

**Különböző foszfortrágyák hatása a talaj  
foszfortartalmára és a kukoricánövény foszforfrakcióira  
II. Összefüggések a talaj és a kukoricánövény  
foszforfrakciói között**

TATÁR LÁSZLÓNÉ és TATÁR LÁSZLÓ

Vetőmag Vállalat Kutató Központja, Nyíregyháza

Napjainkban a növényvizsgálatok nagy része végső soron arra irányul, hogy miként lehet egy adott növény műtrágyaigényét megállapítani a nagy és biztonságos terméshozamok elérése céljából. Hazai talajaink többségénél a makro- és mikroelemek közül a nitrogén mellett a — növények növekedésében és fejlődésében nagy szerepet játszó, és szinte minden élettanilag fontos folyamatban résztvevő — foszfornek van elsősorban nagy jelentősége.

A talajhoz adott vízoldható műtrágyafoszfor néhány óra múlva elveszti vízoldhatóságát és savanyú talajok esetében az alumínium- és vasfoszfát mennyiségét [11, 12, 14, 25], míg mészben gazdag talajon a kalciumfoszfát mennyiségét növeli [22, 26]. Több kutató a kalciumfoszfát-frakció megnövekedését tapasztalta nyersfoszfáttal történt trágyázás után is [17, 21, 23, 24].

A talajban található szerves foszforformák növényi felvehetőségét nagymértékben befolyásolja összetételük, kristályos szerkezetük, koruk, fém-, hidroxil- és foszfátion arányuk, felületük, valamint a talaj pH-ja és magnézium-ellátottsága [2, 3, 8, 10, 13, 15, 20]. A problémakört vizsgáló szerzők nagy része arra a következtetésre jutott, hogy ha a talaj nem régen volt foszforral trágyázva, akkor az Al-P-frakcióból veszik fel a növények a foszfort [5, 7, 23, 26], míg ha a közelmúltban nem volt foszfortrágyázva, akkor minden P-frakcióból képesek a növények táplálkozni. Egyes szerzők a Fe-P-frakciót is jó növényi foszforforrásnak találták [1, 2, 7, 9, 13, 26]. Ezzel a megállapítással kapcsolatban ellenkező véleménnyel is találkozunk [14].

A gyökerek által felvett foszfát könnyen mozog a növényekben, és főleg a fiatal, föld feletti szervekbe vándorol. A felvett szerves foszfát egy része már a gyökerekben szerves foszfáttá alakul [6, 18]. A foszfor eloszlása a növényekben függ a növény fejlettségi állapotától. Általában a zöld növényekben jelenlévő foszfor mennyiségének nagyobb hányadát a szerves foszfátok alkotják, míg a termésben zömmel szerves kötésben levő foszfort találunk [18]. GARZ [4] szerint a növekvő adagú P-trágyázás hatására a zöld növényi részekben elsősorban a szerves P-frakció mennyisége növekszik, illetve ez a frakció csökken a talaj P-hiánya esetén. A növényi szerves P-frakciók mennyiségét a nitrogéntrágyázás növelheti.

### Anyagok és módszerek

Előző dolgozatunkban [24], melyben beszámoltunk a különböző vízdoldhatóságú foszfortrágyák hatásáról a homok-, réti- és csernozjom talaj foszforállapotának alakulására, ismertettük a kísérlet beállítási körülményeit és a kezeléseket. Jelen munkánkban a foszfortrágyáknak a kukoricalével, -szem és -növény foszforfrakcióira gyakorolt hatását vizsgáljuk. Összefüggést keresünk a talaj és a növény foszforforgalma között.

A kísérletben 1974-ben és 1975-ben tenyészedenyenként 3 db *MV-59* hibrid kukoricánövényt neveltünk fel. Levélmintát címerhányáskor szedtünk, a csővel szemközti levelet vettük le. Betakarításkor a csövek letörése után a talaj felett 1 cm-re levágtuk a szárát, s levelestől együtt felaprítottuk. Szárítás és őrlés után edényenként átlagmintát vettünk a vizsgálatokhoz. A kukorica-szemet külön vizsgáltuk. A mintákból meghatároztuk a szárazanyag-, az összes N-, P- és K-tartalmat, valamint az összes foszforon belül a szerves, szerves és maradék foszforfrakciók mennyiségét.

Az összes N-, P- és K-mennyiséget a minták koncentrált kénsavas roncsolással nyert oldatából határoztuk meg. A nitrogént Parnas-Wagner készülékben desztillációval, az összfoszfort aszkorbinsavas redukció és ammónium-molibdátos színreakció utáni fotometrállással, a káliumot lángfotométerrel mértük. A növényi minták foszforfrakcióinak kivonását és mérését MICHALIK [19] szerint végeztük. Az oldott szerves foszfor mennyiségét  $\text{SnCl}_2$ -os redukció és ammónium-molibdátos színreakció utáni fotometrállással határoztuk meg. Ugyanezzel az eljárással mértük a triklór-ecetsavas oldatban levő anyagok koncentrált kénsavas roncsolása után a savban oldható összfoszfortartalmat. Az így kapott eredmény és a szerves foszfor mennyiségének különbségéből nyertük a szervesfoszfor-tartalmat.

A növényi anyagban levő összes foszfor és a savban oldható összes foszfor mennyiségének különbségéből kaptuk a maradék foszfor értékét. A TCA-ban oldható szerves foszforfrakció a szabad nukleotidokat, észterekben és aminoszfátokban levő foszfort, a maradék foszforfrakció pedig a foszforlipidekben, nukleinsavakban és nukleoproteidekben levő foszfort tartalmazza.

### Eredmények és értékelésük

Kísérletünkben a címerhányáskor végzett levélanalízis eredményei azt mutatják, hogy az összes foszfortartalom — ezen belül a foszforfrakciók is — nemcsak a kezelések hatására, hanem évenként is változnak (1. ábra). 1975-ben NK-os kontroll kezeléseken átlagosan 3%-kal alacsonyabb, mint az előző, igen csapadékos év hasonló időszakában (2. ábra).

A matematikai értékelés szerint, melynek eredményeit az 1. táblázatban közöljük, a vízdoldható foszfortrágyák — a műtrágyaadagok, talajtípusok és évek átlagában — 0,1%-os megbízhatósági szinten mintegy 20%-kal növelték, a nyersfoszfátok alig befolyásolták a kukoricalével foszfortartalmát a NK-os kontrollhoz viszonyítva. A foszforral gyengén ellátott homok- és réti talajon a vízdoldható P-trágyák jelentős mértékben növelték a kukoricalévelnek és az érett szemnek a NK-os kontrollhoz viszonyított összes foszfortartalmát, viszont a foszforral igen jól ellátott csernozjom talajon már nem volt hatásuk (4. táblázat). A nyersfoszfátok csak a gyengén savanyú homoktalajon természetett nö-

1. táblázat

Talajtípusok, műtrágyaadagok és foszfortrágyák hatása a kukoricalevél foszfortartalmára cimerhányáskor (Nyíregyháza, 1974-75 évek átlaga)

(1) Kezelések	(2)	(3)	(4)	(5)
	Összes	Szervetlen	Szerves	Maradék
	P ppm			
<b>A) Talajtípus</b>				
a) Homoktalaj	256	112	69	74
b) Réti talaj	251	95	49	107
c) Csernozjom talaj	285	134	55	95
SzD5%	43	15	10	22
<b>B) Műtrágyaadag</b>				
∅	224	91	49	84
300 kg/ha 1 : 1 : 1 NPK	245	100	55	90
600 kg/ha 1 : 1 : 1 NPK	272	123	59	83
900 kg/ha 1 : 1 : 1 NPK	274	115	59	99
SzD5%	15	5	11	8
<b>C) Foszfortrágya</b>				
NK kontroll	241	107	49	85
d) Foszforsav	286	129	65	93
e) Kingiszeppi nyersfoszfát	259	118	58	83
f) Algíri nyersfoszfát	243	98	48	97
g) Szuperfoszfát	289	117	69	103
SzD5%	20	6	10	8

(6)

Variancia táblázat. MQ értékek szignifikancia szintje

A (Talajtípus)	—	*	+	—
B (Műtrágyaadag)	**	**	—	—
A × B	+	—	—	—
C (Foszfortrágya)	***	***	**	+
A × C	**	***	+	—
B × C	**	*	*	—
A × B × C	—	*	—	—

\*\*\* = 0,1%-on; \*\* = 1%-on; \* = 5%-on; + = 10%-on szignifikáns

vények levelében hoztak létre szignifikáns foszfortartalom-növekedést a NK-os kontrollhoz viszonyítva, de hatásuk szignifikánsan kisebb volt a vízdoldható foszfortrágyák hatásánál. A foszfortrágyák a levél mindhárom P-frakciójában szignifikáns változást hoztak létre. A levél összfoszfortartalma a növekvő műtrágyaadagok hatására is megbízhatóan növekedett az abszolút kontrollhoz viszonyítva. Azonban az évenként adott 600 kg/ha NPK és 900 kg/ha NPK hatása között már nincs különbség. Sőt, a szervetlen foszforfrakcióban határozott, de nem szignifikáns csökkenés észlelhető. A növekvő műtrágyaadagok hatására csak a foszforsavas és szuperfoszfátos kezelésekben növekszik a levél foszfortartalma. A NK-os kontroll és nyersfoszfátos kezelésekben a legnagyobb műtrágyaadag már nem növelte tovább, sőt tendenciában csökkentette a levél és szem foszfortartalmát a közepes adaghoz viszonyítva. A különböző talajokon termesztett kukorica levelének összes foszfortartalma — két év átlaghatását figyelembe véve — nem különbözött szignifikánsan egymástól. Meg-

2. táblázat  
Talajtípusok, műtrágyaadagok és foszfortrágyák hatása a kukoricaszem foszfortartalmára (Nyíregyháza, 1974—75 évek átlaga)

(1) Kezelések	(2)	(3)	(4)	(5)
	Összes	Szervetlen	Szerves	Maradék
P ppm				
A) Talajtípus				
a) Homoktalaj	340	16	239	86
b) Réti talaj	334	14	246	73
c) Csernozjom talaj	380	16	280	84
SzD5%	36	4	13	14
B) Műtrágyaadag				
Ø	317	16	233	68
300 kg/ha 1 : 1 : 1 NPK	352	16	252	83
600 kg/ha 1 : 1 : 1 NPK	358	15	265	78
900 kg/ha 1 : 1 : 1 NPK	344	15	250	79
SzD5%	15	3	12	10
C) Foszfortrágya				
NK kontroll	337	16	241	80
d) Foszforsav	368	17	275	76
e) Kingiszeppi nyersfoszfát	347	15	251	81
f) Algiri nyersfoszfát	331	14	239	78
g) Szuperfoszfát	371	15	273	83
SzD5%	22	4	18	9

(6)  
Varianscia táblázat. MQ értékek szignifikancia szintje

A (Talajtípus)	—	—	**	—
B (Műtrágyaadag)	—	—	*	—
A × B	—	—	—	—
C (Foszfortrágya)	**	—	***	—
A × C	*	—	—	—
B × C	—	—	—	—
A × B × C	—	—	—	—

\*\*\* = 0,1%-on; \*\* = 1%-on; \* = 5%-on; + = 10%-on szignifikáns

bízható különbséget csak a szervetlen foszforfrakcióban találtunk. A homok- és réti talaj szerves és maradék P-frakciója is szignifikánsan különbözött.

Az érett kukoricaszem foszforfrakcióinak adatait a 2. táblázatban foglaltuk össze. A talajtípusok, műtrágyaadagok és évek átlagában a szuperfoszfát és foszforsavas kezelés a NK-os kontrollhoz viszonyítva megbízható módon (10%-kal) növelte a kukoricaszem összes foszfortartalmát, 15%-kal a szerves P-frakciót. Szignifikáns növekedést kaptunk az algiri nyersfoszfátos kezeléshez viszonyítva is. A kukoricaszemben kis mennyiségben jelenlevő szervetlen P-frakció mennyiségét és a maradék P-frakciót a foszfortrágyák nem befolyásolták.

A műtrágyaadagok csak az abszolút kontrollhoz képest növelték megbízhatóan a szem összes P-tartalmát, átlagosan 11%-kal. A legnagyobb műtrágyadózis a közepes adaghoz viszonyítva már összfoszfortartalom-csökkenést okoz, amely a szerves P-frakció szignifikáns csökkenéséből adódik.

3. táblázat  
Talajtípusok, műtrágyaadagok és foszfortrágyák hatása a kukoricaszár+csutka foszfortartalmára betakarításkor (Nyíregyháza, 1974-75 évek átlaga)

(1) Kezelések	(2)	(3)	(4)	(5)
	Összes	Szervetlen	Szerves	Maradék
	P ppm			
<b>A) Talajtípus</b>				
a) Homoktalaj	123	24	44	55
b) Réti talaj	109	29	25	55
c) Csernozjom talaj	137	40	25	72
SzD <sub>5</sub> %	25	9	17	8
<b>B) Műtrágyaadag</b>				
Ø	108	32	31	45
300 kg/ha 1 : 1 : 1 NPK	117	30	30	58
600 kg/ha 1 : 1 : 1 NPK	124	31	33	59
900 kg/ha 1 : 1 : 1 NPK	127	32	31	65
SzD <sub>5</sub> %	6	3	3	4
<b>C) Foszfortrágya</b>				
NK kontroll	124	34	31	58
d) Foszforsav	135	35	36	64
e) Kingiszeppi nyersfoszfát	114	31	34	49
f) Algíri nyersfoszfát	107	28	24	55
g) Szuperfoszfát	135	27	31	78
SzD <sub>5</sub> %	11	4	5	7

(6)  
Variancia táblázat. MQ értékek szignifikancia szintje

A (Talajtípus)	--	*	+	*
B (Műtrágyaadag)	*	—	—	*
A × B	*	*	**	**
C (Foszfortrágya)	***	**	***	***
A × C	***	***	**	***
B × C	—	**	*	*
A × B × C	—	—	—	—

\*\*\* = 0,1%-on; \*\* = 1%-on; \* = 5%-on; + = 10%-on szignifikáns

A különböző talajon termesztett kukoricaszem foszforfrakciói közül a csernozjom talajról betakarított kukoricaszem szerves foszforfrakciója szignifikánsan nagyobb volt, mint a másik két talajon termesztetté.

A kukoricacső betakarítása után visszamaradt növény %-os összfoszfortartalma mintegy harmadrésze a szem foszfortartalmának. A laboratóriumi vizsgálati adatok szerint a növény foszforfrakcióinak alakulásában ugyanaz a tendencia érvényesült, amely a levélben már egy korábbi növényfejlődési szakaszban megfigyelhető volt (3. táblázat).

Számításokat végeztünk, hogy a kukoricalevél, -szem és -növény P-frakcióinak arányát a P-forma, műtrágyaadag vagy talajtípus befolyásolja-e? A kukoricalevél foszforfrakcióinak arányát legnagyobb mértékben a talajtípus befolyásolta, ugyanilyen tendenciát mutatott a betakarításkor a cső letérése után visszamaradt növényben mért foszforfrakciók aránya, viszont az érett kukoricaszem P-frakcióinak aránya nem változik talajtípusonként. A foszfortrágyá-

## 4. táblázat

Kezelések hatása a kukoricalevél, -szem és -növény összes foszfortartalmára  
(Nyíregyháza, 1974—75 évek átlaga)

Vizsgált növényi rész és foszfortrágya	A) Talajtípus			B) Műtrágyaadag		
	a) Homok	b) Rétí	c) Csernozjom	300	600	900
	talaj			kg/ha 1:1:1 NPK		
	Összes P ppm					
<b>I. Kukoricalevél címerhányáskor</b>						
NK kontroll	207	230	286	250	246	227
d) Foszforsav	232	292	285	238	298	322
e) Kingiszeppi nyersfoszfát	244	232	301	248	267	261
f) Algiri nyersfoszfát	242	216	272	242	253	235
g) Szuperfoszfát	302	286	279	245	298	324
SzD5%	26			26		
<b>II. Kukoricaszem betakarításakor</b>						
NK kontroll	323	318	369	343	348	320
d) Foszforsav	351	365	391	358	361	388
e) Kingiszeppi nyersfoszfát	338	303	400	354	353	333
f) Algiri nyersfoszfát	328	298	368	326	348	320
g) Szuperfoszfát	361	383	370	377	379	358
SzD5%	28			28		
<b>III. Kukoricaszár + -csutka betakarításakor</b>						
NK kontroll	135	85	152	125	121	125
d) Foszforsav	124	131	149	125	144	135
e) Kingiszeppi nyersfoszfát	110	99	134	112	116	114
f) Algiri nyersfoszfát	115	90	118	98	110	114
g) Szuperfoszfát	130	139	134	126	127	150
SzD5%	19			19		

zott kezelésekben 2 év átlagában mért foszforfrakcióinak aránya a virágzás fenofázisakor a levélben, az érett kukoricaszemben, valamint a cső letörése után visszamaradt növényben a következő:

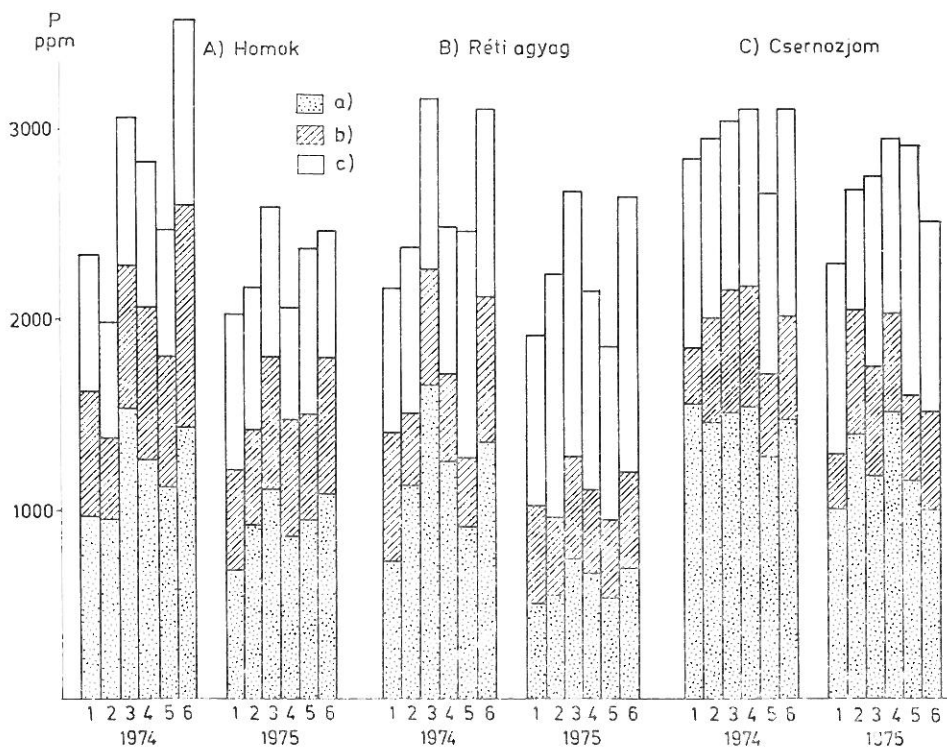
	Szervetlen P	:	Szerves P	:	Maradék P
Levélben virágzáskor					
homoktalajon	1,5	:	1	:	1
réti talajon	2	:	1	:	2
csernozjom talajon	2,5	:	1	:	2
Kukoricaszemben átlagosan	0,06	:	1	:	0,3
Visszamaradt növényi részben					
homoktalajon	0,5	:	1	:	1,2
réti talajon	1,2	:	1	:	2,3
csernozjom talajon	1,6	:	1	:	3,1

5. táblázat

Tápanyagarányok a kukoricalévélben címerhányáskor

(1) Foszfortrágya	N : P : K		
	a) Homoktalaj	b) Réti talaj	c) Csernozjom talaj
1. Vízoldható P (szuperfoszfát és foszforsav)	6,7 : 1 : 7,9	7,5 : 1 : 6,2	7,4 : 1 : 8,9
2. Nyersfoszfátok (kingiszepi és algiri)	8,2 : 1 : 10,1	10,5 : 1 : 9,1	8,9 : 1 : 9,8

A kukoricalévél N : P : K arányát a talajtípuson kívül a foszfortrágyák vízoldhatósága is befolyásolta (5. táblázat). A vízoldható foszfortrágyák hatására nagyobb volt a levél foszfortartalma, mint a nyersfoszfátos kezelések hatására, ezért a levél N : P : K aránya szűkebb. A kukoricaszem N : P : K aránya 5,1 : 1 : 1,1 (N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O aránya 2 : 1 : 0,6) volt, melyet sem a talajtípusok, sem a műtrágyakezelések nem befolyásoltak mérhetően. Betakarításkor az egész növény tápanyagarányainak alakulásában a levélnél észlelt tendenciák érvényesültek.



1. ábra

Különböző foszforformák hatása a kukoricalévél foszforfrakcióinak alakulására.  
 a) Szervetlen P; b) Szerves P; c) Maradék P. Kezelések: 1. Kezeloetlen kontroll; 2. NK;  
 3. NK + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; 4. NK + Kingiszepi nyersfoszfát; 5. NK + Algiri nyersfoszfát;  
 6. NK + Szuperfoszfát

## 6. táblázat

A talajok P-frakciói (x) és a címerhányáskor vett kukoricalevél P-frakciói (y) közötti összefüggések korrelációs koefficiens (r) értékei (n = 15)

(1) Talajtípusok és P-frakcióik	(2) Kukoricalevél P-frakciói							
	1974				1975			
	1. Összes	2. Szervetlen	3. Szerves	4. Maradék	1. Összes	2. Szervetlen	3. Szerves	4. Maradék
<b>a) Homoktalaj</b>								
Összes P	0,492	0,354	0,447 +	0,096	0,604*	0,560*	0,503*	0,188
Ca-P	-0,052	-0,151	0,187	-0,216	0,050	0,010	-0,082	0,155
Fe, Al-P	0,923***	0,784***	0,718**	0,503 +	0,737**	0,683**	0,857***	0,101
Szerves P	0,415	-0,511 +	0,404	0,425	0,046	-0,448 +	-0,249	0,775***
Maradék P	-0,324	-0,131	-0,186	-0,405	0,245	0,230	0,225	0,005
AL-P	0,795***	0,568*	0,742**	0,390	0,428	0,456 +	0,471 +	0,433
<b>b) Réti talaj</b>								
Összes P	0,640*	0,518*	0,703**	0,091	0,221	0,890***	0,091	0,113
Ca-P	-0,330	-0,248	0,149	-0,376	-0,369	-0,045	0,008	-0,816***
Fe, Al-P	0,822***	0,766***	0,772***	0,386	0,938***	0,567*	0,455 +	0,729**
Szerves P	0,043	-0,294	-0,262	0,526*	-0,375	-0,383	0,532*	-0,180
Maradék P	0,487 +	0,244	0,121	0,526*	-0,005	-0,688**	-0,032	-0,277
AL-P	0,449 +	0,606*	0,536*	0,133	0,576*	0,495*	0,259	0,394
<b>c) Csernozjom talaj</b>								
Összes P	0,199	-0,283	-0,310	0,648*	0,032	0,302	0,094	0,525*
Ca-P	0,020	-0,408	-0,236	0,490 +	0,108	-0,128	0,584	0,629*
Fe, Al-P	0,376	-0,367	0,171	0,268	-0,187	-0,193	-0,203	0,186
Szerves P	0,164	-0,175	-0,387	0,577*	-0,013	-0,515*	0,086	0,287
Maradék P	0,303	0,559*	-0,233	0,063	-0,262	-0,105	-0,335	0,427
AL-P	0,402	0,392	0,631*	0,707*	0,162	-0,123	0,372	0,448 +

\*\*\* 0,1%-on; \*\* 1%-on; \* 5%-on; + 10%-on szignifikáns

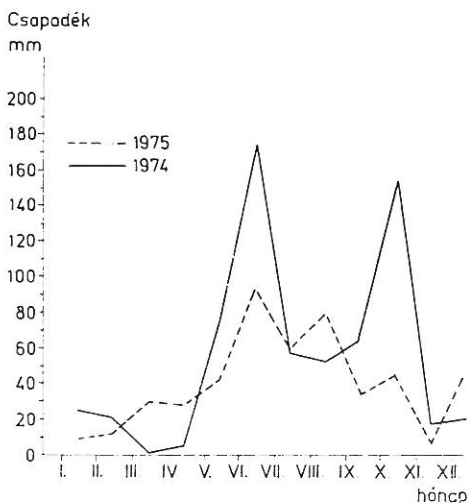


7. táblázat  
A talajok P-frakciói (x) és a kukoricánövény által felvett P (y) közötti összefüggések korrelációs koefficiens (r) értékei (n = 15)

(1) Talaj P-frakciói	(2) Kukoricánövény által felvett P					
	a) Homoktalaj		b) Réti talaj		c) Csernozjom talaj	
	1974	1975	1974	1975	1974	1975
Összes P	0,435 +	0,582*	0,443 +	0,145	0,307	0,380
Ca-P	0,001	0,074	0,230	-0,467 +	0,151	0,465 +
Fe-, Al-P	0,644**	0,718**	0,529*	0,569*	0,513*	0,194
Szerves P	-0,592*	-0,349	-0,254	0,173	0,216	0,390
Maradék P	0,290	0,449 +	0,039	0,140	-0,014	-0,340
AL-P	0,430 +	0,503 +	0,557*	0,569*	-0,038	-0,180

\*\* 1%-on; \* 5%-on; + 10%-on szignifikáns

A talaj foszforfrakciói és a címerhányáskor mintázott kukoricalevél foszforfrakciói között végzett összefüggésvizsgálatok alapján homok- és réti talajon mindkét évben megbízható, pozitív, lineáris összefüggést találtunk a talajok Fe-, Al-P-frakciója és a növényi rész összes, savban oldható szerves és szerves foszfortartalma között. Lazább pozitív kapcsolat mutatható ki, ha az előbbi két talaj AL-oldható foszfortartalmát tekintjük független változónak. A homok- és réti talaj Fe-, Al-P-frakciója, valamint AL-oldható foszfortartalma megbízható, pozitív lineáris kapcsolatban áll a növény által felvett foszfortartalommal is.



2. ábra  
Csapadékeloszlás 1974—1975. években

Mindhárom talaj szerves P-frakciója negatív korrelációban áll a levél szerves P-frakciójával. Az összefüggés nem minden esetben szignifikáns.

A lineáris összefüggések korrelációs koefficiens értékeit a 6. és 7. táblázatban tüntettük fel.

A talaj és a levél foszforfrakciói, valamint a talaj P-frakciói és a növény által felvett P mennyisége között végzett összefüggésvizsgálatok alapján ho-

mok- és réti talajon a kukoricánövény foszforkészletét — elsősorban szerves és szerves foszforfrakcióját — nem a talaj szerves és maradék foszforfrakciójából, hanem a szerves, valószínűleg Fe-, Al-foszforcsoportjából szerzi.

Irodalmi adatok szerint a szerzők nagy része [5, 7, 23, 26] a talaj Al-P-frakcióját, mások viszont [2, 7, 9, 13, 26] a Fe-P-frakciót is jó foszforforrásnak ítélték a növények számára.

### Összefoglalás

Homok-, réti és csernozjom talajon különböző vízdoldhatóságú foszfortrágyák növekvő adagjainak hatását vizsgáltuk a kukoricalevél, -szem és egész növény foszforfrakcióinak, valamint NPK-tápanyagainak alakulására. Összefüggést kerestünk a talaj és a növény foszforforgalma között.

Két év átlaghatását tekintve a foszfortrágyák közül a homok- és réti talajon a szuperfoszfát és foszforsav idézte elő a legnagyobb foszfortartalom-növekedést a kukoricalevélben a NK-os kontrollhoz viszonyítva.

A növekvő foszfortrágya-adagok elsősorban a levél szerves és szerves foszforfrakcióit befolyásolták. A levél szerves, szerves és maradék foszforfrakcióinak aránya a talajtípustól is függött.

A kukoricalevél NPK tápanyagaránya a talajtípuson kívül a foszfortrágyák vízdoldhatóságával mutatott összefüggést: a vízdoldható foszfortrágyákkal kezelt kukoricalevélben szűkebb volt a NPK arány, mint a nyersfoszfátokkal trágyázottakban. A kukoricaszemben talajtól és műtrágyázási kezelésektől függetlenül azonosan alakult a NPK arány.

A talaj és levél foszforfrakciói, valamint a növény által felvett foszfor között végzett összefüggésvizsgálatok alapján homok- és réti talajon a kukorica foszforkészletét — elsősorban szerves és szerves foszforfrakcióját — a talaj szerves, valószínűleg Fe-, Al-foszforcsoportjából szerzi.

### Irodalom

- [1] AL-ABBAS, A. H. & BARBER, S. H.: A soil test for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus. I. Correlation of soil phosphorus fractions with plant-available phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **28**, 218—221. 1964.
- [2] CHANG, S. C. & JACKSON, M. L.: Soil phosphorus fractions in some representative soils. *J. Soil Sci.* **9**, 109—119. 1958.
- [3] FÜLEKY, GY.: A talaj P-állapotának változása tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* **24**, 291—302. 1975.
- [4] GARZ, J.: Die phosphathaligen Substanzen der Beta-Rüben in ihrer Abhängigkeit von der Phosphor und Stickstoffernährung. *Thaer-Archiv* **4**, 436. 1960.
- [5] GULJAKIN, I. V. & CSUPRIKOV, J. K.: Vlijanie udobrenij na foszfatnij rezsim dernova-podzolisztovj pocsvü. *Agrohimiya.* (8) 11—19. 1973.
- [6] HABER, A. J. & TOLBERT, N. E.: Metabolism of C-14-bicarbonate, P-32-phosphate or S-35-sulphate by lettuce seed during germination. *Plant Physiol.* **34**, 376. 1959.
- [7] HANLEY, K.: Soil phosphorus forms and their availability to plants. *Irish J. Agric. Res.* **1**, 192—193. 1962.
- [8] HESSE, R. R.: A Textbook of Soil Chemical Analysis. Murray, J. London. 1971.
- [9] KHANNA, P. K.: Inorganic soil phosphate fractions as related to soil test values by common methods. *Plant and Soil.* **26**, 277—284. 1967.
- [10] KHIN, A. & LEEPER, G. W.: Modifications in Chang and Jackson's procedure for fractionating soil phosphorus. *Agrochimica.* **4**, 246—254. 1960.
- [11] KOROBSENKO, J. T. & VORONŪJ, V. V.: Foszfátnüj rezsim volotnüh pocsv v zaviszimozszi ot sztepeni i prodolzsetchnozszi osszuseniya. *Agrohimiya.* (1) 30—33. 1973.

- [12] KOSZOLAPOVO, A. J.: Vlijanie udobrenij i vozdelüvaemüh kultur na dinamiku mineral-nüh foszfatov v poesve. *Agrohimiya*. (1) 24—29. 1973.
- [13] KURMIES, B.: Zur Fractionierung der Bodenphosphate. *Phosphorsäure*. 29. 118—151. 1972.
- [14] LAVERTY, J. C. & McLEAN, E. O.: Factors affecting yields and uptake of phosphorus by different crops: 3. Kinds of phosphate — native, applied, and formed. *Soil Sci.* 91. 166—171. 1961.
- [15] LOCH, J.: *Agrokémia. Egyetemi jegyzet*. Debrecen. 1971.
- [16] LOUGHMAN, B. C. & RUSSEL, R. S.: The absorption and utilization of phosphate by young barley plants. *J. Exp. Bot.* 8. 280. 1957.
- [17] MANNING, P. B. & SALOMON, M.: Forms of phosphorus in soil after long-continued fertilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29. 421—423. 1965.
- [18] MENGEL, K.: A növények táplálkozása és anyagsoréje. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1976.
- [19] MICHALIK, J.: Contribution to the fractionation methods of organic phosphorus compounds from the plant material. *Acta Fytotechn. Nitra*. 22. 25—35. 1971.
- [20] OLSEN, S. R. & FRIED, M.: Soil phosphorus and fertility. The yearbook of agriculture. 94—100. 1957.
- [21] SARKADI, J.: A műtrágyaigény-becslési módszerek alapelvei. *Doktori értekezés*. Budapest 1971.
- [22] SAYEGH, A. H. & MAJID, A. H.: Phosphorus fractionation and retention in alkaline Lebanese soils. *Agrochimica*. 13. 265—276. 1969.
- [23] SMITH, A. N.: Growth of wheat and changes in phosphorus availability in waterlogged soils. *Agrochimica*. 13. 235—242. 1969.
- [24] TATÁR, L.-NÉ & MÁRTON, Á.: Különböző foszfortrágyák hatása a talaj foszfortartalmára és a kukoricánövény foszforfrakcióira. I. A P-trágyák hatása a talaj P-frakcióira és AL-oldható P-tartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 28. 439—450. 1979.
- [25] ZSUKOV, Sz. N. & GORINA, L. G.: Vlijanie izveszti i szuperfoszfata na gruppovoj szosztav foszfatov szupeszesanoj poesvii v mnogoletnem polevom opüte. *Agrohimiya*. (4). 22—25. 1971.
- [26] WERNER, W. & WEICHMANN, H.: Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit des durch langjährige Phosphatdüngung angereicherten Bodenphosphats. *Z. PflErnähr. Bodenk.* 133. 4—17. 1972.

*Érkezett: 1980. szeptember 29.*

## Effect of Different Phosphorus Fertilisers on the Phosphorus Content of the Soil and on the Phosphorus Fractions of the Maize Plant

### II. Correlations Between the Phosphorus Fractions of the Soil and of the Maize Plant

P. TATÁR and L. TATÁR

Research Centre of the Seed Production Enterprise, Nyíregyháza (Hungary)

#### Summary

The effect of increasing doses of phosphorus fertilisers with varying degrees of solubility on the phosphorus fractions of the leaves, grain and whole plant of maize and on the NPK nutrient ratio was studied on sandy, meadow and chernozem soils.

On a two-year average, superphosphate and phosphoric acid caused the greatest increase in the phosphorus content of maize leaves on sandy and meadow soils, compared to the NK control.

Increased doses of phosphorus fertiliser primarily influenced the inorganic and organic phosphorus fractions of the leaves. The proportion of inorganic, organic and residual phosphorus fractions in the leaves also depended on the type of soil.

The NPK nutrient ratio of maize leaves was correlated not only with the type of soil, but also with the solubility of the phosphorus fertilisers: soluble phosphorus fertilisers increased the total phosphorus content of the leaves, while rock phosphates reduced

it. The NPK ratio in the maize grain was the same, independent of the soil or the fertiliser treatment.

On the basis of correlation studies on the phosphorus fractions in the soil and leaves and the amount of phosphorus taken up by the plant, it can be said that on sandy and meadow soils maize obtains its phosphorus requirements, particularly the inorganic and organic phosphorus fractions, from inorganic soil sources, probably from Fe and Al phosphorus groups.

*Table 1.* Effect of soil type, fertiliser dose and phosphorus fertilisers on the phosphorus content of the maize leaf at tasselling (Nyíregyháza, mean for 1974—1975). (1) Treatments: A) Soil type: a) Sandy soil; b) Meadow soil; c) Chernozem soil. B) Fertiliser dose. C) Phosphorus fertiliser: d) Phosphoric acid; e) Kingisepp rock phosphate; f) Algiers rock phosphate; g) Superphosphate. (2) Total P. (3) Inorganic P. (4) Organic P. (5) Residue. (6) Level of significance of MQ values in the variance table. \*\*\* Significant at the 0.1% level; \*\* Significant at the 1% level; \* Significant at the 5% level; † Significant at the 10% level.

*Table 2.* Effect of soil type, fertiliser dose and phosphorus fertilisers on the phosphorus content of the maize grain. For legends, see Table 1.

*Table 3.* Effect of soil type, fertiliser dose and phosphorus fertilisers on the phosphorus content of the maize stalk + cobs at harvest. For legends, see Table 1.

*Table 4.* Effect of treatments on the total phosphorus content of the maize leaf, grain and whole plant, mean for 1974—1975. (1) Plant organ examined and phosphorus fertiliser: I. Maize leaf at tasselling; II. Maize grain at harvest; III. Maize stalk + cob at harvest. For other legends, see Table 1.

*Table 5.* Nutrient ratio in the maize leaf at tasselling. (1) Phosphorus fertiliser: 1. Soluble P (superphosphate and phosphoric acid); 2. Rock phosphates (Kingisepp and Algiers). For soils a), b) and c), see Table 1.

*Table 6.* Correlation coefficient values (r) for the P fractions of the soils (x) and the P fractions of the maize leaf (y) at tasselling (n = 15). (1) Soil types and P fractions a) Sandy soil; b) Meadow soil; c) Chernozem soil; (2) P fractions of the maize leaf: 1. Total P; 2. Inorganic P; 3. Organic P; 4. Residual P.

*Table 7.* Correlation coefficient values (r) for the P fractions of the soils (x) and the amount of P taken up by the maize plant (y) (n = 15). (1) Soil P fractions: 1, 3, 4; see Table 6. (2) P taken up by the maize plant. For soil types a), b) and c), see Table 6.

*Fig. 1.* Effect of various forms of phosphorus on the phosphorus fractions in the maize leaf. Soil types: A) Sandy soil; B) Meadow soil; C) Chernozem soil. a) Inorganic P; b) Organic P; c) Residual P. Horizontal axis: Treatments: 1. Untreated control; 2. NK; 3. NK +  $H_3PO_4$ ; 4. NK + Kingisepp rock phosphate; 5. NK + Algiers rock phosphate; 6. NK + Superphosphate.

*Fig. 2.* Distribution of precipitation in 1974—1975.

## Über die Wirkung verschiedener P-Mineraldünger auf den P-Gehalt des Bodens und auf die P-Fractionen der Maispflanze

### II. Zusammenhänge zwischen den P-Fractionen des Bodens und der Maispflanze

P. TATÁR und L. TATÁR

Forschungszentrale des Unternehmens für Saatgut, Nyíregyháza (Ungarn)

#### Zusammenfassung

Auf Sand-, Wiesen- und Tschernosemboden wurde die Wirkung von gestaffelten Gaben von P-Düngern verschiedener Wasserlöslichkeit auf die Gestaltung der P-Fractionen, wie auch auf den NPK-Gehalt der Maisblätter, Maiskörner und der ganzen Maispflanze ermittelt. Es wurde ein Zusammenhang zwischen dem P-Umlauf im Boden bzw. demjenigen in der Pflanze gesucht.

Im Mittel von zwei Jahren hat, verglichen mit der NK-Variante, auf dem Sand- und dem Wiesenboden das Superphosphat und die Phosphorsäure die stärkste Zunahme des P-Gehaltes in den Maisblättern hervorgerufen.

Die gestaffelten P-Gaben beeinflussten vor allem die anorganischen und organischen P-Fractionen der Blätter. Das Verhältnis der Mengen der anorganischen, organischen, bzw. restlichen P-Fractionen hing auch vom Bodentyp ab.

Das Verhältnis der Nährstoffe N, P, bzw. K in Maisblättern zeigte ausser dem Bodentyp mit der Wasserlöslichkeit der P-Dünger einen Zusammenhang: die wasserlöslichen P-Dünger steigerten, die Rohphosphate senkten den gesamten P-Gehalt der Blätter. In den Maiskörnern war dieses Verhältnis unabhängig vom Bodentyp und von den Mineraldüngervarianten gleich.

Die Korrelationen zwischen den P-Fractionen der Böden, sowie den P-Entzügen bzw. P-Fractionen der Blätter sprechen dafür, dass der P-Gehalt der Maispflanzen auf dem Sand- und Wiesenboden aus den Fe- und Al-Fractionen der Böden stammt.

*Tab. 1.* Wirkung von Bodentyp, Mineraldüngergaben und P-Düngerarten auf den P-Gehalt der Maisblätter zur Zeit des Fahnenschiebens (Nyíregyháza, Mittelwerte der Jahre 1974 und 1975). (1) Varianten: A) Bodentyp: a) Sandboden; b) Wiesenboden; c) Tschernosemboden. B) Mineraldüngergaben. C) P-Düngerarten: d) Phosphorsäure; e) Rohphosphat aus Kingisepp; f) Rohphosphat aus Algerien; g) Superphosphat. (2) Gesamter P-Gehalt. (3) Anorganisches P. (4) Organisches P. (5) Restliches P. (6) Signifikanzstufe der MQ-Werte in der Varianztabelle: \*\*\* = 0,1%; \*\* = 1,0%; \* = 5%; † = 10%.

*Tab. 2.* Wirkung von Bodentyp, Mineraldüngergaben und P-Düngerarten auf den P-Gehalt der Maiskörner. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

*Tab. 3.* Wirkung von Bodentyp, Mineraldüngergaben und P-Düngerarten auf den P-Gehalt der Maisstengel und Maisspindel zur Zeit der Ernte. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

*Tab. 4.* Wirkung der P-Varianten auf den gesamten P-Gehalt der Maisblätter, Maiskörner, sowie der ganzen Maispflanze; Mittelwerte der Jahre 1974—1975. (1) Untersuchte Pflanzenteile und P-Dünger: I. Maisblätter zur Zeit des Fahnenschiebens; II. Maiskörner zur Zeit der Ernte; III. Maisstengel + Maisspindel zur Zeit der Ernte. Die übrigen Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

*Tab. 5.* Nährstoffverhältnisse in den Maisblättern zur Zeit des Fahnenschiebens. (1) P-Dünger: 1. Wasserlösliches P (Superphosphat und Phosphorsäure); 2. Rohphosphate (aus Kingisepp und Algerien). Böden a), b) und c): s. unter Tab. 1.

*Tab. 6.* Korrelationskoeffizienten (r) des Zusammenhanges zwischen den P-Fractionen der Böden (x) und den P-Fractionen der Maisblätter (y) zur Zeit des Fahnenschiebens, n = 15. (1) Bodentyp und P-Fractionen: a) Sandboden; b) Wiesenboden; c) Tschernosemboden; (2) P-Fractionen der Maisblätter: 1. gesamter P-Gehalt; 2. anorganischer P-Gehalt; 3. organischer P-Gehalt; 4. restlicher P-Gehalt.

*Tab. 7.* Korrelationskoeffizienten (r) des Zusammenhanges zwischen den P-Fractionen der Böden (x) und den durch die Maispflanzen entzogenen P-Mengen (y), n = 15. (1) P-Fractionen der Böden: 1. gesamter P-Gehalt; 2. anorganische, 3. organische, 4. restliche P-Fraktion. (2) durch die Maispflanzen entzogenes P: Bodentyp a), b) und c) s. unter Tab. 6.

*Abb. 1.* Wirkung der verschiedenen P-Düngerarten auf die Gestaltung der P-Fractionen der Maisblätter. Bodentyp: A) Sandboden; B) Wiesenboden; C) Tschernosemboden. a) Anorganisches P; b) Organisches P; c) Restliches P. Abscisse: Düngungsvarianten: 1. Ungedüngt; 2. NK; 3. NK +  $H_3PO_4$ ; 4. NK + Rohphosphat aus Kingisepp; 5. NK + Rohphosphat aus Algerien; 6. NK + Superphosphat.

*Abb. 2.* Niederschlagsverteilung in den Jahren 1974—75.

## Влияние различных фосфорных минеральных удобрений на содержание фосфора в почве и на фракции фосфора в кукурузе

### II. Зависимость между фракциями фосфора в кукурузе и в почве

П. ТАТАР и Л. ТАТАР

Центральное Семеноводческое Предприятие, Ниредьхаза (Венгрия)

#### Резюме

На песчаной, луговой и черноземной почвах изучили влияние увеличивающихся доз фосфорных минеральных удобрений с различной растворимостью на фосфорные фракции в листе, зерне и целом растении кукурузы, а также на содержание в них азота, фосфора и калия.

Исходя из среднего двухлетнего влияния фосфорных минеральных удобрений на песчаной и луговой почвах, самое большое увеличение содержания фосфора в листьях, по сравнению с контролем НК, наблюдали при внесении суперфосфата и фосфорной кислоты.

Увеличивающиеся дозы фосфорных минеральных удобрений влияли, в первую очередь, на неорганические и органические фракции фосфора в листьях кукурузы. Соотношение неорганической, органической и остаточной фракции фосфора в листьях кукурузы зависило и от типа почвы.

Соотношение NPK — питательных элементов в листьях кукурузы, кроме почвенного типа, зависило и от растворимости фосфорных минеральных удобрений: воднорастворимые фосфорные минеральные удобрения увеличили, а сырые фосфаты снизили общее содержание фосфора в листьях кукурузы. В зерне кукурузы соотношение NPK — питательных элементов сложилось одинаково, независимо от почвы и от различных вариантов внесения минеральных удобрений.

Анализ зависимости между фракциями фосфора в почве и в листьях кукурузы, а также количеством фосфора усвоенным растениями показал, что кукуруза на песчаной и луговой почвах свои запасы фосфора — в первую очередь неорганические и органические фракции — пополняет из неорганических фракций фосфора почвы, по своей вероятности, из группы Fe- или Al-фосфора.

*Табл. 1.* Влияние типа почвы, дозы минеральных удобрений и внесения фосфорных удобрений на содержание фосфора в листьях кукурузы в стадии выбрасывания метёлки (Ниредьхаза, средние данные 1974—1975 гг.). (1) Варианты: А) Тип почвы: а) Песчаная почва. б) Луговая почва. с) Чернозем. В) Дозы минеральных удобрений. С) Фосфорные минеральные удобрения: d) Фосфорная кислота. e) Кингисепский фосфорит. f) Алжирский фосфорит. g) Суперфосфат. (2) Общий фосфор. (3) Неорганический фосфор. (4) Органический фосфор. (5) Остаток. (6) Вариационная таблица уровня достоверности значений  $Mq$ . \*\*\* на 0,1%-ом, \*\* — 1%-ом, \* — 5%-ом, +10%-ом уровнях достоверности.

*Табл. 2.* Влияние типа почвы, дозы минеральных удобрений и внесения фосфорных удобрений на содержание фосфора в зерне кукурузы. Обозначения смотри в таблице 1.

*Табл. 3.* Влияние типа почвы, дозы минеральных удобрений и внесения фосфорных удобрений на содержание фосфора в стеблях + початках кукурузы при ее уборке. Обозначения смотри в таблице 1.

*Табл. 4.* Влияние вариантов на общее содержание фосфора в листьях, зерне и целом растении кукурузы (Средние данные 1974—75 гг.). (1) Часть растения и фосфорные минеральные удобрения: I. Лист кукурузы в стадии выбрасывания метёлки. II. Зерно кукурузы при уборке. III. Стебли + початки кукурузы во время уборки. Остальные обозначения смотри в таблице 1.

*Табл. 5.* Соотношение питательных элементов в листьях кукурузы в стадии выбрасывания метёлки. (1) Фосфорное минеральное удобрение: 1. Воднорастворимый P (суперфосфат и фосфорная кислота). 2. Фосфориты (Кингисепский и алжирский). Почвы от а) до с) смотри в таблице 1.

*Табл. 6.* Величины ( $n = 15$ ) коэффициента корреляции ( $r$ ) зависимости между фракциями фосфора почвы ( $x$ ) и фракциями фосфора в листьях кукурузы ( $y$ ) в стадии выбрасывания метёлки. (1) Почвенные типы и фракции фосфора: а) Песчаная почва. б) Луговая почва. с) Чернозем. (2) Фракции фосфора в листьях кукурузы 1. Общий фосфор. 2. Неорганический фосфор. 3. Органический фосфор. 4. Остаточный фосфор.

*Табл. 7.* Величины ( $n = 15$ ) коэффициента корреляции ( $r$ ) зависимости между фракциями фосфора почвы ( $x$ ) и фосфором усвоенным целым растением ( $y$ ). (1) Фракции фосфора почвы: 1., 3. и 4. смотри в таблице 6. (2) Фосфор усвоенный целым растением кукурузы. Типы почвы а), б) и с) смотри в таблице 6.

*Рис. 1.* Влияние различных форм фосфора на формирование содержания фосфорных фракций в листьях кукурузы. Типы почвы: А) Песчаная почва. В) Луговая почва. С) Чернозем. а) Неорганический фосфор. б) Органический фосфор. с) Остаточный фосфор. По горизонтальной оси: Варианты: 1. Необработанный контроль. 2. НК. 3. НК +  $H_3PO_4$ . 4. НК + Кингисепский фосфорит. 5. NPK + Алжирский фосфорит. 6. NPK + суперфосфат.

*Рис. 2.* Распределение осадков в 1974—1975 годах.