

A foszfor- és cinktrágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon

M. H. SHALABY és KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Az utóbbi évtizedek kutatásai nyomán tisztázódott számos mikroelem szerepe és fontossága a növények fejlődésében. Kevés hazai tapasztalattal rendelkezünk azonban arra vonatkozóan, hogy a földművelésünk tápanyag-gazdálkodásának alapjául szolgáló N-, P- és K-műtrágyázás milyen mértékben módosíthatja egyéb fontos mikrotápelemek felvételét a talajból. Az irodalomból ismeretes, hogy a foszfor—cink antagonizmus elsősorban a Zn-igényes kukorica esetében, a nitrogén és réz közötti kölcsönhatások a Cu-igényes kalászosoknál, a kálium és bór közötti esetleges antagonizmus jelensége a B-igényes takarmánynövényeinknél és a napraforgónál járhat együtt a fő makrotápelemek hatékonyságának csökkenésével, esetleges termésdepresszióval.

Ma már egyre több adat utal arra, hogy a jelenkori intenzív műtrágyázás komolyan veszélyeztetheti is a talaj termékenységét. Így pl. a gyengén pufferolt talajon az elsavanyodás következtében egyes mikroelemek mennyisége (Fe, Mn stb.) olyan mértékben megnőhet, hogy nagyüzemi viszonyok között végzett vizsgálataink szerint ez a kukoricánövény pusztulásához is vezethet [1]. Meszes talajokon, ahol a könnyen oldható mikroelemek nagy része egyébként is nehezebben felvehető, mikroelemhiányokat indukálhat, és terméscsökkenést okozhat [3]. Ugyanakkor az esszenciális mikroelemek egy része is talajszennyezővé válhat, időszerű tehát talajaink terhelhetőségének vizsgálata, a túladagolás, a termésgörbék lehajló ágának elemzése.

Tekintettel arra, hogy:

- foszformérlegünk a 70-es évek közepétől országosan is erősen pozitívvá vált [2, 6],
- az átlagosnál több műtrágyát felhasználó élenjáró nagyüzemeinkben egyes táblák P-ellátottsága esetenként már nem kívánatos ütemben emelkedik [4],
- mezőgazdaságilag művelt területünk jelentős hányadán még ma is többé-kevésbé meszes talajokat találunk alacsony felvehető Zn-tartalommal (eddiggi megfigyelések szerint laza szerkezetű, savanyú erdőtalajaink Zn-készlete, ill. Zn-ellátottsága is meglehetősen mérsékelt),
- kukorica az egyik legnagyobb vetésterülettel rendelkező Zn-igényes növényünk, fontosnak tartottuk a P és a Zn közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálatát megkezdeni meszes csernozjom és homoktalajokkal. Jelen közleményünkben az Intézetünk Órbottyán melletti kísérleti telepének szántott rétegéből származó, meszes homoktalajjal beállított tenyészedény-kísérletek néhány eredményét ismertetjük. A talaj- és növényvizsgálatok adatait egységesen elembe kifejezve közöljük.

Anyag és módszer

Tenyészedény-kísérletünket 1981-ben állítottuk be split-plot elrendezésben, MV—Sc 580 fajtájú kukoricával. A kukoricát 4—6 leveles korig, kb. 25—35 cm magasságig neveltük, majd meghatároztuk a növényminták súlyát és ásványi tápelemtartalmát 10 elemre. Edényenként 1,8 kg talajban 5—5 növényt hagyunk meg. A növénykísérletet megismételtük. A műtrágyák talajba keverését követően a vetés előtt, valamint az első és a második növedék betakarítása után átlagmintákat vettünk az edények talajaiból. A talajmintákban meghatároztuk az AL-oldható P- és Zn-, valamint az ammónium-acetát + EDTA oldható Fe-, Mn-, Zn-, Cu-tartalmakat [5].

A talajvizsgálati eredmények (MÉM NAK) szerint a kiindulási talajban a pH_{KCl} : 7,1; Mg_{KCl} : 70—80 ppm; Mn_{EDTA} : 80 ppm; Zn_{EDTA} : 2—2,8 ppm; Cu_{EDTA} : 2—2,6 ppm; humusz: 0,7%; CaCO_3 : 8,8%; agyagfrakció 10—15%; AL-P: 38 ppm; AL-K: 50 ppm. A hazai szaktanácsadásban elfogadott vizsgálati módszerek és előzetes határértékek alapján a kísérleti talaj tehát gyengén humuszos, közepesen meszes, jó Mg- és Mn-, kielégítő Zn- és Cu-, valamint gyenge P- és K-ellátottságú.

Kísérletünkben 4 ismétlésben főparcellánként 4 P-ellátottsági szintet alakítottunk ki (gyenge, közepes, jó és igen jó) 0, 100, 200 és 300 mg P/kg talaj kezelésekkkel. Minden P-ellátottsági szinten 0, 10, 20, 30 mg Zn/kg talaj adagokkal Zn-trágyázást végeztünk. A kezelések száma tehát 16, az összes edények száma 64 volt. Az egész kísérletben egységesen alaptrágyaként 300 mg N-t és 500 mg K-ot adtunk 1 kg talajra. A P-, Zn- és K-trágyákat, valamint a N felét a kísérlet beállításakor kevertük a talajba, míg a N másik felét a kelést követő 2. hét után fejtrágyaként juttattuk ki. A tápanyagokat NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 és $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ formájában alkalmaztuk. Az első vetés májusban történt, a tenyészidő a betakarításkori 4—6 leveles stádiumig 47 napot tett ki. A második növedék (nyári vetés, utóhatáskísérlet) ugyanezen fejlődési stádiumot 37 nap alatt érte el. A második termésben a hajtáson túlmenően a gyökerek súlyát és tápelemtartalmát is megbecsültük.

A kísérleti eredmények megvitatása

A műtrágyázás hatását a talaj könnyen oldható P- és Zn-tartalmára az 1. táblázatban tanulmányozhatjuk. Az adatokból megállapítható, hogy a talajba juttatott P és Zn mennyiségének átlagosan mintegy 60—70%-a mutatható ki AL oldható formában. Az EDTA oldható Zn mennyisége, különösen a Zn-trágyázásban nem részesült talajon kis mértékben meghaladja az AL-Zn értékeket. A vetés előtti tápanyagtartalom minden esetben felülmúlja a későbbi mintavétel értékeit, úgy tűnik tehát, hogy a műtrágyák talajbani átalakulása (kémiai megkötődése) gyorsabban végbemehet a tenyészedény-kísérlet kedvezőbb hő- és nedvességviszonyai között, mint szabadföldön. Az első és a második növedék betakarítását követő talajmintavétel adatai már közelállóak.

A 2. táblázatban közölt növényi szárazanyaghozamok adataiból látható, hogy a 4—6 leveles kukorica termését a P-trágyázás növelte: az első növedék hozamait közel megháromszorozta, míg a második növedék gyökerének mennyiségét több mint 4—5-szörösére, a föld feletti rész hozamát csaknem 6-szorosára emelte. A Zn-trágyázás

1. táblázat

Műtrágyázás hatása a talaj könnyen oldható P- és Zn-tartalmára

Kezelések	Mintavétel ideje						Átlag	
	vetés előtt		I. termés után		II. termés után			
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
AL-P (Zn-kezelések átlagában)								
P ₀	38	100	37	100	39	100	38	100
P ₁₀₀	109	287	92	249	98	251	100	263
P ₂₀₀	181	476	151	408	153	392	162	426
P ₃₀₀	247	650	224	605	226	579	232	610
SzD _{5%}	11	29	6	16	8	20	8	22
Átlag	144		126		129		133	
%	100		88		90			
AL-Zn (P-kezelések átlagában)								
Zn ₀	1,6	100	0,5	100	0,6	100	0,9	100
Zn ₁₀	10,1	631	6,1	1220	6,1	1016	7,4	822
Zn ₂₀	18,1	1131	11,7	2340	11,5	1917	13,8	1533
Zn ₃₀	25,7	1606	17,5	3500	16,6	2767	19,9	2111
SzD _{5%}	1,2	75	0,5	100	0,3	50	0,7	78
Átlag	13,9		9,0		8,7		10,5	
%	100		65		63			
EDTA-Zn (P-kezelések átlagában)								
Zn ₀	2,7	100	2,1	100	2,1	100	2,3	100
Zn ₁₀	10,8	400	8,7	414	8,6	410	9,4	409
Zn ₂₀	18,2	674	15,5	738	15,7	748	16,5	717
Zn ₃₀	23,2	859	20,7	986	20,5	976	21,5	935
SzD _{5%}	0,6	22	0,2	10	0,3	14	0,4	17
Átlag	13,7		11,7		11,7		12,4	
%	100		85		85			

lényegében hatástalan maradt, sőt tendencia jelleggel bizonyos terméscsökkenésre következtethetünk a növekvő Zn-adagok hatására a P-szegény talajokon. Meg kell jegyeznünk, hogy a második növedék állománya igen erősen gombafertőzötté vált, a tartós 30 °C fölötti hőmérséklettől a növények szemmel láthatóan szenvedtek, a fejlődés gátolt volt. Mindez annak ellenére bekövetkezett, hogy az igen meleg és napsütéses napokon az edényeket a reggeli és — szükség szerint — az esti órákban is öntöztük, valamint a déli órák tűző napsugarai ellen védekezve rendszeresen árnyékos helyre, tető alá helyeztük.

A növényállomány mérgezési tüneteket mutatott, véleményünk szerint ez utóbbi volt az az alapvető ok, ami a fejlődés gátlásához, elszáradáshoz és a növények részleges kipusztulásához, lecsökkent betegségellenállóságához vezetett. Alaposan feltételezhető, hogy e mérgezés a N-forgalom zavaraira vezethető vissza. A 300 mg N/kg talaj adagoknak ugyanis csak egy kis részét vették fel a növények az első növedékkel. A P-szegény edényekben pl. mindössze 1/5-e hasznosult. A P- és Zn-trágyázás kölcsönhatá-

2. táblázat
Műtrágyázás hatása a 4—6 leveles kukorica szárazanyaghozamára
(g/edény)

Kezelés	P ₀	P ₁₀₀	P ₂₀₀	P ₃₀₀	SzD _{5%}	Átlag	%
Első növedék							
Zn ₀	4,4	9,1	9,6	11,9		8,7	100
Zn ₁₀	4,3	8,6	11,5	10,2	1,4	8,6	99
Zn ₂₀	3,8	8,3	11,6	10,9		8,7	99
Zn ₃₀	3,8	8,4	10,1	11,4		8,3	95
SzD _{5%}			1,4			0,7	
Átlag	4,0	8,6	10,7	11,1	0,7	8,6	
%	100	217	270	280	17		
Második növedék							
Zn ₀	0,6	1,3	1,3	2,6		1,5	100
Zn ₁₀	0,5	1,0	2,2	3,3	1,1	1,8	120
Zn ₂₀	0,6	1,1	2,3	2,4		1,6	107
Zn ₃₀	0,4	1,1	2,6	3,1		1,8	120
SzD _{5%}			1,1			0,6	
Átlag	0,5	1,1	2,1	2,9	0,6	1,7	
%	100	220	420	580	120		
Második növedék gyökere							
Zn ₀	0,6	1,1	0,8	1,7		1,1	100
Zn ₁₀	0,4	1,1	1,2	2,2	0,7	1,2	109
Zn ₂₀	0,5	0,6	1,5	1,6		1,1	100
Zn ₃₀	0,2	0,7	1,5	1,5		1,0	91
SzD _{5%}			0,7			0,4	
Átlag	0,4	0,9	1,3	1,8	0,4	1,1	
%	100	225	325	450	100		

sait az I. termés példáján tehát „normális” növényállomány, míg a második termésben (utóhatás növedéke) a beteg, mérgezett és másodlagosan erősen gombával fertőzött növényállomány viszonyai között tanulmányozhatjuk. Ebből adódóan a hatásmechanizmusok feltárásához, az adatok értelmezéséhez eltérő szemlélet és megközelítés szükséges. A továbbiakban jelen munkánkban az egészséges első növedék föld feletti részének elemzését végezzük el.

A 3. táblázatban a 4—6 leveles kukorica makroelem-tartalmának alakulását szemléltetjük. Az adatokból látható, hogy a P-ellátás javulásával csökkent a K- és Ca-, nem változott a Mg-, mérsékelten nőtt a N- és erősen a P-tartalom. A Zn-trágyázás a makroelemek felvételét lényegesen nem befolyásolta, bár a N és a P koncentrációjának növekedése a Zn hatására bizonyítható.

A Na-, valamint a mikroelemek közül a Fe-, Mn- és a legkifejezettebben a Zn-tartalom csökkenése a magasabb P-szinteken igazolható. A Zn-ellátás hatása a mikroelemek felvételére kifejezettebb volt, mint a makrotápanyagokéra. Statisztikai-

3. táblázat
Műtrágyázás hatása a 4—6 leveles kukorica föld feletti részének
makroelem-tartalmára (MV-Sc 580 fajta, első növedék)

Zn-szintek	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag	%
N %							
Zn ₀	2,84	2,97	3,16	3,15		3,03	100
Zn ₁₀	2,82	2,76	3,14	3,27	0,30	3,00	99
Zn ₂₀	2,99	3,01	3,24	3,25		3,12	103
Zn ₃₀	3,07	3,14	3,34	3,29		3,21	106
Átlag	2,93	2,98	3,22	3,25	0,15	3,10	
%	100	102	110	111	5	106	
K %							
Zn ₀	5,11	4,47	4,21	4,05		4,46	100
Zn ₁₀	5,07	3,76	3,95	4,01	0,57	4,20	94
Zn ₂₀	5,22	4,42	4,16	3,93		4,43	99
Zn ₃₀	5,22	4,12	3,99	3,97		4,33	97
Átlag	5,15	4,20	4,08	3,99	0,29	4,36	
%	100	82	79	77	6	85	
P %							
Zn ₀	0,10	0,18	0,24	0,31		0,20	100
Zn ₁₀	0,10	0,12	0,25	0,34	0,04	0,20	99
Zn ₂₀	0,11	0,19	0,28	0,34		0,23	112
Zn ₃₀	0,11	0,19	0,29	0,34		0,23	113
Átlag	0,11	0,17	0,26	0,33	0,02	0,22	
%	100	154	236	300	18	200	
Ca %							
Zn ₀	1,53	1,46	1,39	1,22		1,40	100
Zn ₁₀	1,39	1,37	1,18	1,16	0,25	1,27	91
Zn ₂₀	1,59	1,31	1,18	1,20		1,32	94
Zn ₃₀	2,03	1,54	1,24	1,20		1,50	107
Átlag	1,63	1,42	1,24	1,20	0,13	1,37	
%	100	87	76	74	8	84	
Mg %							
Zn ₀	0,23	0,23	0,24	0,26		0,24	100
Zn ₁₀	0,24	0,20	0,24	0,28	0,08	0,24	100
Zn ₂₀	0,25	0,23	0,25	0,24		0,24	100
Zn ₃₀	0,27	0,23	0,23	0,23		0,24	100
Átlag	0,25	0,22	0,24	0,25	0,04	0,24	
%	100	88	96	100	16	96	

* Az SzD_{5%} értékei a sorokra és oszlopokra azonosak

4. táblázat
Műtrágyázás hatása a 4—6 leveles kukorica föld feletti részének
Na- és mikroelem-tartalmára (MV-Sc 580 fajta, első növedék)

Zn-szintek	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%} *	Átlag	%
	Na, %						
Zn ₀	0,21	0,19	0,19	0,18		0,19	100
Zn ₁₀	0,20	0,16	0,16	0,16	0,03	0,17	90
Zn ₂₀	0,23	0,19	0,17	0,17		0,19	98
Zn ₃₀	0,28	0,22	0,18	0,18		0,21	112
Átlag	0,23	0,19	0,18	0,17	0,02	0,19	
%	100	83	78	74	9	83	
	Fe, ppm						
Zn ₀	249	265	195	178		222	100
Zn ₁₀	204	183	326	249	123	240	109
Zn ₂₀	278	280	179	283		255	115
Zn ₃₀	358	260	202	301		280	126
Átlag	272	247	225	253	61	249	
%	100	91	83	93	22	92	
	Mn, ppm						
Zn ₀	61	57	48	54		55	100
Zn ₁₀	67	46	51	53	7	54	98
Zn ₂₀	65	57	53	56		58	105
Zn ₃₀	73	50	53	60		59	108
Átlag	67	52	51	56	4	56	
%	100	78	76	84	6	84	
	Zn, ppm						
Zn ₀	50	34	34	33		38	100
Zn ₁₀	87	87	66	58	14	75	198
Zn ₂₀	110	94	78	76		90	238
Zn ₃₀	121	101	93	89		101	269
Átlag	92	79	68	64	7	76	
%	100	86	74	70	8	83	
	Cu, ppm						
Zn ₀	5,3	3,8	4,8	5,3		4,8	100
Zn ₁₀	5,4	5,7	5,1	5,9	1,3	5,5	115
Zn ₂₀	5,5	4,6	5,0	6,5		5,4	112
Zn ₃₀	6,0	5,0	5,0	6,0		5,5	115
Átlag	5,6	4,7	5,0	5,9	0,7	5,3	
%	100	84	89	105	12	95	

* Az SzD_{5%} értékei a sorokra és oszlopokra azonosak

lag igazolhatóan nőtt a Fe, Mn, Cu koncentrációja a növényben a Zn-trágyázás hatására. A P × Zn kölcsönhatás eredményeképpen a Zn-tartalom közel 3-szoros változást szenvedett. A P-kontroll talajon termelt növények Zn-tartalma Zn-trágyázás nélkül 51%-kal, míg a legnagyobb adagú Zn-kezelés esetén 36%-kal haladta meg a P-ral igen jól ellátottakét. A túlzott P-ellátás tehát gátolja a Zn felvételét, Zn-trágyázással azonban a P-ral igen jól ellátott talajon is biztosítható a növények Zn-táplálása (4. táblázat).

Összefoglalás

A kísérleti adatok alapján megállapítható, hogy a talajba juttatott P és Zn mennyiségének mintegy 60—70%-a mutatható ki AL-oldható formában. Az EDTA oldható és az AL-módszerrel meghatározott Zn-tartalom lényegesen nem tért el egymástól.

A 4—6 leveles kukorica szárazanyaghozamát csak a P-trágyázás növelte, a Zn-trágyázás hatástalan maradt. A P-ellátás javulásával csökkent a kukorica K-, Ca-, Na-, Fe-, Mn- és kifejezettebben a Zn-tartalma; nem változott a Mg koncentrációja, míg a N- és P-tartalom emelkedett. A Zn-trágyázás lényegében ezzel ellentétes hatást gyakorolt a legtöbb vizsgált elem felvételére.

A talajok Zn-ellátottsága és a növény tápláltsági állapota ZnSO₄-trágyázással tartósan megjavítható, a növények Zn-tartalma mintegy megháromszorozódott a nagyobb Zn-adagok hatására. A MÉM NAK, ill. a hazai szaktanácsadás által javasolt 3—10 kg Zn/ha adagok, egyszeri alkalmazás esetén, mérsékeltnek tűnnek. A Zn-trágyaadagok megállapításánál indokolt a talaj P-ellátottságának figyelembe vétele. További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy a Zn-trágyázás szükségességét szabaddéli viszonyok között is igazoljuk és adagját pontosítsuk.

Irodalom

- [1] ELEK É. & KÁDÁR I.: Talajtermékenység kontrollja növény- és talajvizsgálatokkal. Magyar Mezőgazdaság. 30. (51) 9. 1975.
- [2] KÁDÁR I.: Földművelésünk nitrogén-, foszfor- és káliummérlege. Agrokémia és Talajtan. 28. 527—545. 1979.
- [3] KÁDÁR I. & ELEK É.: Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem-felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 71—81. NEVIKI. Veszprém. 1977.
- [4] KÁDÁR I., LÁSZTITY B. & SIMON L.: Az üzemi talaj- és növényvizsgálati eredmények értelmezése és felhasználása mezőföldi csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 30. 65—78. 1981.
- [5] LAKANEN, E. & ERVIO, R.: A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agr. Fenn. 123. 223—232. 1971.
- [6] SARKADI J.: Az intenzív tápanyagellátás hatása a talaj termékenységére. In: Az intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységére. Ankét. 5—35. MTA TAKI. Budapest. 1979.