	5,1	6,9	5,4	2,4	2,1	6,9
AL-K, mg K ₂ O kg ⁻¹	116	397	209	67	156	83
NH ₄ -N, mg kg ⁻¹	7,07	10,6	159,07	21,21	24,74	0,00
NO ₃ -N, mg kg ⁻¹	21,21	21,21	197,96	56,56	10,60	35,35
c) Szerves anyag, %	1,67	3,81	1,06	1,54	2,7	1,53
d) Összes só, %	<0,02	0,04	0,14	0,02	<0,02	0,02
e) Telítési % (plaszticitás)	52	50	40	44	45	43
f) Hidrolitos aciditás, y ₁	13,3	9,3	19,5	26,5	21,6	7,7

A tenyészedény-kísérlet

A tenyészedény-kísérlet sorozatot az MTA TAKI üvegházában állítottuk be.

Tenyészedényenként 1,7 kg 5 mm-es szitán átszitált talajt használtunk fel. A trágyák közül a nitrogént NH_4NO_3 , a káliumot KCl vizes oldata formájában, a szuperfoszfátot és a nyersfoszfátot szilárd formában, por alakban adtuk a talajokhoz. A tenyészedény-kísérletben használt P-trágya-kezeléseket a szuperfoszfát és nyersfoszfát P-oldhatóságának megfelelően a 4. táblázat mutatja. A

4. táblázat

A tavaszi árpával végzett tenyészedény-kísérlet kezelése

(1) Kezelés száma	(2) P-trágya félése	(3) Adott hatóanyagok mg kg ⁻¹ talaj			(4) Adott P- trágya súlya, g kg ⁻¹ talaj
		N*	K**	P ₂ O ₅	
1.	-	-	-	-	-
2.	-	200	400	-	-
3.	S _T	200	400	50	0,2718
4.	S _T	200	400	100	0,5435
5.	S _T	200	400	400	2,2941
6.	R _T	200	400	50	0,1811
7.	R _T	200	400	100	0,3623
8.	R _T	200	400	400	1,4490
9.	R _C	200	400	400	3,7241
10.	R _C	200	400	600	5,5823
11.	R _C	200	400	800	7,4470
12.	R _P	200	400	400	11,9050

N* = 0,5717 g NH_4NO_3 kg⁻¹ talaj; K** = 0,7628 g KCl kg⁻¹ talaj

talaj fertőtlenítése 10 ml 1 %-os „Zineb” oldattal történt, a trágyák bekeverésével egy időben. A talajokba az NKP-trágyákat a tavaszi árpa jelzőnövény vetése előtti napon kevertük be, kezelésenként 3-3 ismétlést állítottunk be. A kísérlet elrendezése véletlen blokk volt. A tavaszi árpából 20-20 szemet vetettünk edényenként. Vetés után az árpa keléséig a talajok vízkapacitásának 60 %-ára történt az öntözés, kelés után a növények vízigényének megfelelően.

A tavaszi árpa vetése május 5-én történt, aratása a növények 11 hetes korában, az árszem teljes érését követően volt. Azt, hogy az 1,7 kg-os tenyészedényekben a tavaszi árpát a teljes érésig tudtuk nevelni, a hosszan tartó, az árpa számára kedvező hűvös májusi időjárás tette lehetővé.

A növényi mintákat cc. HNO_3 és H_2O_2 elegyével roncsoltuk, P-tartalmukat plazmaemissziós spektrometriai (ICP) módszerrel Baczó Gáborné mérte.

A különböző P-kezelések hatását a tavaszi árpa légszárz tömegére, a növények P-koncentrációjára és a tenyészedényenként felvett P mennyiségére egyté-

nyezős variancia-analízissel, míg az azonos P-hatóanyag tartalmú ásványi sav oldható (50, 100, 400 mg kg⁻¹ P₂O₅) nyersfoszfát és szuperfoszfát hatásának összehasonlítását az előbbi paraméterekre kéttényezős variancia-analízissel végeztük.

Eredmények és értékelésük

A 3. táblázatból látható, hogy a kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpád), a romániai podzol talaj (Livada) erősen savanyú talaj, amit az y_1 (19,5; 26,5) magas értékei is igazolnak. Ezt a két talajt a tenyészedény-kísérletben mutatott viselkedése alapján megkülönböztetésül *extrémen savanyúnak* neveztük a munkánk során.

A szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc) - bár a pH_(H₂O)-értéke alapján a savanyú talaj kategóriába tartozik - a hidrolitos aciditása (y_1 : 21,6), a pH_(KCl)-értéke és a P-trágya reakciója alapján az *erősen savanyú* talajokhoz sorolható.

A csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt) és az algériai savanyú homoktalaj mindkét csoportosítás szerint *gyengén savanyú talaj* (y_1 : 7,7; 9,3).

A pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) az 1 M KCl-ban mért pH-ja alapján erősen savanyú, a vízben mért pH-értéke alapján gyengén savanyú talaj. Hidrolitos aciditását (y_1 : 13,3) és P-trágya reakcióját is figyelembe véve, ezt a talajt a munkánk során *közepesen savanyú talajnak* neveztük.

A P-trágyák hatása a különböző talajokon a tavaszi árpa termésére

A kísérlet értékelésekor külön vizsgáltuk a kezelés hatását a szemtermésre, a melléktermékre (szár + levél + toklász), valamint a kettő összegére, azaz az összes föld feletti részre.

A tavaszi árpa tömegének összehasonlítása a különböző talajokon (5. táblázat)

A *trágyázatlan kiindulási talajok* (1. kezelés, abszolút kontroll) közül az erősen savanyú, igen gyenge P-tartalmú szlovákiai tipikus podzol talajon kaptuk a legnagyobb szem- (5,45 g) és föld feletti összes termést (10,3 g) (1,13 szem/melléktermék arány). Az algériai savanyú homoktalajon közel ugyanannyi föld feletti összes termés (9,6 g) mellett 2,82 g szemtermést kaptunk (0,42 szem/melléktermék arány). A kompolti csernozjom barna erdőtalajon a tavaszi árpa összes föld feletti termése közel 50 %-a az előző két talajénak, szemtermése is kevesebb, bár a szem- és a melléktermék aránya 0,65. Az extrémén savanyú kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpád) és a romániai podzol talaj (Livada) igen alacsony föld feletti termést adott, szem nem, illetve alig volt mérhető.

Az *NK-kezelés* az előbbi extrémén savanyú két talaj (Nagykorpád, Livada) termését tovább csökkentette. Az algériai savanyú homokon és a szlovákiai tipikus podzolon ez a kezelés 20 %-kal növelte, a csernozjom barna és pszeudo-

5. táblázat
A tavaszi árpa szem-, mellék- és összes termése (g/edény) a tenyészedény-kísérlet talajaiban
(3 ismétlés átlagában)

(1) Kezelés	(2) Pseudogetéjes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy)			(3) Csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt)			(4) Kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpad)		
	(5) Szem- termés	(6) Mellék- termék	(7) Összes termés	(5) Szem- termés	(6) Mellék- termék	(7) Összes termés	(5) Szem- termés	(6) Mellék- termék	(7) Összes termés
1. 0	1,65	3,01	4,66	2,14	3,29	5,44	0,39	2,28	2,67
2. NK	6,44	7,30	13,74	6,25	11,15	17,41	0,31	1,60	1,91
3. NKP _{ST50}	7,58	9,04	16,62	8,00	12,94	20,94	0,29	1,86	2,16
4. NKP _{ST100}	7,97	9,83	17,80	7,71	12,18	19,88	0,28	2,68	2,96
5. NKP _{ST400}	8,53	11,46	19,99	8,87	11,44	20,31	1,62	4,52	6,14
6. NKP _{RT50}	7,43	8,90	16,34	7,16	10,63	17,79	1,01	2,40	3,41
7. NKP _{RT100}	8,29	9,95	18,24	7,47	12,54	20,01	1,44	3,13	4,57
8. NKP _{RT400}	8,93	12,22	21,15	7,50	11,32	18,82	5,04	5,50	10,54
9. NKP _{RC400}	9,68	12,08	21,76	6,53	13,71	20,23	5,52	8,68	14,20
10. NKP _{RC600}	9,11	11,34	20,45	8,23	12,61	20,85	7,22	8,61	15,82
11. NKP _{RC800}	8,91	12,54	21,45	8,52	12,41	20,93	6,25	8,74	14,99
12. NKP _{RP400}	9,19	12,23	21,42	6,35	13,36	19,70	8,92	11,25	20,17
a) SzD _{5%}	1,16	2,04	2,42	2,11	2,92	3,49	2,36	1,76	3,34
CV %	8,8	12,1	8,0	17,7	15,0	11,1	36,6	20,3	20,4
b) Átlag	7,81	9,99	17,80	7,06	11,47	18,53	3,19	5,10	8,30

5. táblázat folytatása

(1) Kezelés	(8) Romániai podzol talaj (Livada)			(9) Szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc)			(10) Algériai savanyú homoktalaj		
	(5) Szem- termés	(6) Mellék- termék	(7) Összes termés	(5) Szem- termés	(6) Mellék- termék	(7) Összes termés	(5) Szem- termés	(6) Mellék- termék	(7) Összes termés
1. 0	-	1,55	1,55	5,45	4,83	10,29	2,82	6,78	9,60
2. NK	-	0,23	0,23	5,06	7,27	12,33	4,56	7,49	12,05
3. NKP _{ST50}	-	0,22	0,22	8,53	10,73	19,26	7,51	7,44	14,94
4. NKP _{ST100}	-	0,25	0,25	8,01	13,31	21,33	9,40	7,77	17,16
5. NKP _{ST400}	-	0,23	0,23	10,66	12,50	23,15	7,09	8,80	15,90
6. NKP _{RT50}	-	0,21	0,21	8,82	11,63	20,45	5,35	6,10	11,45
7. NKP _{RT100}	-	0,28	0,28	8,84	10,17	19,01	5,86	8,19	14,05
8. NKP _{RT400}	0,17	0,22	0,39	8,21	11,17	19,37	7,05	7,57	14,62
9. NKP _{RC400}	2,76	5,52	8,29	9,10	13,65	22,75	7,64	9,27	16,92
10. NKP _{RC600}	5,74	7,92	13,66	8,73	10,87	19,60	6,84	8,63	15,48
11. NKP _{RC800}	6,87	8,84	15,71	9,02	12,20	21,22	7,00	9,11	16,12
12. NKP _{RP400}	7,78	9,99	17,76	9,53	10,83	20,36	7,57	7,63	15,20
a) SzD _{5%}	1,84	1,65	2,90	2,21	2,16	3,58	1,47	2,03	2,14
CV %	15,9	12,9	10,5	15,6	11,8	11,1	13,2	15,2	8,7
b) Átlag	2,05	3,20	5,47	8,33	10,76	19,09	6,56	7,90	14,46

Megjegyzés: - : nem termett szem

glejes barna erdőtalajon pedig háromszorosára növelte a tavaszi árpa összes, földfeletti termését. Az NK-kezelés hatására a szem/melléktermék arányának változása talajonként eltérő volt.

A P-kezelések hatása. - A közepesen savanyú pszeudoglejes barna erdőtalajon (Szentgyörgyvölgy) mind a szuperfoszfát, mind a nyersfoszfát jelentős (15-50 %) tavaszi árpa termésnövekedést eredményezett az NK-kontrollhoz viszonyítva, s csak az $50 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ hatóanyag-tartalmú adagoknak nem volt szignifikáns szem- és melléktermék növelő hatása.

A gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt) a szuperfoszfátadagok hatására nőtt a szemtermés az NK-kontrollhoz viszonyítva, de szignifikáns, mintegy 40 %-os további növekedést csak a legnagyobb szuperfoszfátkezelés eredményezett. A nyersfoszfátkezelésekben szintén megfigyelhető a P-trágyázás szemtermést növelő hatása az NK-kontrollhoz viszonyítva, de szignifikáns termésnövekedést csak az extrém nagy adag (citromsav-oldható $800 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$) eredményezett.

Az extrémén savanyú kovárványos barna erdőtalajon (Nagykorpád) az abszolút kontrollon, az NK-kontrollon, az 50 és $100 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ szuperfoszfátkezelésekben a növények fejletlenek, a kalászok aprók maradtak. A legnagyobb adagú szuperfoszfát hatására azonban már a növények fejlettebbek, a kalászok hosszabbak, a termés nagyobb volt. Az NK-kezeléshez képest itt ötszörös szemtermést kaptunk. A nyersfoszfátkezelések között az ásványi sav oldható 50 és $100 \text{ mg P}_2\text{O}_5$ (6., 7.) kezelések kedvező hatással voltak mind a szem-, mind a melléktermés szárazanyagtömegére. Az ásványi sav oldható $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ nyersfoszfátadag pedig már szignifikánsan, tizenháromszorosára növelte a szemtermést, három és félszeresére a melléktermést az NK-kontrollhoz képest. A legnagyobb nyersfoszfátkezelésnél a tavaszi árpa magassága, kalásznagysága, bokrosodása hasonló volt a jobb minőségű talajok nyersfoszfátkezelésének növényeihez (9 g szemtermés, 20 g összes termés). Számszerűen ez azt jelentette, hogy ez a nyersfoszfátadag szignifikáns termésnövekedést eredményezett minden korábbi P-kezeléshez képest.

Az extrémén savanyú romániai podzol talajon (Livada) az NK-kontrollhoz viszonyítva sem a növekvő szuperfoszfátadagok (3., 4., 5. kezelés), sem a nyersfoszfát ásványi sav oldható 50 , $100 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ adagja (6., 7. kezelés) nem érte el az abszolút kontroll termését. Ezekben a kezelésekből, bár az árpa kikelt, fűszerű maradt (kalász nem fejlődött), amit valószínűleg a talaj extrém savanyúsága okozott ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} \sim 3,6$). A $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ (8. kezelés) nyersfoszfátkezelésben ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} 3,9$) az árpa magasabb volt és már megjelent egy-két apróbb kalász is. A $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ citromsav oldható nyersfoszfátkezelésnél már viszonylag jól fejlett, egészséges állomány nőtt (a talaj vizes pH-ja már 4 feletti), s nyersfoszfátadagjának további emelése tovább növelte a szem- és melléktermést is. Így a nyersfoszfát citromsav oldható adagjának $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ hatóanyagról $600 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ -ra történő emelésekor az árpa szemtermése megkétszereződött, valamint a melléktermés tömege is jelentősen, 40 %-kal

nőtt. Az extrém savanyú nagykorpádi kovárványos barna erdőtalajhoz hasonlóan ezen a talajon is a legnagyobb adagú nyersfoszfát adta a legjobb terméseredményt. Ennél a kezelésnél a növények fejlettsége, bokrosodása, a kalász nagysága elérte a kedvezőbb talajtulajdonságokkal rendelkező talajokon nőtt növényekét.

Az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzolon (Losonc) az NK-kontrollhoz viszonyítva mind a szuperfoszfát-, mind a nyersfoszfátkezelések szignifikánsan növelték a szem- (60-110 %) és melléktermést (40-90 %).

Az algériai gyengén savanyú homoktalajon az NK-kontrollhoz viszonyítva a szem tömegét a szuperfoszfát minden adagja és a nyersfoszfát ásványi sav oldható $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ (8. kezelés), illetve annál nagyobb adagja szignifikánsan, 50-100 %-kal növelte.

Az azonos hatóanyag-tartalmú nyers- és szuperfoszfát hatásának vizsgálata

Az azonos P-hatóanyag tartalmú nyers- és szuperfoszfát hatását vizsgálva a tavaszi árpa szem- és összes termésére eltérő érvényesülést figyelhettünk meg a különböző talajokon. Ez a hatás már a kisebb adagoknál is érvényesül (5. táblázat; 6. táblázat, I).

Az ásványi sav oldható 50 és $100 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ hatóanyag-tartalmú trágyák alkalmazásakor a gyengén savanyú algériai homoktalajon a szuperfoszfát szignifikánsan nagyobb termést eredményezett. A gyengén savanyú kompolti talajon a terméskülönbség nem nagy, de a szuperfoszfát-kezelésekben nagyobb a termés. A közepesen savanyú szentgyörgyvölgyi talajon a két P-trágya hatása gyakorlatilag egyforma. Az erősen savanyú szlovákiai podzolon is hasonló volt a termés. Az extrémén savanyú nagykorpádi talajon viszont a szuperfoszfát-kezelések igen alacsony szemterméséhez képest a nyersfoszfátkezelésekben háromszoros szemtermést kaptunk. Az extrémén savanyú romániai podzolon sem a szuper-, sem a nyersfoszfát 50 és $100 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ ásványi sav oldható adagjainál nem kaptunk szemtermést.

A P-hatóanyag adagjának $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ -ra történő emelésekor a gyengén savanyú kompolti talajon a korábban megfigyeltekhez hasonlóan a szuperfoszfát-kezelés adott nagyobb termést, de a terméskülönbség nem szignifikáns. Az algériai savanyú homoktalajon a két P-trágya hatása azonos lett. A szentgyörgyvölgyi talajon nincs különbség a különböző P-trágyák érvényesülésében a $100 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ hatóanyaghoz képest. A szlovákiai erősen savanyú talajon viszont a szuperfoszfát szignifikáns terméstöbbletet eredményezett, mely egyben a P-kezelések közötti legnagyobb szem- és mellékterméket adta. Az extrémén savanyú romániai podzolon a szuperfoszfát-kezelésben még egyáltalán nem, a nyersfoszfátkezelésben viszont már kaptunk szemtermést. A nagykorpádi talajon a nyersfoszfátkezelés termése már szignifikánsan nagyobb a szuperfoszfáténál.

6. táblázat

Az azonos P-hatóanyag tartalmú P-trágyák (I.), valamint az extrém P-adagú nyersfoszfátkezelések hatása a tavaszi árpa szem- és összes termésére az ásványi sav oldható 400 mg P₂O₅ kg⁻¹ szuperfoszfát-kezelés terméséhez hasonlítva (II.)

(1) Talaj	I.			II.			
	S _{T50} , R _{T50}	S _{T100} , R _{T100}	S _{T400} , R _{T400}	S _{T400} , R _{C400}	S _{T400} , R _{C600}	S _{T400} , R _{C800}	S _{T400} , R _{P400}
a) Pseudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy)	±	±	±	NY	NY	NY	NY
b) Csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt)	±	±	SZ	SZ#	SZ	SZ	SZ#
c) Kovárányos barna erdőtalaj (Nagykorpád)	NY	NY	NY#	NY#	NY#	NY#	NY#
d) Romániai podzol talaj (Livada)	-	-	NY#	NY#	NY#	NY#	NY#
e) Szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc)	±	±	SZ#	SZ	SZ	SZ	SZ
f) Algériai savanyú homoktalaj	SZ#	SZ#	±	NY	SZ	±	NY

Megjegyzés:

SZ = a szuperfoszfát-kezelés hatása jobb az adott nyersfoszfát kezelésnél, de nem szignifikáns a terméskülönbség.

SZ# = szuperfoszfát-kezelés hatása szignifikánsan nagyobb az adott nyersfoszfátkezelésnél.

NY = a nyersfoszfátkezelés termése nagyobb az adott szuperfoszfát-kezelés termésénél, de nem szignifikáns a terméskülönbség.

NY# = a nyersfoszfátkezelés termése szignifikánsan nagyobb az adott szuperfoszfát-kezelés termésénél.

± = a szuperfoszfát és a nyersfoszfát hatása gyakorlatilag azonos.

- = nincs szemtermés

Az extrém nagyadagú nyersfoszfát hatása

a) A P-trágyázás kezelésenkénti vizsgálatok a nagyobb adagú nyersfoszfáttrágyázás hatását a tavaszi árpa szem- és összes termésére az ásványi sav oldható $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ szuperfoszfát-kezelés terméséhez hasonlítottuk (6. táblázat, II.).

A kompolti gyengén savanyú talajon és az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzolon a $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ szuperfoszfátadag a P-kezelések közötti legnagyobb szemtermést adta, ezt a termést még az extrém adagú nyersfoszfátkezelésekben sem érték el.

A közepesen savanyú szentgyörgyvölgyi talajon a nagyobb adagú nyersfoszfátkezelések (9., 10., 11., 12.) a legnagyobb adagú szuperfoszfát-kezeléshez képest növelték a szem- és az összes termést, a gyengén savanyú algériai talajon azonban nem mutatható ki egyértelmű hatás.

Az extrém savanyú nagykorpádi és romániai talajon a szuperfoszfát-kezelésekben a növények fejletlenek voltak, kalász egyáltalán nem, vagy alig volt. A nyersfoszfát nagyobb adagjai hatására (9., 10., 11., 12. kezelés) viszont mindkét talajon egészséges növények fejlődtek és szemtermésük megközelítette az algériai talaj azonos kezeléseinek termését.

b) A növekvő extrém nyersfoszfátadagok (9., 10., 11., 12. kezelés) hatására csak az extrém savanyú talajokon nőtt tovább a szem- és az összes termés mennyisége. Ez a tendencia nem érvényesült a gyengén és közepesen savanyú talajokon.

Meg kell jegyeznünk, hogy a tenyészedény-kísérlet a P-hatóanyag tartalom azonosság elve alapján került beállításra, s értékelése is így történt. A gazdasági számításoknál azonban figyelembe kell venni, hogy egy adott P-hatóanyag tartalmat a nyersfoszfát másfélszer kevesebb súlyú tömege biztosítja, mint a szuperfoszfát esetén, a P-trágyák különböző P-tartalma miatt (2. táblázat).

A tavaszi árpa szem- és melléktermésének P-koncentrációja a vizsgált talajokon (7. táblázat)

A kiindulási talajok termésében a szem P-koncentrációja 0,2-0,45 % között változott. A legalacsonyabb a gyengén savanyú algériai homoktalaj szemtermésében volt.

Az NK-kezelés hatására minden talajon nőtt az árpa szemtömege, P-koncentrációja csökkent (0,17-0,39 %), kivéve a gyengén savanyú kompolti talajt, ahol az árpa szemtermése az NK-kezelés hatására megháromszorozódott az abszolút kontrollhoz képest, a P-koncentrációban viszont ún. „hígulás” nem tapasztalható. A gyengén savanyú kompolti talajon csak az ásványi sav oldható $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ szuperfoszfátadag eredményezett szignifikáns P-koncentráció növekedést az NK-kontrollhoz viszonyítva. A többi gyengén, közepesen és erősen sa-

7. táblázat
A tenyészedény-kísérletben termesztett tavaszi árpa szem- és melléktermésének P-koncentrációja (P %)

(1) Keze- lés	(2) Pseudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgy- völgy)		(3) Csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt)		(4) Kovárányos barna erdőtalaj (Nagykorpad)		(5) Romániai podzol talaj (Livada)		(6) Szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc)		(7) Algériai savanyú homoktalaj	
	(8) szem	(9) szalma	(8) szem	(9) szalma	(8) szem	(9) szalma	(8) szem	(9) szalma	(8) szem	(9) szalma	(8) szem	(9) szalma
1.	0,46	0,107	0,40	0,102	0,34	0,071	-	0,108	0,27	0,042	0,21	0,057
2.	0,28	0,039	0,39	0,029	*	0,082	-	0,151	0,20	0,028	0,17	0,052
3.	0,29	0,036	0,34	0,038	0,28	0,075	-	0,233	0,22	0,040	*	0,030
4.	0,33	0,045	0,41	0,051	0,35	0,086	-	0,260	0,28	0,048	0,29	0,043
5.	0,47	0,142	0,52	0,159	0,43	0,179	-	0,258	0,52	0,135	0,56	0,203
6.	0,30	0,049	0,25	0,043	0,23	0,056	-	0,201	0,21	0,032	0,17	0,028
7.	0,32	0,051	0,30	0,039	0,28	0,058	-	0,180	0,22	0,034	0,20	0,039
8.	0,38	0,059	0,31	0,030	0,34	0,079	-	*	0,36	0,060	0,23	0,031
9.	0,40	0,050	0,37	0,049	0,39	0,104	0,43	0,094	0,46	0,075	0,25	0,040
10.	0,41	0,055	0,44	0,057	0,37	0,134	0,45	0,121	0,48	0,097	0,28	0,039
11.	0,40	0,055	0,28	0,050	0,39	0,107	0,49	0,106	0,48	0,086	0,26	0,040
12.	0,40	0,053	0,40	0,050	0,42	0,113	0,49	0,104	0,50	0,078	0,25	0,033
a) SzD _{5%}	0,05	0,018	0,13	0,030	0,14	0,035	0,06	nsz.	0,05	0,26	0,04	0,035
CV%	8,3	17,1	21,4	30,5	22,4	21,8	7,3	27,4	7,9	24,5	9,4	37,8
b) Átlag	0,37	0,62	0,37	0,057	0,35	0,095	0,47	0,166	0,35	0,63	0,26	0,053

Kezelés: lásd 5. táblázat.

* nincs P-mérés; - nem termelt szem

vanyú talajon az ásványi sav oldható $50 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ szuperfoszfát-, valamint 50 és $100 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ nyersfoszfátadag kivételével a P-kezeléseknek szignifikáns P-koncentráció növelő hatásuk volt az árpa szemtermésében.

A vizsgált talajokon a növekvő adagú *szuperfoszfát-kezelések* a dózissornak megfelelően növelték a szem P-koncentrációját. Az ásványi sav oldható $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ szuperfoszfátadag minden egyes talajon az alkalmazott összes P-kezelés közötti legmagasabb P-koncentrációt ($0,43$ - $0,56 \%$) eredményezte a szemtermésben. A *nyersfoszfátkezelésekben* a szem P-koncentrációja a kezelések növekvő P-adagjait a citromsav oldható $600 \text{ mg P}_2\text{O}_5/\text{kg}$ adagig követte a vizsgált talajokon. Az ennél nagyobb nyersfoszfátadagok csak a savanyú talajokon emelték tovább a szem P %-át. A livadai talajon a nyersfoszfát nagyobb P-adagú kezeléseiben (9., 10., 11., 12.) kaptunk csak értékelhető szemtermést, melynek P-koncentrációja igen magas, $0,43$ - $0,49 \%$ volt.

Az *árpa melléktermékének P-koncentrációja* a genetikai sajátságoknak megfelelően kisebb volt, mint a szemtermésé. A vizsgált talajokon a melléktermék P-koncentrációjának változásában is ugyanazok a tendenciák mutathatók ki, mint a szemtermésében, azaz a nagy vízoldható P-tartalmú ásványi sav oldható $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ szuperfoszfátadag (5. kezelés) a melléktermék P-koncentrációját is ugrásszerűen növelte ($0,135$ - $0,203 \%$ -ra). A talajok közül a legalacsonyabb volt a P-koncentráció a gyengén savanyú, kis pufferkapacitású algériai talaj árpa szem- és melléktermésében a kezelések többségében. A $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ szuperfoszfát- (5.) kezelés viszont ezen a talajon emelte a legmagasabbra a szem- és melléktermék P-koncentrációját ($0,56$, ill. $0,203 \%$ -ra).

Az extrém savanyú nagykorpádi és romániai talaj nyersfoszfátkezelésének növényeiben (ahol szemtermés is volt) a melléktermék P-koncentráció közel kétszerese volt a gyengén és közepesen savanyú talaj melléktermékének. A romániai talaj kontroll- és a szuperfoszfát-kezelés fűszerű mintáiban (1.-7. kezelés) is magas, $0,1$ - $0,26 \%$ foszfort mértünk.

A tavaszi árpa szem- és összes termésével felvett P mennyisége (8. táblázat)

A tavaszi árpa *szemtermésével* felvett P mennyisége az abszolút kontroll talajokon alacsony ($1,3$ - $14,7 \text{ mg P/edény}$) volt, mely az NK-kezelés hatására a savanyú szlovákiai talaj kivételével nőtt.

Az árpa szemtermésének P-felvétele követte a szuperfoszfátadagok növelését. A legnagyobb adagú szuperfoszfát-kezelésben, a szemtermés nagy P-koncentrációjának megfelelően, a felvett foszfor mennyisége is a P-kezelések közötti legnagyobb érték volt (az extrém savanyú kovárányos barna erdőtalaj kivételével). A gyengén savanyú kompolti talajon a szem által felvett foszfor mennyisége csak ennél a P-adagnál növekedett szignifikánsan az NK-kontrollhoz viszonyítva.

A növekvő P-tartalmú nyersfoszfátadagok hatására csak az erősen és extrém savanyú talajokon emelkedett arányosan a szem P-tartalma. A kevésbé savanyú talajokon az extra nagy P-adagok (10., 11., ill. 12. kezelés) nem növelték

8. táblázat

A tenyészedény-kísérletben termesztett tavaszi árpa szem- és összes termésének P-tartalma
(mg P/edény)

(1) Keze- lés	(2) Pszudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgy- völgy)		(3) Csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt)		(4) Kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpad)		(5) Romániai podzol talaj (Livada)		(6) Szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc)		(7) Algériai savanyú homoktalaj	
	(8) szem- termés	(9) összes termés	(8) szem- termés	(9) összes termés	(8) szem- termés	(9) összes termés	(8) szem- termés	(9) összes termés	(8) szem- termés	(9) összes termés	(8) szem- termés	(9) összes termés
1.	7,6	10,9	8,7	12,1	1,3	2,9	-	1,7	14,7	16,9	5,8	9,6
2.	18,0	20,8	25,6	28,9	*	1,3	-	0,3	10,0	12,1	7,5	11,4
3.	22,2	25,4	27,9	32,8	0,8	2,2	-	0,5	18,5	22,7	*	2,2
4.	26,0	30,4	30,8	37,1	1,0	3,3	-	0,6	22,3	28,7	27,3	30,6
5.	39,9	56,1	46,0	64,0	7,3	15,3	-	0,6	55,4	71,9	39,6	57,3
6.	22,3	26,7	17,6	22,0	2,5	3,8	-	0,4	18,8	22,6	8,9	10,6
7.	26,4	31,5	21,9	26,8	3,7	5,5	-	0,5	19,7	23,2	11,5	14,6
8.	33,9	41,1	22,7	26,1	15,2	19,4	-	**	29,3	35,9	16,1	18,5
9.	38,7	44,8	24,7	31,9	20,2	29,7	11,6	16,7	40,6	50,8	19,1	22,8
10.	37,6	43,9	36,1	43,8	26,4	37,5	25,9	35,7	42,0	52,6	18,6	22,1
11.	35,5	42,4	24,5	30,9	25,9	35,2	34,0	43,5	43,1	53,6	18,2	21,9
12.	36,9	43,3	25,4	30,4	37,4	50,1	38,5	48,8	47,9	56,2	18,7	21,2
a) SzD _{5%}	5,7	6,2	12,1	12,4	9,0	9,0	10,9	15,1	8,3	8,6	5,0	4,5
CV%	11,8	10,5	27,5	22,7	40,8	28,4	19,9	20,8	16,3	13,7	16,4	12,0
b) Átlag	28,7	34,8	26,0	32,2	12,9	18,6	27,5	36,2	30,2	37,2	17,4	21,9

Kezelések: lásd 5. táblázat. - nem termelt szem; * nincs P-mérés a szemben; ** nincs P-mérés a szalmában

tovább a szem P-tartalmát a $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ citromsav oldható adagéhoz viszonyítva. Mivel a nagykorpádi talajon a nyersfoszfátkezelések a szemtermés mennyiségét jelentősen megnövelték, a növények által felvett foszfor mennyisége 2-5-szöröse a legnagyobb adagú szuperfoszfát-kezelésnek.

A szemtermés tenyészedényenként felvett foszfor mennyisége a kezelések átlagában a legalacsonyabb a gyengén savanyú algériai homoktalajon (17,4 mg P/edény), a legnagyobb az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (30,2 mg P/edény). Hasonló mennyiségű foszfort vett fel a tavaszi árpa szemtermése az extrémén savanyú romániai és a nagykorpádi talaj nagyobb adagú nyersfoszfátkezeléseiben.

Az árpa *melléktermésében* - a genetikai sajátosságoknak megfelelően - kevesebb foszfor halmozódott fel, mint a szemtermésben (átlagban harmada, ötöde). Az algériai savanyú homoktalajon sem a szuper-, sem a nyersfoszfátrágyázás nem növelte a mellékterméssel felvett foszfor mennyiségét (2-4 mg P/edény) a kontrollmintákhoz viszonyítva, a $400 \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ mg kg}^{-1}$ szuperfoszfátadag kivételével, ahol igen magas, 17,7 mg/edény volt a melléktermék P-felvétele. A gyengén, közepesen és erősen savanyú talajokon szintén ez utóbbi P-adag alkalmazásakor (5. kezelés) vette fel a legtöbb foszfort a melléktermék (16-18 mg P/edény). Ezekben a talajokon azonban már a nyersfoszfát hatására 6-8-10 mg-ra emelkedett a melléktermék P-tartalma a talaj savanyúságától függően. Az extrémén savanyú talajokon a nyersfoszfátkezelésekben volt nagyobb a P-felvétel (10-12 mg P/edény).

Az árpa *föld feletti részének* P-tartalma az előzőekben elmondottaknak megfelelően eltérően alakult a szuperfoszfát és a nyersfoszfát hatására a kevésbé és az extrémén savanyú talajokon. A gyengén savanyú talajokon az azonos P-hatóanyag tartalmú szuperfoszfátadag alkalmazásakor (3., 4., 5. kezelés) több foszfort vett fel az árpa, mint a nyersfoszfátkezelésekben (6., 7., 8. kezelés). A $400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ adagnál ez a különbség két-háromszoros. A közepesen és erősen savanyú talajokon is hasonlóak a tendenciák, de a két P formából felvett P mennyiségében nem olyan nagy a különbség, mint az előző két talajon.

Az erősen savanyú nagykorpádi talajon viszont az azonos hatóanyag-tartalmú trágyák közül a nyersfoszfátkezelésekben volt nagyobb a P-felvétel, mely a nyersfoszfát adagjának növelésével növekvő tendenciát mutatott. Ez utóbbi kezelésekben az árpa P-felvétele megközelítette, ill. nagyobb volt a gyengén savanyú talajok azonos kezeléseiből felvett P-mennyiségnél. A romániai talaj azon nyersfoszfátkezeléseiben, ahol szemtermés is volt, a nagyobb adagok hatására szintén nőtt az árpa P-felvétele.

Összefoglalás

Három jellegzetes hazai (pseudoglejes barna erdőtalaj, Szentgyörgyvölgy; csernozjom barna erdőtalaj, Kompolt; kovárányos barna erdőtalaj, Nagykorpád), és egy-egy szlovákiai, romániai és algériai savanyú talajon beállított tenyészedény-kísérletben vizsgáltuk az azonos hatóanyag-tartalmú (ásványi sav

oldható 50, 100, 400 mg P_2O_5 kg^{-1}) lágy, üledékes eredetű, kitűnő természetes oldékonyságú algériai nyersfoszfát és a magmás eredetű Kola-apatitból gyártott szuperfoszfát hatékonyságát a tavaszi árpa szem- és melléktermésére, P-tartalmára és a tenyészedényenként felvett foszfor mennyiségére. Az algériai nyersfoszfátnak magasabb adagjai is szerepeltek a kísérletben (400, 600, 800 mg kg^{-1} citromsav oldható, 400 mg kg^{-1} lúgos ammónium-citrát oldható P_2O_5).

A tenyészedény-kísérlet alapján megállapítható, hogy az adott körülmények között a szuperfoszfát- és nyersfoszfátrágyák hatékonysága elsősorban a talaj tulajdonságainak a függvénye.

A gyengén savanyú kompolti csernozjom barna erdőtalajon a szuperfoszfát minden P-szinten kedvezőbbnek bizonyult a tavaszi árpa szemtermésére.

Az algériai gyengén savanyú homoktalajon a különböző P-trágyák közül az 50 és 100 mg P_2O_5 kg^{-1} hatóanyag-tartalomnál még a szuperfoszfát szignifikánsan több tavaszi árpa szemtermést adott, de 400 mg P_2O_5 kg^{-1} , ill. nagyobb adagok esetén a nyersfoszfát elérte a legnagyobb szuperfoszfát-kezelés termését.

A közepesen savanyú szentgyörgyvölgyi pszeudoglejes barna erdőtalajon az azonos P-adagok hasonló szemtermést adtak. Az extrém nagyadagú nyersfoszfátrágyázás tovább növelte a termés mennyiségét.

Az erősen savanyú szlovákiai podzolon a kisebb adagoknál az árpa szemtermésében nincs nagy különbség a két P-trágya között, bár a szuperfoszfát általában nagyobb termést adott.

Az extrém savanyú nagykorpádi kovárványos barna erdőtalajon és a romániai podzolon a nyersfoszfátkezelések jóval - a kezelések többségében szignifikánsan - hatásosabbak. Ezeken a talajokon a bázikus nyersfoszfátadagok a P-trágya hatás mellett meszezőanyagként szolgálva, a talaj savanyúságát, így a magas Al- és egyéb toxikus elem-tartalmának felvehetőségét csökkentve fejthetik ki rendkívüli termésmenvelő hatásukat.

A szem, ill. a szalma P-koncentrációja a gyakorlatilag 100 %-ban vízoldható P-tartalmú szuperfoszfát hatására volt általában magasabb. A tavaszi árpa által felvett foszfor mennyisége többé-kevésbé követte a termésmennyiségeket.

A kitűnő természetes oldékonyságú, relatíve olcsó P forrásként szolgáló algériai nyersfoszfát közvetlen alkalmazása az erősen, és egyes közepesen savanyú talajokon agronómiailag indokolt lehet.

Irodalom

- BÉSÁN J-NÉ, 1992. Nyersfoszfát bázisú műtrágyák szerepe a gazdaságos műtrágyázásban. Agrofórum 1992/1. Különszám. 41-43.
- BUZÁS I., 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- CASANOVA, E. F., 1995. Agronomic evaluation of fertilizers with special reference to natural and modified phosphate rock. Fertilizer Research. 41. 211-218.

- CHIEN, S. H. & MENNON, R. G., 1995. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. *Fertilizer Research*. **41**. 227-234.
- HAMMOND, L. L., CHIEN, S. H. & MOKWUNYE, A. U., 1986. Agronomic value of unacidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics. *Adv. Agron.* **40**. 89-140.
- International Standard, 1984. (Műtrágyák - az ásványi savakban oldható foszfátok extrakciója.) The International Organization for Standardization (ISO) (Ref. No. 7497-1984 E.).
- KHASAWNEH, F. E. & DOLL, E. C., 1978. The use of phosphate rock for direct application. *Adv. Agron.* **30**. 159-206.
- KRÁMER M. 1962. Adatok az északafrikai (Hyper) és izraeli (Cyklon) foszfátok műtrágyahatásáról. I. Szemcsefinomság és fajlagos felület vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. **11**. 345-354.
- KRÁMER M. & LAMBERGER I., 1965. Hazai adatok a nyersfoszfátok érvényesüléséről MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 119-124.
- LEHR, J. R. 1980. Phosphate raw materials and fertilizers: part I. - A look ahead. In: *The Role of Phosphorus in Agriculture*. (Eds KHASAWNEH, F. E., SAMPLE, E. C. & KAMPRATH, E. J.) 81-120. ASA-CSSA-SSSA Madison, WI. USA.
- MÁRTONFFY T. & PEKÁRY K., 1978. Az egyedi és összetett műtrágyák, valamint a hyperfoszfát tápanyag-hatásának összehasonlítása az Egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek keretében. *Növénytermelés*. **27**. 247-254.
- Official Journal of the European Communities. 1977. No. L. 213/5 Annex II. Methods for the Analysis of Fertilizers.
- SARKADI, J., 1982. Opredelnie "vodorasztvorimogo" foszfora. In: *Agrochemische Methoden für die Untersuchung des Phosphathaushaltes der Böden: Methodensammlung*. Ak. der Landw. DDR. IPE Jena 1-13. 1982.
- SIK, K., 1964. Vergleichende Dauerversuche mit feingranulierten Rohphosphaten auf drei Bodentypen in Ungarn. *Agrokémia és Talajtan*. **13**. Suppl. 139-146.
- SIKORA, F. J. & GIORDANO, P. M., 1995. Future directions for agricultural phosphorus research. *Fertilizer Research*. **41**. 167-178.
- TATÁR L-NÉ & MÁRTON Á., 1982. Különböző foszfortrágyák hatása a talaj foszfortartalmára és a kukoricánövény foszforfrakcióira. III. Terméseredmények, foszforhatások. *Agrokémia és Talajtan*. **31**. 29-36.
- VÁRALLYAY, GY. et al., 1993. Map of the susceptibility of soils to acidification in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*. **42**. 35-42.
- XIONG, L. M., ZHOU, Z.G. & LU, R. K., 1996. Enhanced plant growth by uniform placement of superphosphate with rock phosphate in acidic soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **27**. 2837-2850.
- ZAPATA, F. & AXMANN, H. 1995. ³²P isotopic techniques for evaluating the agronomic effectiveness of rock phosphate materials. *Fertilizer Research*. **41**. 189-195.

Érkezett: 1997. október 15.

**Studies on the Effect of Algerian Rock Phosphate and Superphosphate
I. Comparative Studies on the Effect of Phosphorus Fertilizers on the Yield
and Phosphorus Content of Spring Barley in Pot Experiments
Using Various Soils**

E. OSZTOICS, P. CSATHÓ and T. NÉMETH

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

Summary

The efficiency of equal rates (50-100-400 mg P_2O_5 kg^{-1} active agent content) of Algerian rock phosphate of sedimentary origin, with excellent natural solubility, and of superphosphate manufactured from Kola apatite of magmatic origin, on the grain and by-product yields, P content and P uptake per pot of spring barley was examined in a pot experiment set up on three characteristic Hungarian soils (pseudogley soil, Szentgyörgyvölgy; chernozem brown forest soil, Kompolt; sandy brown forest soil with interstratified thin layers of colloid and sesquioxide accumulation, Nagykorpad), and on one Slovakian, one Romanian and one Algerian soil, all of which were acidic. Higher rates of Algerian rock phosphate were also included in the experiment (400, 600, 800 mg kg^{-1} citric acid-soluble and 400 mg kg^{-1} alkaline ammonium citrate-soluble P_2O_5).

It could be seen from the results of the pot experiment that under the given conditions the efficiency of superphosphate and rock phosphate fertilizers was primarily a function of the soil properties.

On the slightly acidic chernozem brown forest soil from Kompolt, superphosphate proved more favourable at all P levels for the grain yield of spring barley.

On the slightly acidic Algerian sandy soil, superphosphate gave a significantly higher grain yield at rates of 50 and 100 mg P_2O_5 kg^{-1} , while at rates of 400 mg kg^{-1} and above, the yield obtained with rock phosphate was equal to that in the highest superphosphate treatment.

On the moderately acidic, pseudogley soil from Szentgyörgyvölgy, identical P rates gave similar grain yields. The extremely high rates of rock phosphate fertilizer further increased the yield.

On the strongly acidic Slovakian podzol soil there was little difference in the grain yield of barley at lower rates of the two P fertilizers, though that obtained with superphosphate was generally somewhat higher.

On the extremely acidic brown forest soil from Nagykorpad and on the Romanian podzol soil the rock phosphate treatments were considerably more efficient, significantly so in most treatments. On these soils the basic rock phosphate rates exert their exceptional yield-increasing effect by acting as liming agents in addition to their P fertilizer effect, thus reducing not only the acidity of the soil, but also the availability of high Al- and other toxic element contents.

The P concentrations of the grain and straw were generally higher in the case of superphosphate, the P content of which is practically 100% water-soluble. The quantity of P absorbed by spring barley depended more or less on the yield quantity.

The direct application of Algerian rock phosphate, which has excellent natural solubility and is a relatively cheap source of P, could be agronomically justified on strongly acidic, and on some moderately acidic soils.

Table 1. P solubility of the phosphorus forms applied. (1) Solvent. a) $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ mixture, b) 2 % citric acid, c) Peterman's alkaline ammonium citrate, room temperature, d) Peterman's alkaline ammonium citrate, 65 °C. (2) Superphosphate. (3) Rock phosphate. (4) Quantity of P_2O_5 in solution, %. (5) Code.

Table 2. Rates of superphosphate and rock phosphate, and their codes. (1) Superphosphate. (2) Rock phosphate. (3) On the basis of soluble P active agent content. (4) In mineral acids, mg $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ soil. (5) In citric acid, mg $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ soil. (6) In alkaline ammonium citrate, mg $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ soil. (7) Value. (8) Code.

Table 3. Results of initial soil analysis on the soils in the pot experiment. (1) Hungarian soils. (2) Romanian soil. (3) Slovakian soil. (4) Algerian soil. (5) Pseudogley soil (Szentgyörgyvölgy). (6) Chernozem brown forest soil (Kompolt). (7) Sandy brown forest soil with interstratified thin layers of colloid and sesquioxide accumulation (Nagykorpad). (8) Podzol (Livada). (9) Typical podzol (Lucenec). (10) Acidic sandy soil. a) Total P, mg P kg^{-1} ; b) Aqueous P, mg P kg^{-1} ; c) Organic matter, %; d) Total salt, %; e) Saturation %; f) Hydrolytic acidity, (y_1).

Table 4. Treatments applied in the pot experiment with spring barley. (1) Treatment No. (2) Type of P fertilizer. (3) Active agents added, mg kg^{-1} soil. (4) Weight of P fertilizer applied, g kg^{-1} soil.

Table 5. Spring barley grain, by-products and total yield on the soils of the pot experiments (means of three replications). (1) Treatment. a) $\text{LSD}_{5\%}$; b) Average. (2) Pseudogley soil (Szentgyörgyvölgy). (3) Chernozem brown forest soil (Kompolt). (4) Sandy brown forest soil with interstratified thin layers of colloid and sesquioxide accumulation (Nagykorpad). (5) Grain yield. (6) By-products. (7) Total yield. (8) Romanian podzol soil. (10) Slovakian typical podzol soil (Lucenec). (11) Algerian acidic sandy soil. - No grain yield.

Table 6. Effect of P fertilizers with the same P active agent contents (I) and of treatment with extremely high P rates of rock phosphate on the grain and total yield of spring barley, compared with the yield obtained in the mineral acid-soluble 400 mg $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ superphosphate treatment (II). (1) Soil. a) Pseudogley soil (Szentgyörgyvölgy), b) Chernozem brown forest soil (Kompolt), c) Sandy brown forest soil with interstratified thin layers of colloid and sesquioxide accumulation (Nagykorpad), d) Romanian podzol soil (Livada), e) Slovakian typical podzol soil (Lucenec), f) Algerian acidic sandy soil. SZ = The superphosphate treatment was better than the rock phosphate treatment, but the yield difference was not significant. SZ# = The superphosphate treatment gave a significantly higher yield than the rock phosphate treatment. NY = The yield in the rock phosphate treatment was greater than in the superphosphate treatment, but not significantly so. NY# = The yield in the rock phosphate treatment was significantly greater than that in the superphosphate treatment. ± = The effects of superphosphate and rock phosphate were practically the same.

Table 7. P concentration of the grain and by-product yields of the spring barley grown in the pot experiment (P%). (1) Treatment. (2) Pseudogley soil (Szentgyörgyvölgy). (3) Chernozem brown forest soil (Kompolt). (4) Sandy brown forest soil with interstratified thin layers of colloid and sesquioxide accumulation (Nagykorpád). (5) Romanian podzol soil (Livada). (6) Slovakian typical podzol soil (Lucenec). (7) Algerian acidic sandy soil. (8) Grain. (9) Straw. Treatments: See Table 5. - No grain yield. *No P measurement in the grain.

Table 8. P content of the grain and total yields of the spring barley grown in the pot experiment (mg P/pot). For (1)-(7): See Table 7. (8) Grain yield. (9) Total yield. Treatments: See Table 5. - No grain yield. *No P measurement in the grain. ** No P measurement in the straw.