

## **P–Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában**

KÁDÁR IMRE és TURÁN TAMÁS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest

Miután SOMMER és LIPMANN (1926) végleg igazolta a cink esszenciális voltát, már 1950-ben kiterjedt Zn-hiányos területekről érkeztek hírek Amerika Ny-i államaiból és Ausztráliából. A leggyakrabban gyümölcsfák esetében tapasztalták ezt a jelenséget, de a kukorica érzékenysége is ismert volt (THORNE, 1957). BINGHAM és GARBER (1960) üvegházi tenyészedény-kísérletben narancs magonccal dél-kaliforniai talajokon megállapította, hogy a P-trágyázás csökkenti a növények által felvehető cink mennyiségét, és ez a reakció nem pusztán a talajban keletkező kölcsönhatások, hanem a növénybeni folyamatok miatt is végbemegy. OLSON és munkatársai (1965) szerint a P–Zn antagonizmus a növények gyökerében lép fel, mivel a növény gyökerében és hajtásában eltérően alakul a Zn-tartalom P-trágyázás hatására. HABER és TOLBERT (1959) hangsúlyozták, hogy a felvett szerves foszfát egy része már a gyökerekben szerves foszfáttá alakul.

A cink felvehetősége az alkalmazott műtrágya P-formáinak is függvénye. Ammónium-ortofoszfát- és polifoszfát-műtrágyák Zn-felvételt befolyásoló hatását vizsgálta LESSMAN és ELLIS (1971) karbonátos talajon bab jelzőnövény-nyel. Megállapították, hogy polifoszfát típusú műtrágya alkalmazása esetén a növény több cinket tartalmazhat.

MARTIN és munkatársai (1965) arra az eredményre jutottak, hogy alacsony talajhőmérséklet P-bősséggel társítva segíti a Zn-hiány kialakulását. PARIBOK és SZOKOLOV (1970) paradicsommal és borsóval végzett kísérleteikben kimutatták, hogy a Zn-hiányban szenvedő növények P-felvétele fokozott. Zn-hiány esetén növekszik a növények Fe-, Cu- és Mo-tartalma is. A cink hatása tehát ellentétes a vaséval és rézéval. BERGMANN (1979) szerint a cink növényfiziológiai jelentőségét az adja, hogy számos enzim specifikus fémkomponense, illetve hogy szerepe van a fehérje és az auxin anyagcserében. Hiányával főként a 6,0–6,5, vagy e feletti pH-jú talajokon kell számolni. Felhívja a figyelmet azonban a szakirodalomban található ellentétes véleményekre a nagyadagú P-műtrágyázással előidézett Zn-hiánnyal kapcsolatban. Mivel a szuperfoszfát 40–400 mg/

kg cinket is tartalmazhat, P-műtrágyázás nyomán nőhet az oldható Zn-tartalom is a talajban. A P–Zn antagonizmus ilyenkor kevésbé kifejezett.

Az orosz műtrágyázási kézikönyv (SZPRAVOCSNIK, 1960) szerint a kukorica átlagosan kétszer annyi tápelemet igényelhet, mint a kalászosok és kezdeti fejlődése során P-igénye kifejezett. LÁNG (1976) kiemeli a növény nagy N-igényét, valamint felhívja a figyelmet a mikroelemek közül a cinkre, melynek hiánya felléphet foszforral feltöltött talajon. CSATHÓ (1994) kísérleteiben dunántúli karbonátos csernozjom talajon 1–2 t/ha-ral csökkent a kukorica szemtermése P-indukálta Zn-hiány miatt. A Zn-hiány okozta termésnövekedés megszüntethető volt Zn-szulfát talajba juttatásával, ill. Zn-hexaminos kezeléssel. KÁDÁR és PUSZTAI (1982) beszámol a növekvő P-trágyázás Zn-tartalom csökkentő hatásáról tenyészedény-kísérletben 6-leveles kukoricánál, karbonátos csernozjom talajon. GYŐRI és MÁTZ (1979) a kukoricaszem Zn- és triptofántartalma közötti összefüggéseket vizsgálva megállapították, hogy a P-dózis növelésével csökken a csíra Zn- és triptofántartalma, így romlik a kukorica takarmányértéke.

Magyarországon a hetvenes évek közepétől az átlagosnál több műtrágyát használó üzemekben a táblák P-ellátottsága esetenként már a nemkívánatos mértékig emelkedett (KÁDÁR, 1987). Mivel a szántóterület 40–45 %-ának talaja meszes és kevés felvehető cinket tartalmaz, továbbá a szántó 20–30 %-án Zn-igényes kukoricát termesztünk, indokolt a P–Zn közötti kölcsönhatások vizsgálata e növénynél.

### Anyag és módszer

A P- és a Zn-műtrágyázás hatását vizsgáló kukorica monokultúras kísérletünket 1977 őszén állítottuk be az MTA TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén. A kísérlet talaja löszön képződött meszes csernozjom, mintegy 5 %  $\text{CaCO}_3$ -ot és 3 % humuszt tartalmaz a szántott rétegben. A pH(KCl) 7,3; az AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  60–80, AL- $\text{K}_2\text{O}$  140–160, KCl-Mg 150–180, az EDTA-Mn 80–150, az EDTA-Cu 2–3, EDTA-Zn 1–2 mg/kg értékekkel jellemezhetők. A MÉM NAK (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj igen jó Mn-, kielégítő Mg- és Cu-, közepes N- és K-, valamint gyenge P- és Zn-ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. Éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló, átlagos középhőmérséklete 11 °C, éves átlagos csapadékösszege 576 mm.

Kísérletünket split-plot elrendezésben állítottuk be 4P x 3Zn = 12 kezeléssel, 3 ismétlésben, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete 4,9x15=73,5 m<sup>2</sup> volt.

#### 1. tényező (főparcellák):

P0 = 0 kg/ha

P1 = 100 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha/év

P2 = 500 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha, 1977 ősz

P3 = 1000 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha, 1977 ősz

#### 2. tényező (alparcellák):

Zn0 = 0 kg/ha

Zn1 = 20 kg/ha, 1977 ősz

Zn2 = 40 kg/ha, 1977 ősz

A P- és Zn-trágyákat szemcsés szuperfoszfát és  $ZnSO_4$  formájában több évre előre kiadtuk, kivéve a 100 kg  $P_2O_5$ /ha évenkénti kezelésben. A N- és  $K_2O$ -adagok egységesen 200–200 kg/ha/év mennyiséget jelentettek minden parcellán. A P-, Zn- és K-trágyák teljes mennyiségét őszi szántás előtt, a nitrogént

1. táblázat

A kísérletben végzett műveletek az 1978/1979. év példáján bemutatva  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Műveletek megnevezése	(2) Ideje (év, hó, nap)	(3) Megjegyzés
1. Őszi NPK-műtrágyázás	1978. 11. 27.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás, fogasolás	1978. 11. 27.	MTZ-50+Lajta eke
3. Kísérlet kitűzése, karózása	1979. 03. 29.	Parcellánként kézzel
4. Tavasz N-műtrágyázás	1979. 03. 29.	Parcellánként kézzel
5. Tárcsázás + fogasolás	1979. 03. 29.	MTZ-50+tárcsa, fogas
6. Kombinátorozás vetés előtt	1979. 04. 20.	MTZ-50
7. Vetés, magtakarás	1979. 04. 22.	MTZ-50+SPC-6+gyűrűshenger
8. Kísérlet újbóli kitűzése	1979. 05. 08.	Parcellánként kézzel
9. Utak talajmarózása	1979. 05. 08.	T-4K+talajmaró
10. Tőszám beállítása	1979. 05. 22.	Parcellánként kézzel, 70–30 cm
11. Növénymintavétel	1979. 06. 08.	4–6 leveles hajtás 20 db/parcella
12. Gazoló kapálás	1979. 06. 22.	Parcellánként kézzel
13. Utak talajmarózása	1979. 08. 05.	T-4K+talajmaró
14. Növénymintavétel	1979. 08. 06.	Parcellánként 20–20 db levél*
15. Gazoló kapálás	1979. 08. 08.	Parcellánként kézzel
16. Tőszámlálás	1979. 09. 14.	Parcellánként, belső 4–4 sor
17. Mintakéve vétele	1979. 09. 15.	20–20 db csöves szár/parcella
18. Betakarítás	1979. 09. 16.	Parcellánként kézzel 4-4 sor
19. Talajminta vétele	1979. 10. 21.	20 db lefűrés/parcella
20. Mintakévek feldolgozása	1979. 10. 28.	Parcellánként kézzel
21. Minták őrlése analízisre	1979. 11. 10.	Parcellánkénti átlagminta

\* Címerhányáskori cső alatti levél a belső 4-4 sorból szedve

ősszel és tavasszal megosztva fele-fele arányban szórtuk ki. Mv-SC 580 kukoricahibridet vetettünk 60 ezer db/ha tőszámmal. Az üzemekben szokásos agrotechnikát alkalmaztuk, a tenyészterület 70x30 cm volt. A kísérletben végzett műveletekről az 1. táblázat nyújt áttekintést az 1978/1979. év példáján.

Talajvizsgálatok céljára betakarítás után parcellánként 20–20 pontminta egyesítésével készítettünk átlagmintákat a szántott rétegből. 4–6 leveles korban 20–20 növény, virágzás kezdetén/címerhányáskor 20–20 cső alatti levél, betakarításkor 20–20 csöves egyed jelentette a parcellánkénti átlagmintát. Az ammónium-laktát- (AL) oldható talajkivonatokat EGNÉR és munkatársai (1960) szerint határoztuk meg. A növényeket cc.  $H_2SO_4$  + cc.  $H_2O_2$  roncsolás után vizs-

gáltak makroelemekre, ill. sósavas hidrolízist követően mikroelemekre (VARJÚ & ZSOLDOS, 1974).

A havi, negyedéves, tenyészidő alatti (ápr.–szept. havi), tenyészidőn kívüli (okt.–márc. havi) és az éves csapadékösszegeket a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az adatokból látható, hogy extrém száraz hónap előfordult 1978 augusztu-

2. táblázat

A havi, negyedéves, tenyészidő alatti (ápr.–szept. havi), tenyészidőn kívüli (okt.–márc. havi) és az éves csapadék összegei, mm (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Időszak	1978	1979	1980	1981	(2) 4 éves átlag	(3) 50 éves átlag Sárbogárd
január	8	66	33	9	29	34
február	24	48	19	15	26	36
március	36	13	22	34	26	37
a) Összesen	68	127	74	57	81	107
április	42	50	53	6	38	48
május	75	10	42	45	43	64
június	119	50	63	101	83	61
a) Összesen	236	110	157	152	164	173
július	107	44	31	42	56	54
augusztus	10	65	71	53	50	55
szeptember	31	19	22	40	28	49
a) Összesen	148	128	124	135	134	158
október	33	27	56	22	34	53
november	11	74	151	34	67	57
december	48	68	39	115	67	42
a) Összesen	92	169	246	171	170	152
ápr.–szept. havi	384	238	280	287	297	351
okt.–márc. havi	160	296	320	228	251	259
b) Éves összeg	543	534	601	515	548	598

sában 10 mm, 1979 májusában 10 mm, valamint 1981 áprilisában 6 mm csapadékösszeeggel. A kukorica vízellátását a légköri csapadék biztosítja, hiszen öntözést nem folytattunk, a mélyen elhelyezkedő talajvíz a műtrágyahatásokat, ill. a termést nem befolyásolja. Méréseink szerint a legalacsonyabb vízellátás 1979-ben volt, amikor a kukorica rendelkezésére elméletileg 398 mm csapadék állhatott. Az 1979. ápr.–szept. havi, tenyészidő alatti mennyiség 238 mm-t tett ki, ezt megelőzően a talaj még vetésig az elővetemény lekerülése után 160 mm csapadékkal gazdagodhatott. Az így becsült vízellátottság 1980-ban 577 mm, 1981-ben 607 mm értékekkel jellemezhető.

### Eredmények és értékelésük

A 3. táblázatban bemutatott vizsgálatok szerint P-trágyázással látványosan nőtt a szántott réteg AL-oldható P-tartalma, különösen az 1. évben. A 4. év végén ez a kontrollhoz viszonyított többlet drasztikusan lecsökkent. A műtrágya-P kevésbé oldható formába alakult és a növényi felvétel is jelentőssé vált. E talajon végzett korábbi vizsgálataink szerint a termőhely foszforral közepesen ellátottnak minősülhet 100–150 mg/kg, kielégítően ellátottnak 150–200 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> készlete esetén (KÁDÁR, 1989). Úgy tűnik, ahhoz hogy ezt az eredetileg

#### 3. táblázat

A P- és Zn-trágyázási szintek hatása a szántott réteg oldható elemtartalmára  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsök)

(1) Évek	(2) P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag	(5) Zn-kezelések, kg/ha			(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	100	500	1000			0	20	40		
	A. AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg						B. KCl+EDTA-oldható Zn, mg/kg				
1978	81	119	167	300	47	167	2,2	4,6	7,0	3,3	4,6
1980	91	110	142	241	11	146	1,0	2,6	4,0	0,6	2,5
1981	71	114	119	189	13	123	1,0	2,1	3,0	0,4	2,0

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszen feltöltő trágyázás formájában

foszforral gyengén ellátott talajt közepesen ellátottá tegyük megközelítően 500 kg/ha, a kielégítő ellátottság eléréséhez 1000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> egyszeri feltöltő trágyára lehet szükség. Hasonló következtetésre jutottunk ezt megelőzően egyéb kísérleteink eredményei alapján is (KÁDÁR & LÁSZTITY, 1979). A kukorica P-trágya iránti igénye mérsékelte, a közepes ellátottság elérése lehet ilyenkor a cél.

A KCl+EDTA módszerrel becsült Zn-készlet szintén tükrözte a Zn-trágya adagját és az évekkel csökkenő tendenciát jelzett a trágyázott kezelések talajában. Mivel a növényi Zn-felvétel elhanyagolható a trágyaadagokhoz viszonyítva, a csökkenés a kevésbé oldható Zn-formák kialakulására utalhat a talajban. Megemlítjük, hogy a P-trágyázás kimutathatóan nem befolyásolta az e módszerrel mért Zn koncentrációit. A felhasznált szuperfoszfátok ebben az időben általában 10–20 mg/kg Zn-készlettel rendelkeztek. Mivel P–Zn kölcsönhatások a talajelemzési adatokban nem voltak nyomon követhetők, a P-kezeléseket a Zn, míg a Zn-kezeléseket a P átlagában közöljük a 3. táblázatban.

A növényi szervek P %-át a Zn-trágyázás érdemben nem módosította. A 4. táblázatban megfigyelhető, hogy a 4–6 leveles hajtás, a címerhányáskori levél és a mag átlagos P-készlete kiürül, a magba vándorol. Ismeretes, hogy a szár a tápelemek tárolója. Amennyiben túlzott a kínálat, luxusfelvételt mutat, míg hiány esetén rendkívüli módon elszegényedhet. Kísérletünkben a hajtás, levél és

## 4. táblázat

A P-trágyázás hatása a légszáraz kukorica 4–6 leveles hajtás, címerhányáskori levél, ill. az aratáskori szem és szár P %-ára  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhőrcsök)

(1) Növényi rész, ill. szerv	(2) P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	100	500	1000		
1978						
a) Hajtás	0,32	0,33	0,41	0,43	0,03	0,37
b) Szár	0,06	0,08	0,12	0,11	0,03	0,09
c) Szem	0,31	0,37	0,37	0,44	0,03	0,37
1979						
a) Hajtás	0,26	0,35	0,36	0,39	0,03	0,34
b) Szár	0,04	0,10	0,07	0,14	0,03	0,09
c) Szem	0,22	0,40	0,43	0,42	0,06	0,37
1980						
a) Hajtás	0,23	0,29	0,32	0,39	0,05	0,31
b) Szár	0,06	0,08	0,08	0,15	0,02	0,09
c) Szem	0,23	0,30	0,32	0,39	0,02	0,31
1981						
a) Hajtás	0,24	0,33	0,34	0,35	0,02	0,32
b) Szár	0,02	0,04	0,04	0,06	0,01	0,04
c) Szem	0,20	0,30	0,30	0,32	0,03	0,28

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszi feltöltő trágyázás formájában. Megjegyzés: az adagok a Zn-kezelések átlagai

a mag összetétele is jól jelezte a növekvő kínálatot, de extrém értékeket (évenkénti 2–3-szoros dúsulást) trágyázás hatására a szár P %-a mutatott. Az éveket is figyelembe véve 7,5-szeres eltérést találunk a szár P-tartalmában: 1981-ben a trágyázatlan talajon 0,02, míg 1980-ben a foszforral feltöltött talajon 0,15 % P-koncentrációt mértünk.

A kukorica Zn-tartalmában érdemi P–Zn kölcsönhatások figyelhetők meg. A fellépő P-túlsúly nyomán a növényi szövetek Zn-tartalma igazolhatóan mérséklődik (5. táblázat). Leginkább kifejezetten a szárban, legkevésbé pregnánsan a generatív magban. A 3. és 4. években vett levél, szár és mag összetétele alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy az 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha feltöltő adaggal indukált Zn-koncentráció csökkenése megközelítően 40 kg/ha körüli Zn-trágyázással ellensúlyozható. Mivel a talaj foszforral és cinkkel egyaránt gyengén ellátott, P-feltöltés esetén szükségessé válhat a Zn-feltöltő beavatkozás is a kiegyensúlyozott P–Zn-táplálás biztosítása céljából.

A 4–6 leveles hajtás és a címerhányáskori cső alatti levél összetétele a szaktanácsadás számára diagnosztikai információt hordoz, melyből a növény tápláltsági állapotára, közvetetten a talaj kínálatára/ellátottságára következtethetünk.

5. táblázat  
A PxZn-trágyázás hatása a légszáraz kukorica Zn-tartalmára, mg/kg  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Zn-kezelések, kg Zn/ha	(2) P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	100	500	1000		
<i>A. 4–6 leveles hajtás (1979)</i>						
0	33	33	30	27	11	31
20	45	39	42	32		39
40	55	47	54	38		48
a) SzD <sub>5%</sub>	10					5
b) Átlag	44	40	42	32	5	39
<i>B. Cső alatti levél címerhányáskor (1980)</i>						
0	25	16	15	17	5	18
20	33	28	28	23		28
40	31	27	27	26		28
a) SzD <sub>5%</sub>	6					3
b) Átlag	30	24	23	22	2	25
<i>C. Szár aratáskor (1981)</i>						
0	20	10	10	9	8	12
20	31	17	16	9		18
40	38	14	16	15		21
a) SzD <sub>5%</sub>	6					3
b) Átlag	30	14	14	11	7	17
<i>D. Szem aratáskor (1981)</i>						
0	17	15	15	14	3	15
20	19	19	17	16		18
40	19	17	19	16		18
a) SzD <sub>5%</sub>	2					1
b) Átlag	18	17	17	15	2	17

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszén feltöltő trágyázás formájában

Irodalmi források szerint a 4–6 leveles kukorica optimuma 0,3–0,5 % P, ill. 20–60 mg/kg Zn; míg címerhányáskor a levél optimuma 0,25–0,5 % P, ill. 25–100 mg/kg Zn koncentráció-tartományban ingadozhat. A kiegyensúlyozott P/Zn arány 50–150 közötti. Amennyiben a cinkhez viszonyított P-túlsúly jelentősen 200 fölé emelkedik a fiatal hajtásban vagy a virágzás elején, ill. címerhányáskor vett levélben, a Zn-trágyázás hatékony lehet (BERGMANN & NEUBERT, 1976; ELEK & KÁDÁR, 1980; CSATHÓ et al., 1989).

A légszáraz kukorica P/Zn aránya 2–3-szorosára tágult a P-trágyázással mind a fiatal hajtásban, mind a cső alatti levélben és a magban. A szártermésben már nagyságrendbeli változást eredményezett a P-feltöltő trágyázás 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha adagja. A 40 kg Zn/ha kezelés többé-kevésbé ellensúlyozta a P-indu-

6. táblázat  
A PxZn-trágyázás hatása a légszáraz kukorica P/Zn arányára  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsök)

(1) Zn-kezelések, kg Zn/ha	(2) P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	100	500	1000		
<i>A. 4–6 leveles hajtás (1979)</i>						
0	79	109	133	152	35	118
20	55	92	78	122		
40	47	68	61	97		
a) SzD <sub>5%</sub>		36				19
b) Átlag	60	90	91	124	20	91
<i>B. Cső alatti levél címerhányáskor (1980)</i>						
0	101	188	237	322	50	212
20	72	98	111	138		
40	64	103	127	119		
a) SzD <sub>5%</sub>		50				25
b) Átlag	79	130	159	193	30	140
<i>C. Szár aratáskor (1980)</i>						
0	5	45	39	111	29	50
20	7	31	17	43		
40	9	25	28	31		
a) SzD <sub>5%</sub>		25				13
b) Átlag	7	34	28	61	21	33
<i>D. Szem aratáskor (1981)</i>						
0	107	202	208	222	39	185
20	119	186	156	205		
40	93	150	176	197		
a) SzD <sub>5%</sub>		32				16
b) Átlag	107	179	180	208	29	168

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszen feltöltő trágyázás formájában

kálta P/Zn arány tágulását, a 4–6 leveles hajtás és a cső alatti levél P/Zn aránya ismét a 100 körüli optimumhoz közeledett. A szemtermés P/Zn arányait a Zn-trágyázás kevésbé módosította, mivel a mag Zn-tartalma a Zn-kezelésekben alig emelkedett. A P/Zn arányának változását a 6. táblázatban tanulmányozhatjuk a PxZn-kezelések függvényében.

Betakarításkor parcellánként megszámláltuk a meddő töveket és az összes tő %-ában fejeztük ki a P-kezelések függvényében a 7. táblázatban. A Zn-trágyázás bizonyíthatóan nem befolyásolta a meddő tövek előfordulását. A P-feltöltés 1978-ban növelte a meddő tövek számát, amikor is szemtelítődés idején augusztusban aszály uralkodott. Ebben az évben az összes kukoricacső 13–

7. táblázat

A P-trágyázás hatása a meddő tövek előfordulására az összes tő %-ában  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Évek	(2) P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	100	500	1000		
1978	13,0	14,0	19,7	20,5	6,8	16,8
1979	2,0	1,1	1,7	1,3	0,9	1,5
1980	3,1	1,9	1,9	1,9	1,1	2,2
1981	4,3	2,7	3,5	3,1	1,5	3,4
a) Átlag	5,6	4,9	6,7	6,7	2,6	6,0

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszen feltöltő trágyázás formájában

8. táblázat

A P-trágyázás hatása a kukorica légszáras termésére betakarításkor, t/ha  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Termés	(2) P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	100	500	1000		
	<i>1978</i>					
a) Szem	8,7	9,3	9,2	9,9	0,9	9,3
b) Szár	4,8	5,7	5,5	5,4	0,6	5,3
	<i>1979</i>					
a) Szem	8,2	8,8	8,9	8,9	0,6	8,7
b) Szár	5,8	6,2	6,0	6,4	0,6	6,1
	<i>1980</i>					
a) Szem	9,5	10,2	10,4	10,2	0,4	10,0
b) Szár	5,1	5,8	6,3	6,0	0,5	5,8
	<i>1981</i>					
a) Szem	8,8	9,8	9,8	10,1	0,5	9,6
b) Szár	4,5	5,5	5,4	5,7	0,6	5,3
	<i>A. Átlag (1978–1981 között)</i>					
a) Szem	8,8	9,5	9,6	9,8	0,4	9,4
b) Szár	5,0	5,8	5,8	5,9	0,6	5,6

P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszen feltöltő trágyázás formájában

20 %-a bizonyult terméketlennek betakarítás idején. A további években ez a mutató átlagosan 1–4 % között ingadozott a trágyázástól függetlenül.

A szem- és szártermést a P-trágyázás minden évben igazolhatóan növelte (8. táblázat). A szemtermésben átlagosan 1 t/ha körüli többletek jelentkeztek, az

évente adott 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha adag felett a terméstöbbletek már nem bizonyíthatók. A 8. táblázat adatai arról is tanúskodnak, hogy e talajon előtrágyázás folytatható. Nem szükséges évente kijuttatni pl. a 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha fenntartó adagot, kiadható több évre, esetleg 4–5 évenként egyszeri P-trágyázást alkalmazva. Az 1000 kg/ha feltöltő trágyázás ugyanakkor kísérleti körülményeink között feleslegesnek és gazdaságtalannak bizonyult.

9. táblázat

A P-trágyázás hatása a kukorica légszáraz szemtermésére 1980-ban, t/ha  
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Zn-kezelések, kg Zn/ha	(2) P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				(3) SzD <sub>5%</sub>	(4) Átlag
	0	100	500	1000		
0	9,1	10,0	10,3	9,4	0,6	9,7
20	9,7	10,4	10,0	10,5		10,2
40	9,6	10,1	10,8	10,7		10,3
a) SzD <sub>5%</sub>	0,6				0,3	0,3
b) Átlag	9,5	10,2	10,4	10,2		10,0

*P-kezelések:* 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszi feltöltő trágyázás formájában

A Zn-trágyázás egyetlen évben, 1980-ban növelte bizonyíthatóan a kukorica szemtermését, éspedig az 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha feltöltő trágyázásban részesült parcellákon (9. táblázat). A szártermés a Zn-kezelések eredményeképpen igazolhatóan nem módosult. Megemlítjük, hogy a kísérleti telepünk némileg erodáltabb, közepes humuszvastagságú (50–60 cm) talaján beállított Egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletben évente rendszeresen 1–2 t/ha terméscsökkenést regisztrálunk kukoricánál P-túlsúlyos parcellákon a P-indukálta Zn-hiány miatt (CSATHÓ et al., 1989). A Zn-hiány okozta terméscsökkenés ZnSO<sub>4</sub> talajba juttatásával, vagy Zn-hexamin permetezéssel megszüntethető volt (CSATHÓ et al., 1994).

### Összefoglalás

Szabadszíri P–Zn műtrágyázási tartamkísérletünket 1978 őszi állítottuk be löszön képződött, mély humuszrétegű, vályog mechanikai összetételű karbonátos csernozjom talajon, Intézetünk nagyhörcsöki kísérleti telepén. A talaj szántott rétege 5 % CaCO<sub>3</sub>-ot, 3 % humuszt tartalmaz; Ca, Mg, Mn és Cu elemekkel kielégítően, N és K elemekkel közepesen, P és Zn elemekkel gyengén ellátott. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a termőhely aszályra hajló, vízmérlege negatív.

A 4P x 3Zn = 12 kezelést 3 ismétlésben, split-plot elrendezésben állítottuk be. A parcellák mérete 4,9x15=73,5 m<sup>2</sup>. Főparcellaként a 0, 100 kg/ha/év, 500 kg/ha/5 év, 1000 kg/ha/5 év P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-trágyázás, alparcellaként a 0, 20, 40 kg/ha/5 év Zn-trágyázás szolgált szuperfoszfát és ZnSO<sub>4</sub> formájában. Alaptrágyaként az egész kísérletben egységesen 200 kg/ha N- és 200 kg/ha K<sub>2</sub>O-műtrágyát alkalmaztunk NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> és KCl formájában. A termesztett kukoricahibrid az Mv-SC 580 volt. Az első 4 év eredményei alapján levonható főbb következtetések:

– Kísérleti körülményeink között, ezen a foszforral gyengén ellátott talajon, az évenként adott 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-trágyázás kielégítheti a kukorica P-igényét. Előretrágyázás formájában ez a mennyiségű foszfor 4–5 évre számolva egyszerre is kiadható. Az 1000 kg/ha feltöltő P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-trágyázás gazdaságtalan és Zn-hiányt indukálva termésnövekedéshez vezethet. Az AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalom optimumát a 100–150 mg/kg érték jelezheti a szántott rétegben.

– Az egyoldalú, 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha adaggal előidézett P-túlsúlyt és szemtermésnövekedést a 40 kg/ha Zn-trágyázással lehetett ellensúlyozni. A KCl+EDTA módszerrel meghatározott Zn-tartalom optimumát 2–3 mg/kg talajbani koncentráció mutatta.

– Irodalmi adatokkal összhangban a kukorica kiegyensúlyozott tápláltsági állapotát a 4–6 leveles légszáraz hajtásban mért 0,3–0,5 % P és 30–60 mg/kg Zn, míg a címerhányáskori levél optimális összetételét 0,25–0,40 % P és 25 mg/kg feletti Zn-koncentráció-tartomány jellemezheti. A P/Zn arányának ideális értéke a vegetatív növényi részekben 50–150 közöttire tehető. Amennyiben ez a P/Zn arány jelentősen 200 fölé emelkedik, a Zn-trágyázás hatékony lehet.

– A P-túlsúly növelte a meddő tövek előfordulását 1978-ban, amikor szemtelítődés idején (augusztusban) aszály uralkodott. Ebben az évben a termő tövek 13–20 %-a bizonyult terméketlennek.

**Kulcsszavak:** Foszfor, cink, kölcsönhatások, kukorica, monokultúra

### Irodalom

- BERGMANN, W., 1979. Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BINGHAM, F. T. & GARBER, M. J., 1960. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **24**. 209–213.
- CSATHÓ P., 1994. A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. Tematikus szakirodalmi szemle. MTA TAKI. Budapest.
- CSATHÓ P., KÁDÁR I. & SARKADI J., 1989. A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. Növénytermelés. **38**. 69–76.

- CSATHÓ, P., LÁSZTITY, B. & NAGY, L., 1994. Foliar Zn application for eliminating P-induced Zn-deficiency. In: 3<sup>rd</sup> ESA Congress. 466–467. Abano–Padova. Italy.
- EGNÉR, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. Kungl. Lantbrukshögsk. Ann., Uppsala. 199–215.
- ELEK É. & KÁDÁR I., 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest.
- GYÖRI, D. & MÁTZ, G., 1979. Changes in the zinc and tryptophane contents of maize grains as a response to increasing rates of phosphorus fertilization. Acta Agron. Hung. **28**. 158–167.
- HABER, A. J. & TOLBERT, N. E., 1959. Metabolism of C<sup>14</sup> bicarbonate, P<sup>32</sup> phosphate or S<sup>35</sup> sulphate by lettuce seed during germination. Plant Physiol. **34**. 376–377.
- KÁDÁR I., 1987. A kukorica ásványi táplálása. Növénytermelés. **36**. 60–61.
- KÁDÁR I., 1989. Túltrágyázzuk-e a napraforgót? Agrokémia és Talajtan. **38**. 441–447.
- KÁDÁR I. & LÁSZTITY B., 1979. A feltöltő foszfor és kálium műtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. Agrokémia és Talajtan. **28**. 123–143.
- KÁDÁR I. & PUSZTAI A., 1982. Az NPK túltrágyázás hatása a 6-leveles kukorica makro- és mikroelem tartalmára. Növénytermelés. **31**. 523–532.
- LÁNG G. 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- LESSMAN, G. M. & ELLIS, B. G., 1971. Response of Phaseolus vulgaris to zinc as influenced by phosphorus level and source. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **35**. 935–938.
- MARTIN, W. E., MCCLEAN, J. G. & QUICK, J., 1965. Effect of temperature on the occurrence of phosphorus-induced zinc deficiency. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **29**. 411–413.
- MÉM NAK, 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- OLSON, R. A., STUKENHOLTZ, D. D. & HOOKER, C. A., 1965. Phosphorus–zinc relations in corn and sorghum production. Better Crops with Plant Food. **49**. 19–24.
- PARIBOK, T. A. & SZOKOLOV, A. B., 1970. Vzaimodejstvije cinka i foszfora v mineral’nom pitanii rasztenij. Agrohimiya. **7**. (2) 153–167.
- SOMMER, A. L. & LIPMANN, C. B., 1926. Evidence on the indispensable nature of zinc and boron for higher green plants. Plant Physiol. **1**. 231–249.
- SZPRAVOCNIK, 1960. Szpravocnik po mineral’num udobrenijam. Goszud. Izd. sz/h Literaturü. Moszkva.
- THORNE, W., 1957. Zinc deficiency and its control. Advances in Agronomy. **9**. 31–65.
- VARJÚ M. & ZSOLDOS F., 1974. Növényi anyag előkészítése elemzésre zárt térben történő hidrolízissel. Agrokémia és Talajtan. **23**. 149–156.

*Érkezett: 2002. október 1.*

## P–Zn Interactions in a Maize Monoculture on Calcareous Chernozem

I. KÁDÁR and T. TURÁN

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

### Summary

A long-term field P–Zn fertilization experiment was set up in autumn 1978 on calcareous chernozem soil with a deep humus layer and loam texture, formed on loess, at the Nagyhörösök Experimental Station of RISSAC. The ploughed layer contained 5% CaCO<sub>3</sub> and 3% humus, and was satisfactorily supplied with Ca, Mg, Mn and Cu, moderately well with N and K, and poorly with P and Zn. The groundwater depth was 13–15 m and the area was prone to drought, with a negative water balance.

The experiment was set up with  $4P \times 3Zn = 12$  treatments in 3 replications, using a split-plot design. The plot size was  $4.9 \times 15 = 73.5$  m<sup>2</sup>. 0, 100 kg/ha/year, 500 kg/ha/5 years, 1000 kg/ha/5 years P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fertilization were applied to the main plots, while subplots were given 0, 20, 40 kg/ha/5 years Zn fertilization in the form of superphosphate and ZnSO<sub>4</sub>. The whole experiment received 200 kg/ha N and 200 kg/ha K<sub>2</sub>O fertilizer as basic fertilization in the form of NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> and KCl. The maize hybrid grown was Mv SC 580. The following conclusions can be drawn from the results of the first 4 years:

– Under the given experimental conditions, where the soil was poorly supplied with P, the 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fertilization applied was sufficient to satisfy the P requirements of maize. This quantity of P could also be given in a single dose in advance for 4–5 years. Replenishment with 1000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> was uneconomical and led to yield losses due to the induced Zn deficiency. The optimum ammonium-lactate (AL)-soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content was indicated by a value of 100–150 mg/kg in the ploughed layer.

– The overdominance of P and the grain yield losses caused by 1000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> could be counterbalanced by 40 kg/ha Zn fertilization. The optimum Zn content determined using the KCl+EDTA method was indicated by a concentration of 2–3 mg/kg in the soil.

– In agreement with doses recommended in the literature, balanced maize nutrient status was indicated by 0.3–0.5% P and 30–60 mg/kg Zn in the air-dry shoot in the 4–6-leaf stage, while the optimum composition in the leaf at tasselling was 0.25–0.40% P and >25 mg/kg Zn concentration. The ideal value of the P/Zn ratio in the vegetative plant organs was estimated as 50–150. If this P/Zn ratio rises much over 200, the need for Zn fertilization is indicated.

– P excess increased the incidence of barren plants in 1978, when there was a drought during grain filling in August. In this year 13–20% of the plants were barren.

*Table 1.* Operations carried out in the experiment, using the year 1978–1979 as an example (calcareous chernozem, Nagyhörösök). (1) Type of operation. (2) Time (year, month, day). (3) Remarks.

*Table 2.* Rainfall sums for months, quarters, vegetation period (Apr.–Sept.), rest of year (Oct.–Mar.) and complete year, mm (Nagyhörösök, 1978–1981). (1) Period. a) Total; b) annual total. (2) 4-year mean. (3) 50-year mean data (Sárbogárd).

*Table 3.* Effect of P and Zn fertilization levels on the AL-soluble  $P_2O_5$  and KCl+EDTA-soluble Zn contents of the ploughed layer (calcareous chernozem, Nagyhöröcsök). (1) Years. (2) P treatments, kg  $P_2O_5$ /ha. (3)  $LSD_{5\%}$ . (4) Mean. (5) Zn treatments, kg/ha. *Remarks:* \* P treatments: 100 kg/ha dose annually; 500 or 1000 kg  $P_2O_5$ /ha in autumn 1977 as replenishment fertilization.

*Table 4.* Effect of P fertilization on the P% of the 4–6-leaf shoot, the leaf at tasselling, and the stalk and grain at harvest (calcareous chernozem, Nagyhöröcsök). (1) Plant organ. a) shoot; b) stalk; c) grain. (2) P treatments, kg  $P_2O_5$ /ha. (3)–(4): see Table 2. \* P treatments: 100 kg/ha dose annually; 500 or 1000 kg  $P_2O_5$ /ha in autumn 1977 as replenishment fertilization. *Note:* Data averaged over Zn treatments.

*Table 5.* Effect of P×Zn fertilization on the Zn content of air-dry maize, mg/kg (calcareous chernozem, Nagyhöröcsök). (1) Zn treatments, kg Zn/ha. a)  $LSD_{5\%}$ , b) Mean. (2) P treatments, kg  $P_2O_5$ /ha. (3)–(4): see Table 2. A. 1979 (4–6-leaf shoot). B. 1980 (leaf under the ear at tasselling). C. 1981 (stalk at harvest). D. 1981 (grain at harvest). \* P treatments: 100 kg/ha dose annually; 500 or 1000 kg  $P_2O_5$ /ha in autumn 1977 as replenishment fertilization.

*Table 6.* Effect of P×Zn fertilization on the P/Zn ratio of air-dry maize (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1)–(4) and A–D: see Table 5.

*Table 7.* Effect of P fertilization on the incidence of barren plants as a % of the total plant number (calcareous chernozem, Nagyhöröcsök). (1) Years. a) Mean. (2)–(4): see Table 5.

*Table 8.* Effect of P fertilization on the yield of air-dry maize at harvest (calcareous chernozem, Nagyhöröcsök). (1) Yield. a) grain; b) stalk. (2)–(4): see Table 5. A. Mean (from 1978 to 1981), t/ha.

*Table 9.* Effect of P×Zn fertilization on the grain yield of air-dry maize in 1980, t/ha. (calcareous chernozem, Nagyhöröcsök). (1)–(4): see Table 5.