

Az algériai nyersfoszfát és a szuperfoszfát hatásának vizsgálata II. A foszfortrágyák hatása a vörös here termésére és foszfor- tartalmára tenyészedeny-kísérletben

OSZTOICS ANDRÁS^{NÉ}, CSATHÓ PÉTER, NÉMETH TAMÁS,
BACZÓ GÁBORNÉ, RADIMSZKY LÁSZLÓ és MAGYAR MARIANNA

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

A természetes nyersfoszfát közvetlen P-trágyaként való alkalmazhatóságát, agronómiai hatékonyságát a nyersfoszfát minőségén túl a talaj tulajdonságai és a termesztett növény fajtája határozza meg.

Előző közleményünkben (OSZTOICS et al., 1997) az Algériából származó nyersfoszfát és a Kola-apatitból készült szuperfoszfát hatékonyságának összehasonlító vizsgálatáról számoltunk be. E célra hat savanyú talajjal tenyészedeny-kísérletet állítottunk be tavaszi árpa jelzőnövényvel. A szuperfoszfát és a nyersfoszfát hatása a tavaszi árpa termésére, P-felvételére a talaj tulajdonságainak (pH, hidrolitos aciditás, T-érték, S-érték, P-tartalom) függvénye volt.

A nyersfoszfáttal trágyázott területek P-ellátottságának becslése nem egyszerű feladat. A gyenge elektrolitok és alkalikus kivonószerek ugyanis – mivel nem képesek oldani a nyersfoszfátok alkalmazása után a talajban maradt és oldatba nem ment olyan foszforit-P-t, melyek azután a tenyészidőszak alatti feltáródásukkal gondoskodnak a növények P-ellátásáról – alulbecsülik, a savas kivonószerek – azon nyersfoszfát-P oldásával, melyek valószínűleg a tenyészidőszak alatt nem alakulnak át felvehető formába – túlbecsülik a nyersfoszfátokkal kezelt talajok P-állapotát (FÜLEKY, 1976a,b; PERROTT et al., 1993; CSATHÓ & NÉMETH, 1998; NÉMETH et al., 1998; OSZTOICS et al., 2000).

Jelen munkánkban a tavaszi árpával egy időben, azonos körülmények között beállított vörös here jelzőnövényvel végzett tenyészedeny-kísérlet eredményeit mutatjuk be.

Anyag és módszer

A vizsgált talajok alapvető fizikai és kémiai tulajdonságait és a foszfortrágyák oldhatósági viszonyait előző cikkünkben ismertettük (OSZTOICS et al.,

1. táblázat
A tenyésztés-kísérlet magyarországi, romániai, szlovákiai és algériai talajainak kiindulási vizsgálati eredményei

(1) Talajjellemzők	(2) Pseudoglejes barna erdő- talaj, Szent- györgyvölgy	(3) Csernozjom barna erdőtalaj, Kompolt	(4) Kovárványos barna erdőtalaj, Nagykorpad	(5) Podzol, Livada (Románia)	(6) Tipikus podzol, Losonc (Szlovákia)	(7) Savanyú homoktalaj (Algéria)
pH (H ₂ O)	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) Hidrolitos aciditás (γ ₁)	13,3	9,3	19,5	26,5	21,6	7,7
b) Összes P, mg P kg ⁻¹	801	525	492	688	211	198
c) AL-oldható P, mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹	68	79	64	65	11,3	156
d) Olsen-P, mg P kg ⁻¹	55,5	40,5	46,3	34,4	24,5	23,4
e) Vizes-P, mg P kg ⁻¹	5,1	6,9	5,4	2,4	2,1	6,9
e) P-ellátottság	f) közepes	f) közepes	g) gyenge	g) gyenge	h) igen gyenge	i) igen jó
j) Szerves anyag, % (Humusz)	1,67	3,81	1,06	1,54	2,7	1,53
k) Fizikai féleség	l) agyagos vályog	l) agyagos vályog	m) homok	n) homokos vályog	o) vályog	n) homokos vályog
p) T-érték (kationkicszerelő kap- acitás) me (100g) ⁻¹	9,31	30,10	8,46	8,10	11,00	4,92
r) S-érték (Kicszerélhető kationok), me (100g) ⁻¹	8,70	29,40	4,20	0,74	3,70	4,42
s) Kicszerélhető Ca, me (100g) ⁻¹	6,51	24,30	3,17	0,58	1,96	3,22
s) Kicszerélhető Mg, me (100g) ⁻¹	2,01	4,42	0,92	0,12	1,66	1,16
t) Oxalát-oldható Fe, mg kg ⁻¹	4530	3660	1620	7410	3600	975
t) Oxalát-oldható Al, mg kg ⁻¹	464	550	290	477	403	127

Megjegyzés: pH(H₂O) = 1 : 2,5, talaj : H₂O; pH(KCl) = 1 : 2,5, talaj : 1 M KCl; Összes-P: a talajminták cc. HNO₃ és H₂O₂ elegyével történő roncsolása után plazmaemissziós spektrometriai (ICP) módszerrel mérték; Vizes-P: SARKADI (1982); T-érték, S-érték, Kicszerélhető Ca- és Mg: RICHARDS (1954); Oxalát-oldható Fe és Al: ROSS és WANG (1993) szerint meghatározva

1997). A nyersfoszfát feltáródásában további fontos szerepet játszó talajtulajdonságokat az 1. táblázat mutatja. A táblázatból látható, hogy a nyersfoszfát oldhatósága, alkalmazhatósága szempontjából a talajok különbözőek.

Tenyészedényenként 1,7 kg – 5 mm-es szitán átrostált – talajt használtunk fel. A műtrágyák közül a nitrogént (100 mg N kg⁻¹ talaj) NH₄NO₃, a káliumot (400 mg K kg⁻¹ talaj) KCl vizes oldata formájában, a foszfort szuperfoszfátként és nyersfoszfátként, szilárd formában, poralakban adtuk a talajokhoz. A tenyészedény-kísérlet P-trágya-kezelései a korábban közölt, tavaszi árpával végzett tenyészedény-kísérlet kezeléseivel (OSZTOICSNÉ et al., 1977, 4. táblázat) – egy kivételével – azonosak. A vöröshere-kísérletben még egy 600 mg P₂O₅ mg kg⁻¹ hatóanyagtartalmú nyersfoszfátkezelést is alkalmaztunk, melyet az ásványi sav oldhatóság alapján számoltunk (összes-P, 9. kezelés).

Az NKP-műtrágyákat a vörös here jelzőnövény vetése előtti napon kevertük a talajokba. A kísérlet elrendezése véletlen blokk volt, 3 ismétléssel. A vörös here a talajok többségén – néhány véletlenszerű hiányos keléstől eltekintve – jól kelt, megfelelő növényszámot biztosított. A szélsőségesen savanyú romániai podzol talajon és nagykorpádi kovárványos barna erdőtalajon azonban a vörös here igen hiányosan, vagy egyáltalán nem kelt ki. Ezekben a talajokon a vetést újra elvégeztük.

A vörös herét júl. 14. és dec. 13. között – 8, 3, 7, 4, ill. 6 hetes korban – öt alkalommal vágtuk. A romániai podzol talajon és a nagykorpádi kovárványos barna erdőtalajon a kelési problémák miatt a növények első (8 hétig nevelt növény) és második (7 hétig nevelt növény) vágása a többi talaj növényeinek második, ill. harmadik vágásával megegyező időpontban történt. A vörös here feldolgozása vágásonként történt. A növényi mintákat HNO₃ és H₂O₂ elegyével roncsoltuk, P-tartalmukat plazmaemissziós spektrometriai (ICP) módszerrel mértük.

Eredmények és értékelésük

A P-forma és -adag hatása a talaj könnyen oldható P-tartalmára

Az algériai nyersfoszfát és a Kola-szuperfoszfát hatását a talaj AL-oldható P-tartalmára (EGNER et al., 1960) két időpontban vizsgáltuk: a P-trágyák bekeverését követő 2-3. napon (2. táblázat), illetve – egyes kezelésekből – a vörös here 5. vágását követően, a kísérlet bontásakor (3. táblázat). A könnyen oldható P-tartalmakat csupán 1–1 sorozatban határoztuk meg.

A kiindulási talajok eredeti AL-P₂O₅ tartalma 11 mg kg⁻¹ (szlovákiai tipikus podzol talaj, Losonc) és 156 mg kg⁻¹ (algériai savanyú homoktalaj) között változott. Az első négy talajon ugyanakkor értéke közel azonos volt, 60 és 80 mg kg⁻¹ közötti intervallumban. Környezetkímélő új műtrágyázási szaktanácsadási

2. táblázat

A P-forma és -adag hatása a talajok AL-oldható P_2O_5 -tartalmára a kísérlet beállításakor, $mg P_2O_5 kg^{-1}$

(1) Kezelés	(2) Talaj származási helye						(3) Átlag
	Szentgyörgyvölgy	Kompolt	Nagykorpád	Livada	Losonc	Algéria	
1. 0	68	79	64	65	11	156	74
2. NK	70	72	67	62	17	157	74
3. NKP _{ST} 50	79	112	82	87	25	182	94
4. NKP _{ST} 100	104	124	132	112	75	208	126
5. NKP _{ST} 400	287	365	376	334	252	448	344
6. NK _{RT} 50	91	113	96	90	27	207	104
7. NK _{RT} 100	120	163	140	115	61	232	138
8. NK _{RT} 400	402	428	449	359	365	673	446
9. NK _{RT} 600	610	805	738	660	555	876	707
10. NK _{RC} 400	876	983	1095	849	933	1197	989
11. NK _{RC} 600	1004	1536	1701	1565	1569	1599	1496
12. NK _{RC} 800	1370	1929	2051	1710	1652	1950	1777
13. NK _{RP} 400	3080	3028	3025	3163	3072	3333	3117
a) Átlag	628	749	770	705	662	863	730

Talajok: Szentgyörgyvölgy: közepesen savanyú pszeudoglejes barna erdőtalaj; Kompolt: gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalaj; Nagykorpád: szélsőségesen savanyú kovárányos barna erdőtalaj; Livada: szélsőségesen savanyú romániai podzol talaj; Losonc: erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talaj; Algéria: gyengén savanyú algériai homoktalaj

rendszerünk keretében a hazai szabadföldi P-hatás kísérletekben talált összefüggések alapján kidolgozott új AL-P-ellátottsági kategóriák szerint a P-ellátottság igen gyenge volt az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc); gyenge a szélsőségesen savanyú kovárányos barna erdőtalajon (Nagykorpád) és a romániai podzol talajon (Livada); közepes a közepesen savanyú pszeudoglejes barna erdőtalajon (Szentgyörgyvölgy) és a gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt); és igen jó a gyengén savanyú algériai homoktalajon (CSATHÓ et al. 1998a, 1998b).

Az NK trágyázás – értelemszerűen – nem okozott változást az AL-P-tartalmakban. A hatóanyag-azonos Kola-szuperfoszfát és az algériai nyersfoszfát 50–100–400 $mg kg^{-1}$ adagjai hasonló mértékben növelték meg az AL-P-tartalmakat a P-trágyák bekeverése utáni 2–3. napon, bár a nyersfoszfátkezelésekben

10–25 %-kal is magasabb értékeket kaptunk. Mint ismeretes, a 3,85 pH-jú savas AL-oldószerrel a növény számára nem, vagy kevésbé felvehető Ca-foszfátokat is oldjuk, így módon a nyersfoszfátkezelésben adott bázikus foszfátok legnagyobb, a növény számára még nem felvehető része is oldatba került. AL-oldható formában az adott foszfor 60–70 %-át lehetett kimutatni a szuperfoszfát-, 80–95 %-át a nyersfoszfátkezelésekben 2–3 nappal a bekeverés után (2. táblázat).

A kezelések átlagában átlagon felüli P-megkötődést mutatott az AL-oldhatóság alapján a közepesen savanyú, agyagos vályog fizikai féleségű pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy), valamint a szélsőségesen savanyú romániai podzol talaj (Livada) és az erősen savanyú tipikus podzol talaj (Losonc) (2. táblázat).

A vörös here 5. vágása után, a kísérlet bontásakor (6 hónappal a kísérlet beállítása után) egyes kezelésekben újra megállapítottuk a talajok AL-P-tartalmát (3. táblázat). Ez alkalommal mind a növény nélkül beállított, mind a vörös here növényvel elvetett edényekben meghatároztuk a könnyen oldható P-tartalmakat. Az első esetben csupán a 6 havi P-megkötődés, a másodikban ezen túl még a vörös here 5. növedékével kivont foszfor is csökkentette a „felvehető” P-készleteket. A növény nélküli edényeket is épp úgy öntöttük, mint a vörös herével elvetetteket (3. táblázat).

3. táblázat

A P-forma és -adag hatása a talajok AL-oldható P₂O₅-tartalmára a kísérlet bontásakor, mg P₂O₅ kg⁻¹

(1) Kezelés	(2) Talaj származási helye						(3) Átlag	
	Szentgyörgy - völgy	Kompolt	Nagykorpád	Livada	Losonc	Algéria		
1. 0	I.	53	80	64	54	11	137	66
	II.	46	42	56	53	10	85	49
5. NKP _{ST}	I.	133	269	246	179	133	296	209
	II.	113	147	225	193	71	281	172
8. NK _{RT}	I.	266	293	317	237	237	448	300
	II.	249	329	298	231	173	421	284
13. NK _{RP}	I.	2720	2650	2870	1450	2510	3145	2558
	II.	2670	2570	2370	1400	2380	2940	2388
a) Átlag	I.	793	823	874	480	723	1006	783
	II.	770	772	737	469	658	932	723

Megjegyzés: I: növény nélküli edényekben, II: vörös herével vetett edényekben; Talajok: lásd 2. táblázat

A kísérletek átlagában a növény nélküli kezelésben a $400 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ szuperfoszfát-kezelésben a beállításkori foszfor 60 %-át, a $400 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ nyersfoszfátkezelésben a 70 %-át, míg a legnagyobb nyersfoszfátszinten, az alkalis ammónium-citrátban oldható $400 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ 80 %-át lehetett kimutatni AL-oldható formában a 6 havi megkötődés eredményeképpen.

A vörös here „jelenléte”, az 5 növedéssel kivont foszfor szintén éreztette a hatását: a növény nélküli edényekhez képest 6-26 %-kal alacsonyabb AL-P-tartalmakat mértünk az azonos kezelésekből a kísérletek átlagában. A 6 hónapos megkötődés a szélsőségesen savanyú romániai podzol talajon (Livada) és az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc) mutatkozott a leg-erőteljesebbnek. Úgy tűnik, hogy a vizsgált talajokban a P-megkötődést a savanyúbb kémhatás erőteljesebben befolyásolta, mint a nagyobb agyagtartalom (3. táblázat). Hasonlóak voltak a tapasztalataink inkubációs, ill. szabadföldi nyersfoszfát, ill. szuperfoszfát P-hatás kísérletekben is (CSATHÓ & MAGYAR, 1999; MAGYAR & CSATHÓ, 2000; OSZTOICS et al., 2000; NÉMETH et al., 2001).

A P-forma és -adag hatása a vörös here légszáraz termésére

A vörös here egyes vágásainak szárazanyaghozama a vágások között eltelt idő függvénye volt. Mivel az egyes vágások között nem azonos idő telt el (8, 3, 7, 4 ill 6 hét), a szárazanyag mennyiségét egy hétre vonatkoztatva is megvizsgáltuk. Eredményeink azt mutatták, hogy a közepesen savanyú pszeudoglejes barna erdőtalajon (Szentgyörgyvölgy), a gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt), az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc) és a gyengén savanyú algériai homoktalajon, ahol a vörös herét öt alkalommal vágtuk az egy hétre vonatkoztatott legnagyobb termést – a kezelések többségében – a 3. vágás (7 hétig nevelt növény) adta. A fenti négy talajon a növények 4. vágásában (4 hétig nevelt növény) általában minden kezelés szárazanyaghozama alacsonyabb volt az első három vágásénál, az 5. vágásé (6 hétig nevelt növény) pedig átlagosan csak harmada vagy negyede. Ezt az egy hétre vonatkoztatott szárazanyaghozam csökkenést az utolsó két vágásnál (október végén, december közepén) valószínű, hogy a kísérleti körülmények megváltozása okozhatta, mivel a vörös here nevelése tenyésztedényben, de szabadföldi körülmények között történt.

A romániai podzol talajon (Livada) a vörös here egy hétre vonatkoztatott szárazanyaghozama mindkét vágásban hasonló volt. Ezen a talajon azonban a 2. vágás után a kontrollok és a kisadagú nyersfoszfát- és szuperfoszfát-kezelések edényeiben a növények kipusztultak. A 3. vágás után pedig már csak a nagyobb nyersfoszfátkezelésekben nőtt növény. A kovárványos barna erdőtalajon (Nagykorpád) a vörös here egy hétre vonatkoztatott szárazanyaghozama a 2. vágásnál – az 1. vágáshoz viszonyítva – nagyságrendileg csökkent (bár a te-

nyészidő közel azonos volt: 8, ill. 7 hét). A 2. vágás után a növények minden kezelésben kipusztultak.

A vörös here vágásonkénti légszáraz tömegét a gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt) példáján mutatjuk be (4. táblázat). Az össztermést 100 %-nak véve a kompolti kísérlet átlagában az 1. és a 3. vágás tömege volt a meghatározó (34–36 %). Ennek mintegy harmada volt a 2. és a 4. vágás tömege (11–12 %). Az 5. (decemberi) vágás pedig összesen 7 %-ban járult hozzá az összes légszáraz tömeghez. Az 1–5. vágás összegében az NK- (P kontroll-) kezelés termése lecsökkent az abszolút kontrolléhoz képest, annak csupán mintegy ¾-ét érte el. Szignifikáns P-hatásokat a szuperfoszfát- és a nagyadagú nyersfoszfátkezelésekben kaptunk az NK- (P- kontroll-) kezeléshez képest. A Kola-szuperfoszfát és az algériai nyersfoszfát agronómiai hatékonyságának – a hatóanyag azonosság elvén való – összehasonlítására a 3–5. és a 6–8. kezelések nyújtanak lehetőséget, 50–100–400 mg P₂O₅ kg⁻¹ koncentrációkban kijuttatva. Az algériai nyersfoszfát közvetlen alkalmazásával a hatóanyag-azonos szuperfoszfáttal nyert termésnek 61–68–72 %-át érték el ezen a gyengén savanyú ta-

4. táblázat

A P-forma és -adag hatása a vörös here légszáraz tömegére a kompolti csernozjom barna erdőtalajon, g edény⁻¹

(1) Kezelés száma és jele	(2) Vágások					(3) Összesen
	1.	2.	3.	4.	5.	
1. 0	5,63	2,37	8,06	2,63	1,47	20,17
2. NK	4,61	1,64	5,05	1,98	1,34	14,62
3. NKP _{ST} 50	7,04	2,98	9,07	3,36	0,93	23,37
4. NKP _{ST} 100	7,69	3,05	7,56	2,32	1,41	22,03
5. NKP _{ST} 400	8,63	3,16	8,08	2,51	1,45	23,83
6. NK _{RT} 50	5,15	1,37	5,09	1,68	1,05	14,34
7. NK _{RT} 100	4,65	1,29	5,82	1,96	1,26	14,98
8. NK _{RT} 400	5,62	1,53	6,40	2,34	1,24	17,12
9. NK _{RT} 600	7,56	2,39	8,36	2,37	1,36	22,05
10. NK _{RC} 400	7,39	1,95	6,48	1,97	1,41	19,21
11. NK _{RC} 600	6,95	1,91	7,45	2,14	1,14	19,60
12. NK _{RC} 800	7,51	1,88	5,94	2,02	1,13	18,48
13. NK _{RP} 400	7,63	2,53	6,43	2,49	1,31	20,39
a) SzD _{5%}	1,24	0,72	1,82	0,72	0,54	3,37
b) Átlag	6,62	2,16	6,91	2,29	1,27	19,25

lajon az 50–100–400 mg P₂O₅ kg⁻¹ szinteken. A növekvő P-adagok hatására tehát csökkent a két P-forma hatékonysága közötti különbség, de még így is meghatározó maradt. Az extrém nagy nyersfoszfátkezelések már megközelítették a „normál” szuperfoszfát-kezelések termését (4. táblázat).

Bár a vörös here feldolgozása vágásonként történt, az egy talajtípuson belül az egyes vágásoknál a kezelések hatása azonos volt a vörös here termésére, így a P-kezelések hatását és a különböző talajok növényeinek összehasonlítását az 1–5. vágás termésének összege alapján végeztük (5. táblázat).

A különböző *kiindulási* talajok közül (abszolút kontroll, 1. kezelés) a vörös here szárazanyag-felhalmozódása a legnagyobb a csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt) és a pszeudoglejes barna erdőtalajon (Szentgyörgyvölgy) volt. A szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc) magas szervesanyag-tartalma (2,70 %) ellenére a termése mindössze 40 %-a volt a csernozjom barna erdőtalajénak. Ez valószínű a talaj igen alacsony P-tartalmával van összefüggésben.

5. táblázat

A P-forma és -adag hatása a vörös here légszáraz tömegére (1–5. vágás összege) a kísérlet hat talaján, g edény⁻¹

(1) Kezelés	(2) Talaj származási helye						(3) Átlag
	Szentgyörgyvölgy	Kompolt	Nagykorpád	Livada	Losonc	Algéria	
1. 0	12,67	20,17	1,84	1,07	7,47	5,01	8,04
2. NK	11,96	14,62	2,13	0,29	1,63 *	0,35	5,16
3. NKP _{ST} 50	13,33*	23,37	0,78	0,39	6,35*	7,51	8,62
4. NKP _{ST} 100	12,18*	22,03	0,85	1,24	13,14	4,63	9,01
5. NKP _{ST} 400	17,55	23,83	1,48	2,34	13,27	8,64	11,18
6. NK _{RT} 50	12,33*	14,34	0,21	0,21	6,09 *	3,20	6,06
7. NK _{RT} 100	13,94	14,98	1,03	0,90	11,44*	2,93	7,54
8. NK _{RT} 400	15,90	17,12	2,04	4,09	23,25	8,18	11,76
9. NK _{RT} 600	11,50*	22,05	2,31	7,72	24,14	5,28	12,17
10. NK _{RC} 400	16,21	19,21	2,24	11,60	23,47	9,06	13,63
11. NK _{RC} 600	18,10	19,60	0,16	10,53	25,21	8,74	13,72
12. NK _{RC} 800	14,72	18,48	3,26	11,18	24,73	7,92	13,38
13. NK _{RP} 400	16,07	20,39	1,15	10,06	27,36	7,74	13,80
a) SzD _{5%}	4,34	3,37	1,62	2,38	2,49	3,08	1,23
b) Átlag	14,34	19,25	1,50	4,74	15,97	6,09	10,31

Megjegyzés: * a vörös here kelése hiányos volt; Talajok: lásd 2. táblázat

Az algériai talajon az igen jó P-tartalom ellenére [$\text{pH}(\text{KCl}) = 5,55$, $\text{H} \% = 1,53$] alacsony vörös here szárazanyag-tömeget kaptunk. A csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt) és pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) szárazanyag-tömegénél jóval kisebb termést értünk el a két szélsőségesen savanyú és alacsony szervesanyag-tartalmú kovárványos barna erdőtalajon (Nagykorpád) és romániai podzol talajon (Livada).

Az *NK-kezelés* csak a kovárványos barna erdőtalajon (Nagykorpád) növelte a vörös here termését a kiindulási talajéhoz viszonyítva, a többi talajon jelentős termés-csökkenő hatása volt.

A *P-hatások* vonatkozásában a kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpád) és a szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc) képezték a két szélsőséget. Az összesen két vágást „megélt” vörös here nem mutatott P-hatásokat a szélsőségesen savanyú kovárványos barna erdőtalajon (Nagykorpád), ahol minden kezelésnél kelési problémák voltak. A kísérlet egész időtartama alatt a növények fejletlenek, alacsonyak és apró levelűek maradtak. A vizsgálati eredmények azt mutatták, hogy a talaj tulajdonságai nem megfelelőek a vörös here igényeinek. Ezen a talajon sem a szuperfoszfát, sem a nyersfoszfát P-tartalmának kedvező hatása nem mutatható ki a vörös here termésére. Valamennyi P-kezelés szignifikáns volt ugyanakkor az igen gyenge P-ellátottságú, erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc). A szuperfoszfát-kezelések megbízható terméstudbetekeket eredményeztek még a csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt) és a gyengén savanyú algériai homoktalajon. A nagyobb nyersfoszfátkezelések a kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpád) kivételével valamennyi talajon szignifikáns P-hatásokat mutattak. A szuperfoszfáthoz képest az extrém nagy nyersfoszfátadagok csupán az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc) és a szélsőségesen savanyú romániai podzol talajon (Livada) eredményeztek további terméstudbetekeket (5. táblázat).

A kísérleti helyek átlagában az 50–100–400 mg P_2O_5 kg^{-1} szinteken hatóanyag-azonos algériai nyersfoszfát közvetlen alkalmazásával a szuperfoszfáttal nyert termésnek 70–84–105 %-át értük el. A növekvő P-szinteken tehát a talajok átlagában is csökkent, ill. meg is szűnt a két P forma hatékonysága közötti különbség. Az erősen és a szélsőségesen savanyú talajokon a 400 mg P_2O_5 kg^{-1} szinten még szembeötlőbb, 40–75 %-os a nyersfoszfát előnye a szuperfoszfáthoz képest (5. táblázat).

A P-forma és -adag hatása a vörös here P-koncentrációjára

A vizsgált talajokon az egyes vágások növényeinek P-koncentrációját összehasonlítva megállapítható volt, hogy a növények P-koncentrációja a kezelésektől függetlenül általában annál magasabb, minél fiatalabb korban vágtuk le a növényt. A P-kezelések a vörös here P-koncentrációjára minden vágásban ha-

sonló hatást mutattak egy–egy talajtípuson belül. A P-koncentráció változását a vörös here egyes vágásaiban a csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt) példáján mutatjuk be (6. táblázat).

A kezelések átlagban a legmagasabb P-koncentrációt a 3 hetes korban vágott 2. növedékben, ill. a 4 és 6 hetes korban betakarított 4. és 5. növedékekben

6. táblázat.

A P-forma és -adag hatása a vörös here P-koncentrációjára a kompolti csernozjom barna erdőtalajon, P %

(1) Kezelés	(2) Vágások					(3) Összesen
	1.*	2.**	3.*	4.**	5.**	
1. 0	0,26	0,33	0,21	0,29	0,30	0,28
2. NK	0,25	0,38	0,26	0,29	0,27	0,29
3. NKP _{ST} 50	0,19	0,33	0,24	0,31	0,29	0,27
4. NKP _{ST} 100	0,20	0,35	0,28	0,33	0,33	0,30
5. NKP _{ST} 400	0,40	0,52	0,36	0,50	0,41	0,40
6. NK _{RT} 50	0,23	0,41	0,22	0,28	0,33	0,29
7. NK _{RT} 100	0,24	0,39	0,25	0,30	0,34	0,30
8. NK _{RT} 400	0,24	0,40	0,26	0,33	0,27	0,30
9. NK _{RT} 600	0,22	0,33	0,24	0,34	0,31	0,29
10. NK _{RC} 400	0,22	0,34	0,24	0,32	0,30	0,28
11. NK _{RC} 600	0,22	0,33	0,24	0,33	0,38	0,30
12. NK _{RC} 800	0,22	0,37	0,28	0,31	0,38	0,31
13. NK _{RP} 400	0,24	0,33	0,22	0,33	0,37	0,30
a) SzD _{5%}	0,03	-	0,04	-	-	-
b) Átlag	0,24	0,37	0,25	0,33	0,33	0,30

* három ismétlés átlaga, **átlagmintából mért érték

kaptuk. Az NK- (P kontroll-) kezeléshez képest csupán tendenciájában nőtt a P %. Ez alól csak a 400 mg P₂O₅ kg⁻¹ szuperfoszfát-kezelés volt kivétel (6. táblázat).

A talajok között a kiindulási (abszolút kontroll, 1. kezelés) minták növényeiben a P-koncentráció a legnagyobb a csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt) és pszeudoglejes barna erdőtalajon (Szentgyörgyvölgy). A NK-kezelés csak a kovárványos barna erdőtalajon (Nagykorpád) növelte jelentősen a vörös here P-koncentrációját (7. táblázat)

A csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt) és a szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc) a növekvő adagú szuperfoszfát-kezelések a dózissornak megfelelően növelték a vörös here P-koncentrációját. Az ásványi sav oldható

400 mg P₂O₅ kg⁻¹ szuperfoszfátadag – a romániai podzol talaj (Livada) kivételével – a vizsgált talajokon az alkalmazott összes P-kezelés közötti legmagasabb P-koncentrációt eredményezte a növényekben. Valószínű, hogy ez a szuperfoszfátadag bőséges felvehető P-kínálatot biztosított a növények számára ezeken a talajokon.

7. táblázat.

A P-forma és -adag hatása a vörös here P-koncentrációjára a kísérlet hat talaján, P %

(1) Kezelés	(2) Talaj származási helye						(3) Átlag
	Szentgyörgyvölgy	Kompolt	Nagykorpád	Livada	Losonc	Algéria	
1. 0	0,28	0,28	0,11	0,12	0,17	0,18	0,19
2. NK	0,27	0,29	0,32	0,1	0,08	0,19	0,21
3. NKP _{ST} 50	0,28	0,27	*	*	0,14	0,21	0,22
4. NKP _{ST} 100	0,28	0,30	*	0,09	0,20	0,21	0,22
5. NKP _{ST} 400	0,41	0,44	0,33	0,19	0,45	0,42	0,37
6. NK _{RT} 50	0,28	0,29	*	*	0,17	0,19	0,23
7. NK _{RT} 100	0,28	0,30	0,11	0,12	0,17	0,19	0,20
8. NK _{RT} 400	0,31	0,30	0,19	0,19	0,26	0,21	0,21
9. NK _{RT} 600	0,32	0,29	0,23	0,31	0,29	0,22	0,28
10. NK _{RC} 400	0,34	0,28	0,25	0,32	0,32	0,22	0,29
11. NK _{RC} 600	0,31	0,30	*	0,38	0,34	0,21	0,31
12. NK _{RC} 800	0,33	0,31	0,27	0,34	0,35	0,21	0,30
13. NK _{RP} 400	0,32	0,30	0,23	0,41	0,31	0,21	0,30
a) Átlag	0,31	0,30	0,23	0,30	0,26	0,22	0,27

Megjegyzés: * nincs P-mérés; Talajok: lásd 2. táblázat

A romániai podzol talaj (Livada) kivételével a nyersfoszfátkezelések mintáinak vöröshere-termésében a P-koncentráció egy kezelésben sem érte el a 400 g P₂O₅ kg⁻¹ ásványi sav oldható szuperfoszfát hatását. Az extra nyersfoszfát-adagok (az ásványi sav oldható 400 mg P₂O₅ kg⁻¹ adagnál nagyobb hatóanyag-tartalmú nyersfoszfátadag) a gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt) és a savanyú algériai homoktalajon nem növelték tovább a vörös here P-koncentrációját.

Az erősen és a szélsőségesen savanyú talajokon extra nyersfoszfátadagok hatására a vörös here P-koncentrációja tovább emelkedett. Sőt, a szélsőségesen savanyú romániai podzol talajon (Livada) nagyobb P-koncentrációt eredményezett a növényekben, mint a szuperfoszfát ásványi sav oldható 400 mg P₂O₅ kg⁻¹ adagja.

A P-forma és -adag hatása a vörös here P-felvételére

A vörös here által felvett foszfor mennyiségére az előzőekben elmondott tendenciák együttes hatása érvényesül.

A pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy), a csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt), a szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc) és az algériai homoktalaj 2. növedékénél (3 hetes korban vágva) a legnagyobb a növények egy hétre vonatkoztatott P-felvétele.

A kovárányos barna erdőtalajon (Nagykorpád) az 1. vágás növényeinek a egy hétre vonatkoztatott P-felvétele nagyobb a 2.-nál. A romániai podzol talajon (Livada) az első két vágásban a nyersfoszfátkezelések növényeinek egy hétre vonatkoztatott P-felvétele hasonló volt.

A P-kezelések hatását a vörös here növedékenkénti P-felvételére a 8. táblázatban mutatjuk be a csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt) esetében. Az 1. és a 3. vágással mintegy kétszer annyi foszfort vett fel a vörös here, mint a 2. és a 4. vágással (16–18, ill. 8–8 mg edény⁻¹). A 2. és a 4. növedék P-tartalma szintén kétszerese volt az 5. növedéknek.

8. táblázat

A P-forma és -adag hatása a vörös here P-felvételére a kompolti csernozjom barna erdőtalajon, mg P edény⁻¹

(1) Kezelés	(2) Vágások					(3) Összesen
	1.	2.	3.	4.	5.	
1. 0	14,55	7,83	16,91	7,63	4,42	51,34
2. NK	11,84	6,25	12,59	5,75	3,62	40,05
3. NKP _{ST} 50	13,39	9,82	21,27	10,41	2,70	57,58
4. NKP _{ST} 100	15,50	10,68	21,19	7,64	4,67	59,68
5. NKP _{ST} 400	34,79	16,42	29,38	12,53	5,93	99,05
6. NK _{RT} 50	12,11	5,63	11,57	4,70	3,47	37,48
7. NK _{RT} 100	11,03	5,05	14,63	5,88	4,29	40,89
8. NK _{RT} 400	13,32	6,11	16,51	7,71	3,35	47,00
9. NK _{RT} 600	16,36	7,89	20,06	8,07	4,23	56,60
10. NK _{RC} 400	16,00	6,64	15,56	6,30	4,24	48,75
11. NK _{RC} 600	15,69	6,32	18,08	7,07	4,33	51,49
12. NK _{RC} 800	16,77	6,97	16,47	6,26	4,29	50,76
13. NK _{RP} 400	18,34	8,35	14,31	8,21	4,85	54,06
a) SzD _{5%}	3,05	2,72	4,83	2,33	1,70	10,31
b) Átlag	16,13	8,00	17,58	7,55	4,18	53,44

Az abszolút kontrollhoz képest a NK- (P kontroll-) kezelés mintegy 20 %-kal kevesebb foszfort vett fel. Szignifikáns P-hatást csupán a szuperfoszfát- és a nagyadagú nyersfoszfátkezelésekben kaptunk a NK- (P-kontroll-) kezeléshez képest. A legnagyobb (400 mg kg⁻¹) szuperfoszfát-kezelés P-felvétele messze meghaladta az összes többi kezelését.

A szuperfoszfát és az algériai nyersfoszfát agronómiai hatékonyságának – a hatóanyag azonosság elvén való – összehasonlításáról elmondhatjuk, hogy mindhárom (50–100–400 mg P₂O₅ kg⁻¹) koncentrációban jelentős a szuperfoszfát előnye. A nyersfoszfátkezelések P-felvétele a hatóanyag-azonos szuperfoszfáténak csupán 50–70 %-át érte el. A nagyobb P-szinteken még tovább nőtt a két P-forma hatékonysága közötti különbség (8. táblázat).

A hat talajon a P-forma és -adagok hatását a növényi P-felvételre a vörös here 1–5. vágásának összegében a 9. táblázatban mutatjuk be. Látható, hogy a gyengén, ill. közepesen savanyú csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt), algériai homoktalajon és pszeudoglejes barna erdőtalajon (Szentgyörgyvölgy) a szuperfoszfát ásványi sav oldható 400 mg P₂O₅ kg⁻¹ adagú kezelésében a növé-

9. táblázat

A P-forma és -adag hatása a vöröshere P-felvétele (1–5. vágás összege) a kísérlet hat talaján, mg P edény⁻¹

(1) Kezelés	(2) Talaj származási helye						(3) Átlag
	Szentgyörgyvölgy	Kompolt	Nagykorpád	Livada	Losonc	Algéria	
1. 0	30,95	51,34	1,49	0,48	11,70	8,17	17,36
2. NK	28,86	40,05	6,30	*	1,04**	0,31	12,76
3. NKP _{S_T} 50	34,36**	57,58	*	*	7,63**	15,34	19,15
4. NKP _{S_T} 100	30,32**	59,68	*	0,50	21,27	9,00	20,13
5. NKP _{S_T} 400	65,81	99,05	3,28	3,09	51,90	32,72	42,64
6. NK _{R_T} 50	31,42**	37,48	*	*	10,25**	5,33	14,08
7. NK _{R_T} 100	35,58	40,89	0,72	0,57	16,54**	3,79	16,35
8. NK _{R_T} 400	44,86	47,00	3,69	6,34	53,55	15,80	28,54
9. NK _{R_T} 600	33,67**	56,60	4,12	15,21	62,14	10,25	30,33
10. NK _{R_C} 400	49,48	48,75	4,70	29,31	65,32	17,31	35,81
11. NK _{R_C} 600	52,18	51,49	*	32,86	78,01	15,90	38,40
12. NK _{R_C} 800	44,01	50,76	7,55	31,72	79,86	15,23	38,19
13. NK _{R_p} 400	47,27	54,06	2,46	31,28	78,46	13,37	37,82
a) SzD _{5%}	11,17	10,31	4,18	8,59	8,93	6,03	4,19
a) Átlag	40,67	53,44	2,64	11,64	41,36	12,50	27,04

* nincs P-mérés; ** a vörös here kelése hiányos volt; Talajok: lásd 2. táblázat

nyek szignifikánsan több foszfort vettek fel edényenként, mint bármely nyersfoszfátkezelésben.

Az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc) és a szélsőségesen savanyú romániai podzol talajon (Livada) viszont a nyersfoszfát ásványi sav oldható 400 mg P_2O_5 kg^{-1} adagú kezelésében nagyobb a növények P-felvétele, mint az azonos hatóanyag-tartalmú szuperfoszfát-kezelésben. Ez utóbbi szuperfoszfát-kezeléshez hasonlítva a nyersfoszfát ásványi sav oldható 600 mg P_2O_5 kg^{-1} adagja (9. kezelés) már mindkét talajon szignifikáns P-felvétel növekedést eredményez. Az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc) és a szélsőségesen savanyú romániai podzol talajon (Livada) az extra nyersfoszfátadagok jelzik a legnagyobb mértékű növényi P-felvételt.

Ezek a talajokon a nyersfoszfát ásványi sav oldható 400 mg P_2O_5 kg^{-1} adagú kezelésénél nagyobb hatóanyag-tartalmú kezeléseknél a növények által felvett P mennyiségében már nem mutatkozik a kiindulási talaj kedvezőtlen adottsága, s a P-felvétel hasonló a jobb talajtulajdonságú csernozjom barna erdőtalajával (Kompolt) és pszeudoglejes barna erdőtalajával (Szentgyörgyvölgy). Ezek a savanyú talajokon a nyersfoszfát kedvező hatása a P-hatás mellett a nyersfoszfát bázikus Ca-vegyületeinek is tulajdonítható, mely a talaj savanyúsága mellett, a toxikus elemek felvételét (Mn, Ni, Al) is csökkenthette (9. táblázat).

A talajok átlagában, a hatóanyag-azonosság elvén vizsgálva, a nyersfoszfát 50–100–400 mg P kg^{-1} kezelés P-felvétele a szuperfoszfáténak csupán 70–80 %-át érte el.

Ha a különböző talajokon a nyersfoszfát hatásosságát a *tavaszi árpa* (OSZTOICS et al. 1997) és a jelen dolgozatban ismertetett *vörös here* esetén összehasonlítjuk, ugyanazon talajon is eltérő érvényesülést tapasztalunk a különböző jelzőnövények alkalmazásakor. Az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc) a tavaszi árpa esetében a szuperfoszfát, a vörös here jelzőnövényénél pedig a nyersfoszfát volt a hatékonyabb. A vizsgált szélsőségesen savanyú talajokon mindkét jelzőnövény esetén a nyersfoszfát jóval hatékonyabb volt a szuperfoszfátnál. A nyersfoszfátkezelések termései viszont azt mutatták, hogy a kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpád) a tavaszi árpa, míg a romániai podzol talaj (Livada) a vörös here termesztésére volt alkalmasabb. Eredményeink tehát megerősítik, hogy a nyersfoszfát közvetlen P-trágyaként való alkalmazásakor, a hatékonyságának a megítélésakor a talaj tulajdonságai mellett a növény fajtáját, annak P-igényét is figyelembe kell venni.

Következtetések

A hatóanyag-azonos nyersfoszfátadagok termésmenvelő hatása csupán 60–80 %-ban éri el a szuperfoszfátét „normál” adagok alkalmazásakor. Az „extrém” (400 mg kg^{-1}) P_2O_5 -dózis kijuttatásakor tapasztalt azonos termésmen-

letek a szuperfoszfát-kezelésben tiszta P-hatásként értelmezhetőek, míg a nyersfoszfátkezelésben együttes P + mészhatásként. (Területegységre átszámítva ezek a nyersfoszfátadagok kis–közepes dózisu meszezként is felfoghatók.) Ez utóbbit valószínűsíti az a tény is, hogy a hatóanyag-azonos nyersfoszfát alkalmazásával nem növekedett a vörösherezéna P-koncentrációja. Bár a nyersfoszfát „normál” adagjainak hatékonysága gyengén savanyútól extrémén savanyú talajokig nem érte el a szuperfoszfátét, mégis természetett növényeink gazdaságos P-forrása lehet a közepesen, erősen, illetve extrémén savanyú talajokon.

Összefoglalás

Az Algériából származó, igen jó P-oldékonyságú reaktív nyersfoszfát és a Kola-apatitból készült szuperfoszfát hatékonyságának összehasonlító vizsgálatát három jellegzetes hazai – gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt), közepesen savanyú pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) és szélsőségesen savanyú kovárányos barna erdőtalaj (Nagykorpád) egy–egy szlovákiai (tipikus podzol talaj, Losonc), romániai (podzol talaj, Livada) és algériai (savanyú homoktalaj) talajon beállított tenyészedény-kísérletben végeztük vörös here jelzőnövényel.

A vörös herét négy talajon öt alkalommal, egy talajon három, egy talajon pedig kétszer tudtuk vágni. A vizsgálatokat és az értékelést minden talajon növedékenként és az összes termésre vonatkozóan is elvégeztük.

A talajok P-ellátottsága az „igen gyengé”-től az „igen jó”-ig váltakozott. A kezelések átlagában átlagon felüli P-megkötődést mutatott az AL-oldhatóság alapján a közepesen savanyú, agyagos vályog fizikai féleségű pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy), valamint az extrémén savanyú romániai podzol talaj (Livada) és a szintén extrémén savanyú szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc).

A kísérletek átlagában a növény nélküli kezelésben a $400 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ szuperfoszfát-kezelésben a beállításkori foszfor 60 %-át, a $400 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ nyersfoszfátkezelésben a 70 %-át, míg a legnagyobb nyersfoszfátszinten, az alkali-ammónium-citrátban oldható $400 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ 80 %-át lehetett kimutatni AL-oldható formában a 6 havi megkötődés eredményeképpen.

A vörös here „jelenléte”, az 5 növedéssel kivont foszfor, szintén érezte a hatását: a növény nélküli edényekhez képest 6–26 %-kal alacsonyabb AL-P-tartalmakat mértünk az azonos kezelésekből a kísérletek átlagában.

A szuperfoszfát és a nyersfoszfát azonos hatóanyag-tartalmú adagjainak (ásványi sav oldható $50\text{–}100\text{–}400 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$), valamint az algériai nyersfoszfát extra adagjainak (600 mg kg^{-1} ásványi sav oldható, 400, 600, 800 mg kg^{-1} citromsav oldható, 400 mg kg^{-1} lúgos ammónium-citrát oldható P_2O_5) hatá-

sát vizsgáltuk a vörös here légszáraz tömegére, P-koncentrációjára és a felvett P mennyiségére.

A *NK-kezelés* csak a kovárványos barna erdőtalajon (Nagykorpád) növelte a vörös here termését a kiindulási talajéhoz viszonyítva, a többi talajon jelentős termésnövekedés nem volt.

A *P-hatások* vonatkozásában a kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpád) (nem voltak P-hatások) és szlovákiai tipikus podzol talaj (Losonc) (minden P-kezelésben szignifikáns P-hatások) képezték a két szélsőséget. A szuperfoszfát-kezelések megbízható terméstöbbleteket eredményeztek még a csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt) és algériai homoktalajon. A nagyobb nyersfoszfát-kezelések a kovárványos barna erdőtalaj (Nagykorpád) kivételével valamennyi talajon szignifikáns P-hatásokat mutattak. A szuperfoszfáthoz képest az extrém nagy nyersfoszfátadagok csupán az erősen savanyú szlovákiai tipikus podzol talajon (Losonc) és a szélsőségesen savanyú romániai podzol talajon (Livada) eredményeztek további terméstöbbleteket.

A kísérleti helyek átlagában az 50–100–400 mg P₂O₅ kg⁻¹ szinteken hatóanyag-azonos algériai nyersfoszfát közvetlen alkalmazásával a szuperfoszfáttal nyert termésnek 70–84–105 %-át érték el. A növekvő P-szinteken a talajok átlagában csökkent, ill. meg is szűnt a két P-forma hatékonysága közötti különbség. Az erősen és a szélsőségesen savanyú talajokon a 400 mg P₂O₅ kg⁻¹ szinten még szembeötlőbb, 40–75 %-os a nyersfoszfát előnye a szuperfoszfáthoz képest.

Az ásványi sav oldható 400 mg P₂O₅ kg⁻¹ szuperfoszfátadag – a romániai podzol talaj (Livada) kivételével – a vizsgált talajokon az alkalmazott összes P-kezelés közötti legmagasabb P-koncentrációt eredményezte a növényekben. Valószínű, hogy ez a szuperfoszfátadag bőséges felvehető P-kínálatot biztosított a növények számára ezeken a talajokon.

A talajok átlagában, a hatóanyag-azonosság elvén vizsgálva, a nyersfoszfát 50–100–400 mg P kg⁻¹ kezelés P-felvétele a szuperfoszfáténak csupán 70–80 %-át érte el.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a hatóanyag-azonos nyersfoszfátadagok termésnövelő hatása csupán 60–80 %-ban éri el a szuperfoszfátét „normál” adagok alkalmazásakor. Az „extrém” (400 mg kg⁻¹) P₂O₅-dózis kijuttatásakor tapasztalt azonos terméstöbbletek a szuperfoszfát-kezelésben tiszta P-hatásként értelmezhetőek, míg a nyersfoszfátkezelésben együttes P + mészhatásként. (Területegységre átszámítva ezek a nyersfoszfátadagok kis-közepes dózisu meszezésként is felfoghatók.) Ez utóbbit valószínűsíti az a tény is, hogy a hatóanyag-azonos nyersfoszfát alkalmazásával nem növekedett a vörösherezéna P-koncentrációja. Bár a nyersfoszfát „normál” adagjainak hatékonysága a gyengén savanyútól extrém savanyú talajokig nem érte el a szuperfoszfátét, mégis termesztett növényeink gazdaságos P-forrása lehet a közepesen, erősen, illetve szélsőségesen savanyú talajokon.

Irodalom

- CSATHÓ P. & MAGYAR M. 1999: A reaktív algériai nyersfoszfát alkalmazásának agronómiai és környezeti vonatkozásai. In: XIII. Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás (Szerk.: ELEK GY. & VÉCSI B.) 121–131. MTESZ Veszprém és Fejér megyei Szervezete. Siófok.
- CSATHÓ, P. & NÉMETH, T. 1998: The direct and residual effect of different P-sources in Hungarian field trials. In: Fertilization for Sustainable Plant Production and Soil Fertility. Proc. 11th Int. World Fertilizer Congress, Ghent, Belgium. (Eds.: VAN CLEEMPUT, O. et al.). **1**. 101–108.
- CSATHÓ, P., ÁRENDÁS, T. & NÉMETH, T. 1998a. New, environmentally friendly fertilizer advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **29**. 2161–2174.
- CSATHÓ, P., ÁRENDÁS, T. & NÉMETH, T. 1998b: New, environmentally friendly fertilizer recommendation system for Hungary. In: Codes for Good Agricultural Practice and Balanced Fertilization. Proc. Int. Symp. CIEC, PFS and Workshop IMPHOS, IPI, Pulawy, Poland. (Ed.: FOTYMA, M.) *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*. **3**. 225–230.
- EGNER, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R., Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoff-zustandes der Böden. *II.K. Lantbr. Högsz. Ann.* **26**. 199–215.
- FÜLEKY Gy. 1976a. A talaj könnyen oldható P-tartalmának meghatározására használt kivonószerek vizsgálata. I. Az AL-, DL-, CAL-, Bray I-, NaHCO₃-os, NaHCO₃+NH₄F-os és CaCl₂-os kivonószerek vizsgálata közvetlen kioldással. *Agrokémia és Talajtan*. **25**. 271–283.
- FÜLEKY Gy. 1976b. A talaj könnyen oldható P-tartalmának meghatározására használt kivonószerek vizsgálata. II. Az AL-, DL-, CAL-, Bray I-, NaHCO₃-os, NaHCO₃+NH₄F-os és CaCl₂-os kivonószerekkel oldott P és a szervesetlen foszfátfrakciók korrelációja. *Agrokémia és Talajtan* **25**. 284–295.
- MAGYAR, M. & CSATHÓ, P. 2000: The effect of different P sources in field trials, set up on two Hungarian acid soils. In: Proc. 12th International Symposium of CIEC. (Eds.: HERA, C. et al.) 513–520. Suceava, Romania.
- NÉMETH, T., CSATHÓ, P. & OSZTOICS, E. 1998. The role of rock phosphates in sustainable agriculture: The Hungarian experience with Algerian rock phosphate. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*. **456**. 169–176.
- NÉMETH, T. et al., 2001: Long-term field evaluation of phosphate rock and superphosphate use strategies in acid soils of Hungary: Two comparative field trials. *Nutrient Cyclings in Agro-Ecosystems*. **59**. (Megjelenés alatt)
- OSZTOICS A-NÉ, CSATHÓ P. & NÉMETH T. 1997. Az algériai nyersfoszfát és a szuperfoszfát hatásának vizsgálata. I. A foszfortrágyák összehasonlító vizsgálata a tavaszi árpa termésére és foszfortartalmára tenyészedény-kísérletben különböző talajokon. *Agrokémia és Talajtan*. **46**. 289–310.
- OSZTOICS A-NÉ, RADIMSKY, L. & NÉMETH T., 2000. Szuperfoszfát és nyersfoszfát hatása két hazai talaj víz- és AL-oldható P-tartalmára inkubációs kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. **49**. 107–126.

- PERROTT, K. W., SAGGAR, S. & MENON, R. G., 1993. Evaluation of soil phosphate status where phosphate rock based fertilizers have been used. *Fertilizer Research*. **35**. 67–82.
- RICHARDS, L. A. (ed.). 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*, USDA Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.
- ROSS, G. J. & WANG, C., 1993. Extractable Al, Fe, Mn and Si. In: *Soil Sampling and Methods of Analysis*. (Ed.: CARTER, M. R.) 239–246. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. Ontario. Canada.
- SARKADI, J. 1982. Opredelnie „vodorasztvorimogo” foszfóra. In: *Agrochemische Methoden für die Untersuchung des Phosphathaushaltes der Böden: Methodensammlung*. Ak. der Landw. DDR. IPE Jena 1–13.

Érkezett: 2001. június 7.

Studies on the Effect of Algerian Rock Phosphate and Superphosphate II. Effect of Phosphorus Fertilizers on the Yield and Phosphorus Content of Red Clover in Pot Experiments

E. OSZTOICS, P. CSATHÓ, T. NÉMETH, G. BACZÓ, L. RADIMSZKY and M. MAGYAR

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

Summary

The efficiency of Algerian rock phosphate and of superphosphate manufactured from Kola apatite was compared in a pot experiment involving three characteristic Hungarian soils and one soil each from Slovakia, Romania and Algeria using red clover as the indicator plant. The red clover was cut five times on four soils, three times on one soil and twice on one soil. On each soil the analyses and evaluations were carried out both for the individual cuts and for the total yield. The P supplies of the soils ranged from very poor to very good.

Averaged over the experiments, in the treatments with no plants 60 % of the P applied in the 400 mg kg⁻¹ P₂O₅ superphosphate treatment and 70 % of that applied in the 400 mg kg⁻¹ P₂O₅ rock phosphate treatment could be detected in AL-soluble form after 6 months of adsorption, while this was true of 80 % of the P at the highest rock phosphate rate (400 mg kg⁻¹ alkaline ammonium citrate-soluble P₂O₅).

The presence of red clover, i.e. the extraction of phosphorus by the 5 cuts, also exerted an effect: compared to the pots with no plants, 6–26 % lower AL-P contents were recorded in the same treatments when averaged over the experiments.

The effect of rates of superphosphate and rock phosphate with identical active agent contents (50–100–400 mg kg⁻¹ mineral acid-soluble P₂O₅) and of higher rates of Algerian rock phosphate (600 mg kg⁻¹ mineral acid-soluble, 400, 600, 800 mg kg⁻¹ citric acid-soluble, 400 mg kg⁻¹ alkaline ammonium citrate-soluble P₂O₅) was studied on the air-dry mass, P concentration and P uptake of red clover.

In summary it can be stated that the yield-increasing effect of active agent equivalent rates of rock phosphate was only 60–80 % of that of superphosphate when normal rates were applied. The identical yield surpluses experienced when extreme (400 mg kg⁻¹) P₂O₅ rates were applied can be interpreted as purely P effects in the case of superphosphate, but as the joint effect of P and lime in the rock phosphate treatments. Although the efficiency of normal rates of rock phosphate did not equal that of superphosphate in any soil (from the weakly acidic to the extremely acidic), it could nevertheless be an economic source of P for crops grown on moderately, strongly or extremely acidic soils.

Table 1. Initial soil analysis data of the Hungarian, Romanian, Slovakian and Algerian soils used in the pot experiment. (1) Soil parameters. a) Hydrolytic acidity, y₁, b) total P, c) AL-soluble P, d) Water-soluble P, e) P supplies: f) moderate, g) poor, h) very poor, i) very good, j) organic matter %, k) texture: l) clayey loam, m) sand, n) sandy loam, o) loam, p) T value (cation exchange capacity, meq 100 g⁻¹), r) S value

(exchangeable cations, meq 100 g⁻¹), s) exchangeable Ca and Mg, meq 100 g⁻¹, t) oxalate-soluble Fe and Al, mg kg⁻¹. (2) Pseudogleyey brown forest soil, Szentgyörgyvölgy. (3) Chernozem brown forest soil, Kompolt. (4) "Kovárvány" brown forest soil: sandy brown forest soil with thin alternating layers of colloid and sesquioxide accumulation, Nagykorpad. (5) Podzol, Livada (Romania), (6) Typic podzol, Losonc (Slovakia). (7) Acidic sandy soil (Algeria). Note: pH(H₂O)=1:2.5, soil:H₂O; pH(KCl)= 1:2.5, soil: 1 M KCl; Total P: measured using the plasma emission spectrometry (ICP) method after digesting the soil samples in a mixture of cc. HNO₃ and H₂O₂; Water-soluble P: after SARKADI (1982); T-value, S-value, exchangeable Ca and Mg: after RICHARDS (1954); Oxalate-soluble Fe and Al: after ROSS & WANG (1993).

Table 2. Effect of P forms and rates on the AL-soluble P₂O₅ content of the soils at the beginning of the experiment, mg P₂O₅ kg⁻¹. (1) Treatment. a) Mean. (2) Soil. (3) Mean. Note: Szentgyörgyvölgy: Moderately acidic pseudogleyey brown forest soil; Kompolt: Weakly acidic chernozem brown forest soil; Nagykorpad: "Kovárvány" brown forest soil; Livada: Extremely acidic Romanian podzol soil; Losonc: Strongly acidic Slovakian typic podzol soil; Algeria: Weakly acidic sandy soil.

Table 3. Effect of P forms and rates on the AL-soluble P₂O₅ content of the soils at the end of the experiment, mg P₂O₅ kg⁻¹. (1) Treatment. a) Mean. (2) Soil. (3) Mean. Note: I: pots without plants, II: pots sown with red clover; Soils: see Table 2.

Table 4. Effect of P forms and rates on the air-dry mass of red clover on the chernozem brown forest soil (Kompolt), g pot⁻¹. (1) Treatment. a) LSD_{5%}, b) Mean. (2) Cuts. (3) Total.

Table 5. Effect of P forms and rates on the air-dry mass of red clover (total of cuts 1–5) on the six experimental soils, g pot⁻¹. (1) Treatment. a) LSD_{5%}, b) Mean. (2) Soil. (3) Mean. Note: * The red clover did not emerge well, Soils: see Table 2.

Table 6. Effect of P forms and rates on the P concentration (%) of red clover on the chernozem brown forest soil (Kompolt). (1) Treatment. a) LSD_{5%}, b) Mean. (2) Cuts. (3) Total. Note: * Mean of three replications, ** Values recorded for the mean sample.

Table 7. Effect of P forms and rates on the P concentration (%) of red clover on the six experimental soils. (1) Treatment. a) and (3) Mean. (2) Soil. Note: *No P measurement, Soils: see Table 2.

Table 8. Effect of P forms and rates on the P uptake of red clover (total of cuts 1–5) on the chernozem brown forest soil (Kompolt), mg P pot⁻¹. (1) Treatment. a) LSD_{5%}, b) Mean. (2) Cuts. (3) Total.

Table 9. Effect of P forms and rates on the P uptake of red clover (total of cuts 1–5) on the six experimental soils, mg P pot⁻¹. (1) Treatment. a) LSD_{5%}, b) Mean. (2) Soil. (3) Mean. Note: *No P measurement, **The red clover did not emerge well, Soils: see Table 2.