

## A nitrogén és a réz közötti kölcsönhatás vizsgálata szabadföldi kukorica kísérletben

KÁDÁR Imre és CSATHÓ Péter

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

### Bevezetés

A nitrogén és a réz elemek közötti kölcsönhatásokat KÁDÁR és SHALABY (1984, 1985) vizsgálta tenyészedény-kísérletekben meszes homok és vályog talajokon, árpa és köles jelzőnövényvel. A  $\text{CuSO}_4$  formában adott Cu-terhelést mindkét talaj KCl+EDTA oldható Cu-tartalma jól tükrözte. A növényi hozamokat a Cu-trágyázás nem befolyásolta. A mintegy  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Cu-adaggal a tavaszi árpa gyökereinek Cu-tartalma vályogtalajon  $10\text{--}15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , homoktalajon pedig  $30\text{--}40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  értékkel nőtt meg. A földfeletti hajtás Cu-koncentrációja ugyanakkor nem módosult érdemben, a Cu növényen belüli transzportja gátolt volt. A N-bőség bizonyos határig igazolhatóan növelte a Cu beépülését a gyökerekbe.

A továbbiakban rátérünk a  $\text{NxCu}$  közötti kölcsönhatásokat vizsgáló szabadföldi tartamkísérletünk bemutatására. A kísérlet 1988–2002 között folyt az MTA TAKI Nagyhorcsöki Kísérleti Telepén, vályog fizikai féleségű mészlepedékes csernozjom talajon. A növényváltás tavaszi árpa, búza, őszi árpa, kukorica, tritikále, burgonya, zab, rozs, négy éven át lucerna, repce, mák és napraforgó növényfajokat foglalta magába. A növények termésének meghatározásán túl rendszeresen mértük a növényi szervek és a kísérleti parcellák talajának elemösszetételét is.

Ismeretes, hogy a talaj tápelemkínálatának, illetve a növény tápláltsági állapotának megítélésére a kalászosok esetében a bokrosodáskori fiatal hajtás összetétele a leginkább alkalmas. Ekkor az elemtartalom nagy és széles tartományban változhat. Ezt követően a gyors szárazanyag-felhalmozás miatt gyors hígulás lép fel. LÁSZTITY (1985) pl. azt tapasztalta, hogy a tavaszi árpa bokrosodáskori elemtartalmát 100-nak véve a virágzásig a N 33, a P 44, a K 25, a Ca 48 és a Mg 55 %-ra esett vissza.

Jelen munkánkban a N- és a Cu-kezelések hatását taglaljuk a kukorica fejlődésére, termésére, a növényi részek makro- és mikroelem tartalmára, valamint a fő- és mellékterméssel kivont elemek mennyiségére.

---

*Postai cím:* KÁDÁR IMRE, MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15., *Email:* [kadar@rissac.hu](mailto:kadar@rissac.hu)

A szakirodalmi áttekintést, a termőhely talajviszonyait, valamint a kísérlet körülményeit előző közleményünkben ismertettük (KÁDÁR & CSATHÓ, 2014).

A kukorica műtrágyázásával foglalkozó nagyszámú egyedi közlést nem tárgyaljuk. A hazai szerzők a kukoricát a nitrogénre és káliumra igényes, a foszforra kevésbé igényes természetű növényünknek írják le (DEBRECZENI & DEBRECZENI, 1994; GYÖRFFY & BERZSENYI, 1994; NAGY, 2006; DEBRECZENI & NÉMETH, 2009). Az 1960–2000 évek között publikált 65 kukorica N-trágyázási tartamkísérlet adatbázisában talált összefüggéseket és a kukorica N-hatásokat befolyásoló tényezőit a közelmúltban CSATHÓ (2003) foglalta össze.

### Anyag és módszer

A NxCu kölcsönhatásokat vizsgáló kéttényezős kísérletet 1988 tavaszán állítottuk be az MTA TAKI Nagyhorcsöki Kísérleti Telepén. A kísérlet talaja löszön képződött meszes csernozjom, mely a kísérlet beállítása előtt 1988. március elején végzett talajvizsgálataink szerint mintegy 5% CaCO<sub>3</sub>-ot és 3% humuszt tartalmazott a szántott rétegben.

A pH(KCl) 7,3; az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 128 mg·kg<sup>-1</sup>, az AL-K<sub>2</sub>O 243 mg·kg<sup>-1</sup>, a KCl-Mg 150–180 mg·kg<sup>-1</sup>, az EDTA-Mn 127 mg·kg<sup>-1</sup>, az EDTA-Cu 2–3 mg·kg<sup>-1</sup> és az EDTA-Zn 1–2 mg·kg<sup>-1</sup> értékekkel jellemezhetők. A KCl-oldható NH<sub>4</sub>-N és a NO<sub>3</sub>-N tartalom a feltalajban 9, illetve 12 mg·kg<sup>-1</sup>. A MÉM NAK (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj jó Ca-, Mg-, K-, Mn-, kielégítő Cu-, közepes N-, 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 (KÁDÁR & CSATHÓ, 2014).

A kísérlet osztott parcellás (split-plot) elrendezésű 4N×3Cu = 12 kezeléssel és három ismétléssel, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete 4,9×15 = 73,5 m<sup>2</sup> volt. A vizsgált tényezők az alábbiak:

1. tényező (főparcellák):

N<sub>0</sub> = kontroll

N<sub>1</sub> = 100 kg·ha<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup> N

N<sub>2</sub> = 200 kg·ha<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup> N

N<sub>3</sub> = 300 kg·ha<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup> N

2. tényező (alparcellák):

Cu<sub>0</sub> = kontroll

Cu<sub>1</sub> = 50 kg·ha<sup>-1</sup> Cu 1988 tavaszán

Cu<sub>2</sub> = 100 kg·ha<sup>-1</sup> Cu 1988 tavaszán

Az alaptrágyázás évente 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup> és 100 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> adagot jelentett szuperfoszfát és kálisó formájában. A N-t 25%-os pétisó (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>+CaCO<sub>3</sub>), a Cu-trágyát 25,5%-os CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O formában alkalmaztuk. A PK műtrágyákat és a N felét 1987 őszén az elővetemény lucerna törésére szórtuk ki, majd leszántottuk, míg a N másik felét és a CuSO<sub>4</sub> trágyát 1988 tavaszán kevertük a talajba vetés előtt.

A Pioneer 3732 hibridet április végén vetettük el 5–7 cm mélyre, 70×25 cm sor x tőtávra, 20 kg·ha<sup>-1</sup> vetőmaggal.

A 4–6 leveles korban 20-20 gyökeres növényt, virágzás elején 20-20 db csőalatti levelet, majd betakarítás előtt 20-20 db csöves mintakévet szedtünk parcellánként. Ekkor határoztuk meg az összes termő és meddő tövek számát is, szintén parcellánként. Mértük a minták friss és légszáraz tömegét, majd az analízisre előkészítettük. Az 1000-szem számlálás 4x50 szem mérésén alapult kezelésenként. A betakarítás október 17-én történt parcellakombájnnal. A szár- és a csutkatermés tömegét, illetve a morzsolási arányt a mintakévek feldolgozása nyomán számoltuk.

A növényállományt parcellánként 1–5 skálán bonitáltuk 4–6 leveles fejlettségénél, virágzás és betakarítás idején. A betakarítást követően talajmintákat vettünk a szántott rétegből, parcellánként 20-20 lefűrészből képezve átlagmintákat. A növényeket makro- és mikroelemekre vizsgáltuk. A talajmintákban meghatároztuk a KCl+EDTA oldható Cu-tartalmat, valamint a KCl-kicserélhető NH<sub>4</sub>-N és NO<sub>3</sub>-N tartalmat a MÉM NAK (1978) által ismertetett eljárásokkal.

A főbb agrotechnikai műveletekről és a módszertani/mintavételi eljárásokról az 1. táblázat nyújt áttekintést.

*1. táblázat*  
Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kukoricakísérletben 1991-ben  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

(1) Műveletek megnevezése	(2) Időpont	(3) Egyéb megjegyzések
Őszi műtrágyázás (N, P, K)	1990.09.09.	Parcellánként kézzel
Egyirányú szántás	1990.09.09.	MTZ-50+Lajta eke
Fogasolás	1991.03.27.	MTZ-50+fogas
Tavaszi N-műtrágyázás	1991.04.15.	Parcellánként kézzel
Kombinátorozás	1991.04.15.	MTZ-50+kombinátor
Vetés (Hibrid: Pi 3732)	1991.04.30.	MTZ-50+SPC-6 vetőgép
Sorközművelés, tőszámbeállítás	1991.05.20.	Parcellánként kézzel
Növénymintavétel (4–6 leveles)	1991.07.02.	Parcellánként 20 gyökeres növény
Bonitálás állományra	1991.07.02.	Parcellánként 1–5 skálán
Bonitálás címerhányáskor	1991.08.04.	Parcellánként 1–5 skálán
Levélmintavétel	1991.08.06.	Parcellánként 20 db csőalatti levél
Bonitálás aratás előtt	1991.10.17.	Parcellánként 1–5 skálán
Mintakéve szedése	1991.10.17.	Parcellánként 20 tő csövesen
Betakarítás	1991.10.17.	Parcellánként 13x2,8 = 36,4 m <sup>2</sup>
Ezerszem számlálása	1991.11.19.	Parcellánként 4x500 szem
Mintakévek feldolgozása	1991.11.25.	Parcellánkénti cséplés, mérések
Minták szárítása, őrlése	1991.12.10.	Parcellánkénti előkészítés

*Megjegyzés:* Vetés 5–7 cm mélyre, 70x25 cm sor x tőtávra 20 kg·ha<sup>-1</sup> vetőmagnormával

### Kísérleti eredmények

A N-trágyázás 4–6 leveles korban és címerhányás/virágzás elején egyaránt mérsékelte az állomány fejlettségét, magasságát.

Betakarításkor ez a negatív hatás nem volt igazolható a bonitálás eredményeiben. Megállapítottuk azonban, hogy a N-túlsúly, azaz az agronómiailag indokoltat jelentősen meghaladó N-adagok csökkentették az összes és ezen belül a termő tövek számát.

A szemszám/termő tő 400 db, a szemtömeg/cső 110 g, az 1000-szem tömege 278 g, illetve a morzsolási arány 88% volt átlagosan. A négyzetméterenkénti szemszám 2 700, azaz mintegy 27 millió szem képződött hektáronként (2. táblázat).

#### 2. táblázat

N-kezelések hatása a kukorica fejlődésére és az aratáskori tőszám alakulására 1991-ben (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

(1) N-adagok	(2) Bonitálás (1 = gyengén, 5 = jól fejlett)			(3) Tőszámlálás aratáskor		
	kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	07.02.	08.04.	10.17.	(4) Termő	(5) Meddő
				1000 db·ha <sup>-1</sup>		
0	3,0	3,9	4,1	71	9	80
100	2,3	3,1	4,3	66	11	77
200	2,7	3,4	4,4	69	9	78
300	2,4	3,2	4,1	65	10	75
Átlag	2,6	3,4	4,3	68	10	77
SzD <sub>5%</sub>	0,5	0,5	0,4	4	3	5

*Megjegyzés:* Szemszám/termő tő átlagosan 399 db, szemtömeg/cső 111 g, szemszám db·m<sup>-2</sup> 2700 db, 1000-szemtömeg 278 g, morzsolási arány 88%, effektivitás 67%, kezelésektől függetlenül

A NxCu kezelések hatását a légszáraz kukoricára a 3. táblázatban foglaltuk össze. A fiatal hajtás, a betakarításkori szár- és szemtömegét a N-túlsúly mérsékelte, míg a Cu-trágyázás esetenként növelte. A pozitív Cu-hatások alapvetően a N-kontrollkezelésekben figyelhetők meg, tehát a N-túltrágyázás okozta depressziót a Cu-adagok érdemben nem ellensúlyozták.

Megemlítjük, hogy a légszáraz 4–6 leveles gyökér tömegét a N-túlsúly a N-kontrollon mért 24 g/20 db értékről igazolhatóan 19 g/20 db-ra mérsékelte. A csutka átlagosan 1 t·ha<sup>-1</sup> – a szemtermés 12%-a – volt, a morzsolási arány 88%-nak adódott.

A 4–6 leveles hajtás, illetve a címerhányáskori levél N-tartalma nem nőtt a N-adagokkal. A kukorica N-hiányával már nem kell számolni amennyiben a hajtás és a levél 3,5%, illetve 2,5% körüli N-tartalom értéket ér el (BERGMANN, 1992).

3. táblázat

A N x Cu kezelések hatása a légszárz termésekre a kukorica különböző fenológiai fázisai-  
ban, 1991-ben (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

(1) Cu-adag kg·ha <sup>-1</sup>	(2) N-trágyázás kg N·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>				(3) Átlag	(4) SzD <sub>5%</sub>
	0	100	200	300		
<i>A. Légszárz 4–6 leveles hajtás, g (20 db)</i>						
0	75	70	66	71	70	14,0
50	82	68	90	71	78	
100	103	70	73	69	79	
Átlag	86	69	77	70	76	8,0
SzD <sub>5%</sub>	12				6	
<i>B. Légszárz 4–6 leveles gyökér, g (20 db)</i>						
Átlag	24	20	21	19	21	2,0
<i>C. Légszárz szár, t·ha<sup>-1</sup></i>						
0	4,8	4,2	4,0	4,2	4,3	1,0
50	4,6	4,5	4,0	4,0	4,3	
100	5,9	5,2	4,6	4,0	4,9	
Átlag	5,1	4,6	4,2	4,1	4,5	0,5
SzD <sub>5%</sub>	0,8				0,4	
<i>D. Légszárz szem, t·ha<sup>-1</sup></i>						
0	7,4	6,8	7,0	7,0	7,0	1,0
50	7,6	7,6	8,4	7,7	7,8	
100	8,6	7,5	7,4	7,2	7,7	
Átlag	7,8	7,3	7,6	7,3	7,5	0,5
SzD <sub>5%</sub>	0,8					
<i>E. Légszárz szár + csutka + szem, t·ha<sup>-1</sup></i>						
0	13,3	12,0	12,0	12,2	12,3	1,8
50	13,3	13,2	13,5	12,8	13,2	
100	15,7	13,7	13,0	12,2	13,6	
Átlag	14,1	13,0	12,8	12,4	13,0	0,9
SzD <sub>5%</sub>	1,6				0,8	

Megjegyzés: Csutka átlagosan 1 t·ha<sup>-1</sup>, a morzsolási arány 88%

Kísérletünkben már a N-kontroll parcellákon is kielégítő volt a N-ellátottság, a N-túltrágyázás pedig nem vezetett a N luxusfelvételéhez. Ugyanezek a parcellákon a gyökér N-akkumulációja igazolható. Az aratáskori szártermésben a N-kínálattal emelkedett a N-, K-, Ca-tartalom, míg a P mennyisége (%) tendenciájában mérséklődött (4. táblázat).

4. táblázat

A N-trágyázás hatása a kukorica elemtartalmára 1991-ben\*  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

(1) N-adagok	(2)	(3)	(4)	(5)		(6)			
	Hajtás	Gyökér	Levél	Levél		Aratáskori szártermés			
	N	N	N	Na	Zn	N	K	Ca	P
kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	%			mg·kg <sup>-1</sup>		%			
0	3,26	1,58	2,75	90	14	0,63	1,05	0,30	0,10
100	3,51	1,70	2,71	151	14	0,98	1,22	0,32	0,09
200	3,33	1,80	2,91	165	15	0,86	1,18	0,34	0,08
300	3,36	1,95	2,77	151	17	0,86	1,40	0,36	0,08
a) Átlag	3,37	1,76	2,78	139	15	0,83	1,21	0,33	0,09
b) SzD <sub>5%</sub>	0,30	0,22	0,16	44	2	0,10	0,20	0,04	0,02

Megjegyzés: \*Hajtás és gyökér 4–6 leveles korban; Levél a virágzás elején

A Cu-trágyázás hatását vizsgálva megállapítható, hogy a Cu-kínálattal a tövenkénti szemszám, illetve a csövenkénti szemsúly emelkedett. Az 1000-szem tömegre a Cu-kezelések nem hatottak, mely a kezelésektől függetlenül átlagosan 278 g-ot tett ki. A növényi szervek Cu-tartalmát a Cu-trágyázás eltérően befolyásolta (5. táblázat).

A szemtermés Cu-tartalma nem módosult, míg a földfeletti vegetatív növényi részek Cu-tartalma átlagosan 1/3-ával nőtt, a gyökér Cu-készlete pedig 2,5-szeresére dúsult. A Cu növényen belüli vertikális transzportja tehát gátolt volt. Hasonló eredményre jutottunk ugyanezen a mészlepedékes csernozjom vályog talajon korábban a nehézfém-terhelési kísérletünkben, ahol a CuSO<sub>4</sub> formában maximálisan 810 kg·ha<sup>-1</sup> Cu-adagot alkalmaztunk. A földfeletti növényi szervekben, a kukorica fiatal hajtásában, virágzáskori levelében, a szárban vagy a szemtermésben érdemi Cu-dúsulást nem tapasztaltunk (KÁDÁR et al., 2000).

5. táblázat

A Cu-trágyázás hatása a kukorica egyes terméslemeire és a növényi szervek Cu-tartalmára  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

(1) Cu-adag	(2)			(3)			
	Terméselemek aratáskor			Cu-tartalom			
	(4)			(5)	(6)	(7)	(8)
	Szem			Hajtás	Gyökér	Levél	Szár
kg·ha <sup>-1</sup>	db·tő <sup>-1</sup>	g·cső <sup>-1</sup>	db·m <sup>-2</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>			
0	384	106	2552	17	14	14	7
50	409	114	2794	22	26	18	9
100	403	112	2759	22	35	18	10
a) Átlag	399	111	2702	20	25	17	9
b) SzD <sub>5%</sub>	10	6	218	3	5	3	2

Megjegyzés: 1000-szem tömege 278 g átlagosan

Az irodalmi adatok és saját vizsgálataink szerint a kukorica állománya diagnosztikai szempontból tápanyagokkal kielégítően ellátott, amennyiben a csövel szemközti levelek elemtartalma virágzás kezdetén az alábbi határok közötti: N: 2,5–3,5%; P: 0,25–0,35%; K: 1,5–2,5%; Ca: 0,25–0,80%; Mg: 0,2–0,6%; Fe: 50–250, Mn: 20–200, Zn: 25–100, B: 5–40, Cu: 5–20 mg·kg<sup>-1</sup> szárazanyag.

A kiegyensúlyozott tápláltsági állapotot tükröző optimális elemarányok iránymutató jelleggel az alábbiak: N/P: 8–12; K/P: 6–9; K/Ca: 3–6; K/Mg: 4–8; Mn/Zn: 1–8; P/Fe: 20–100; P/Mn: 20–120; P/Zn: 50–150; P/Cu: 200–500; K/B: 60–3000 (KÁDÁR, 2006).

6. táblázat  
A kukorica átlagos összetétele 1991-ben  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

(1) Elem jele	(2) Mértékegység	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
		Hajtás	Gyökér	Levél	Szalma	Szem
		(8) 4–6 leveles korban		(9) Virágzáskor	(10) Aratáskor	
N	%	3,37	1,76	2,78	0,83	1,28
K	%	4,20	2,40	1,81	1,21	0,30
Ca	%	0,63	0,65	0,58	0,33	<0,01
Mg	%	0,36	0,31	0,33	0,26	0,08
P	%	0,35	0,18	0,32	0,09	0,24
Fe	mg·kg <sup>-1</sup>	617	2900	195	584	23
Na	mg·kg <sup>-1</sup>	193	518	139	150	26
Mn	mg·kg <sup>-1</sup>	138	127	110	81	5
Zn	mg·kg <sup>-1</sup>	19	52	15	10	10
Cu	mg·kg <sup>-1</sup>	20	25	16	9	1,2

A 6. táblázat adatai szerint a címerhánycs/virágzás idején a növények minden vizsgált elemében kielégítően ellátottak voltak – a Zn kivételével. A főbb számított átlagos elemarányok alapján is hasonló következtetésre jutunk: N/P: 8,7; K/P: 5,7; K/Ca: 3,1; K/Mg: 5,5; Mn/Zn: 7,0; P/Fe: 16; P/Mn: 29; P/Cu: 188; P/Zn: 213. A Zn hiánya azonban limitáló tényezővé válhatott. Korábbi kísérleteink szerint, amennyiben a P/Zn aránya 200 fölé emelkedik, indukált Zn-hiány léphet fel és a kukorica termése csökkenhet. Ilyenkor a Zn-trágyázás hatékony lehet, ZnSO<sub>4</sub> talajba juttatásával vagy Zn-hexamín permetezéssel a terméscsökkenés megszüntethető (GYÖRI & MÁTZ, 1979; GYÖRI et al., 1996; KÁDÁR & TURÁN 2002; CSATHÓ et al, 2002).

A 6. táblázat adataiból az is látható, hogy a fiatal hajtásban elsősorban a N, a K és a P, míg a gyökében a Fe, a Na, a Zn és a Cu akkumulálódik. A virágzás elejei levél összetételét tekintve átmenetet képez a 4–6 leveles hajtás és a betakarításkori leveles szár között a N, K, Ca, Mg, P, Mn, Zn, Cu elemtartalomban. A szemtermésben a N és P elemek dúsulnak, míg a kukorica átlagos összetétele alapján a K, Ca, Mg, Fe, Na, Mn és Cu főként a szárban raktározódott.

A Ca a szemben átlagosan  $36 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  koncentrációban fordult elő, tehát valójában mennyisége alapján már mikroelemnek minősült.

Kombájnos betakarításkor a tábla talaja főként N és P elemekben szegényedhet, mert a szár leszántásával a K, a Ca, a Mg és a mikroelemek többsége visszakerül a talajba. Amint a 7. táblázatban látható, a  $12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  földfeletti légszáraz biomassa kereken  $114 \text{ kg N}$ ,  $77 \text{ kg K}$  ( $92 \text{ kg K}_2\text{O}$ ),  $22 \text{ kg P}$  ( $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ ),  $15 \text{ kg Ca}$ , és  $18 \text{ kg Mg}$  elemet épített be. A Fe közel  $3 \text{ kg}$ -ot, a felvett Na  $870$ , a Mn  $402$ , a Zn  $120$  és a Cu  $44 \text{ g}$ -ot tett ki. Az  $1 \text{ t}$  szemtermés + a hozzátartozó melléktermék úgynevezett fajlagos elemtartalma  $15 \text{ kg N}$ ,  $10 \text{ kg K}$  ( $12 \text{ kg K}_2\text{O}$ ) és  $3 \text{ kg P}$  ( $7 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ ) mennyiségnek adódott. Adataink a szaktanácsadásban is felhasználhatók a tervezett kukoricatermés elemzési szükségletének becslésekor.

7. táblázat

A kukorica átlagos elemfelvétele betakarításkor 1991-ben  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

(1) Elem jele	(2) Mérték- egység	(3) Szalma	(4) Szem	(5) Együtt	(6) Fajlagos tartalom*
N	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	37,4	77,1	114	15
K	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	54,4	22,5	77	10
Ca	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	14,8	0,3	152	2
Mg	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	11,7	6,0	18	2
P	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	4,0	18,0	22	3
Fe	$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$	2628	172	2800	373
Na	$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$	675	195	870	116
Mn	$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$	364	38	402	54
Zn	$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$	45	75	120	16
Cu	$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$	36	8	44	6

Megjegyzés: \* $1 \text{ t}$  szem + a hozzátartozó melléktermés elemtartalma; A szalma- és szemtermés  $4,5$  illetve  $7,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , összesen  $12,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a NxCu elemek közötti kölcsönhatásokat 1991-ben kukoricával. A termőhely talaja a szántott rétegben 3% humuszt, 5% körüli  $\text{CaCO}_3$ -ot és kb. 20% agyagot tartalmazott.

Az elemzések alapján a terület talaja jó Ca-, Mg-, K-, Mn-, kielégítő Cu-, közepes N-, valamint gyenge-közepes P- és Zn-ellátottságú volt. A talajvíz 13–15 m mélyen van, tehát a terület aszályérzékeny. A kísérletet  $4\text{N} \times 3\text{Cu} = 12$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel.



A N 0, 100, 200, 300 kg·ha<sup>-1</sup>, a Cu 0, 50, 100 kg·ha<sup>-1</sup> adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve CuSO<sub>4</sub> formájában. Az árpilis, május és a július hónapokat aszály jellemezte.

Főbb eredményeink:

1. Az 1991. év első fele erősen csapadékhiányos volt, a N-trágyázás termés-csökkenést eredményezett. Igazolhatóan mérséklődött a termő tövek száma. Az 1000-szem tömeg 278 g maradt. A Cu-trágyázással igazolhatóan emelkedett az egy töre eső szemek száma, illetve a csövenkénti szemtömeg. A szemtermés az NxCu kezelésekben 7,0 és 8,6 t·ha<sup>-1</sup> között változott.

2. A N-túlsúly, azaz az agronómiailag indokoltat jelentősen meghaladó N-adagok hatására a 4–6 leveles korú növény gyökerének N%-a, a virágzáselejei levelek N- és Zn-felvétele, valamint az aratáskori szár N-, K- és Ca-koncentrációja nőtt. A Cu-trágyázással a kontrollhoz viszonyítva a fiatal hajtás, a virágzás elejei levél és a szár Cu-tartalma átlagosan 1/3-ával emelkedett. A gyökér Cu-készlete a Cu-adagolással 2,5-szeresére nőtt. A Cu növényen belüli vertikális mozgása azonban gátolt volt.

3. A 12 t·ha<sup>-1</sup> (szem + szár) földfeletti biomaszába kerekén 114 kg N, 77 kg K (92 kg K<sub>2</sub>O), 22 kg P (50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 15 kg Ca, és 18 kg Mg épült be. Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermék fajlagos elemtartalma 15 kg N, 10 kg K (12 kg K<sub>2</sub>O), 3 kg P (7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), illetve 3 kg körüli CaO és MgO mennyiségnek adódott.

Adataink a tervezett kukoricatermés elemszükségletének számításakor a szaknácásadásban használhatók fel.

**Kulcsszavak:** NxCu kölcsönhatások, szabadföldi kísérlet, kukorica

### Irodalom

- BERGMANN, W., 1992. Nutritional Disorders of Plants. G. Fischer Verlag. Jena, Stuttgart, New York.
- CSATHÓ P., LÁSZTITY, B. & NAGY, L., 2002. Zn-hexaminos levéltrágyázás a kukorica P-indukálta Zn-hiány leküzdésére. Gyakorlati Agroforum. **13.** (12) 20–21.
- CSATHÓ P., 2003. Kukorica N-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960–2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Agrokémia és Talajtan. **52.** 169–184.
- DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B.-NÉ (szerk.), 1994. Trágyázási Kutatások 1960–1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DEBRECZENI B.-NÉ & NÉMETH T. (szerk.), 2009. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967–2001). Akadémiai Kiadó. Budapest.
- GYÖRFFY B. & BERZSENYI Z., 1994. Növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére tartamkísérletben. In: Trágyázási Kísérletek, 1960–1990. (Szerk.: DEBRECZENI B. & DEBRECZENI K.) 311–312. Akadémiai Kiadó. Budapest.

- GYÖRI, D. & MÁTZ, G., 1979. Changes in the zinc and triptifan contents of maize grains as a response to increasing rates of phosphorus fertilization. *Acta Agron. Hung.* **28.** 158–167.
- GYÖRI, Z. RUZSÁNYI, L., JÁSZBERÉNYI, I. VÁGÓ, J. & LOCH, J., 1996. The Effect of N and P application on the Mn, Cu, and Zn content of the winter wheat. In: *Fertilizers and Environment, Development in Plant and Soil Science.* (Ed.: RODRIGUEZ-BARRUECO, C.) **66.** 499–502. Kluwer Academic Public. Dordrecht-Boston-London.
- KÁDÁR I., 2006. Növény-és talajvizsgálatok értelmezése műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés.* **55.** (1–2) 123–137.
- KÁDÁR I. & SHALABY M. H., 1984. A nitrogén- és réztrágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan.* **33.** 269–274.
- KÁDÁR I. & SHALABY M. H., 1985. N és Cu trágyázás hatása a talaj és a növény tápelemtartalmára. *Növénytermelés.* **34.** (2) 119–126.
- KÁDÁR I., RADICS L. & BANA K.-NÉ, 2000. Mikroelem-terhelés hatása a kukoricaállományra karbonátos csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan.* **49.** 181–204.
- KÁDÁR I. & TURÁN T., 2002. P-Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan.* **51.** (3–4). 381–394.
- KÁDÁR I. & CSATHÓ P., 2014. A nitrogén és réz közötti kölcsönhatások vizsgálata őszi búzában. *Növénytermelés.* **63.** (2) 27–44.
- LÁSZTITY B., 1985. A műtrágyázás hatása a tavaszi árpa szárazanyag-felhalmozására, tápelemtartalmára és arányaira. *Növénytermelés.* **34.** 417–425.
- MÉM NAK, 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- MÉM NAK, 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- NAGY, J., 2006. *Maize Production.* Akadémiai Kiadó. Budapest.

*Érkezett: 2015. október 17.*

## Analysis of interactions between N and C fertilization in a field experiment on maize

I. KÁDÁR and P. CSATHÓ

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

### Summary

Interactions between the elements N and C were investigated in a field experiment on maize, set up on chernozem loam soil with lime deposits in 1991. The ploughed layer contained 3% humus, around 5% CaCO<sub>3</sub> and around 20% clay. Soil analysis revealed that the soil had good supplies of Ca, Mg, K and Mn, satisfactory supplies of Cu, a moderate quantity of N and a poor to medium level of P and Zn. The groundwater was located at a depth of 13–15 m and the area was prone to drought. The experiment involved 4N×3Cu = 12 treatments in 3 replications, giving a total of 36 plots arranged in a split-plot design. Nitrogen was supplied in the form of calcium ammonium nitrate at rates of 0, 100, 200 and 300 kg·ha<sup>-1</sup> and copper as CuSO<sub>4</sub> at rates of 0, 50 and 100 kg·ha<sup>-1</sup>. April, May and July were very dry.

The main results were as follows:

1. There was very little rainfall in the first half of 1991, so N fertilization led to yield losses. There was a significant reduction in the number of fertile plants, and the 1000-kernel weight was only 278 g. Cu fertilisation resulted in a significant rise in the number of kernels per plant and in the grain weight per year. The grain yield ranged from 7.0–8.6 t·ha<sup>-1</sup> as a function of the N×Cu treatments.

2. In response to excessive N supplies, i.e. N rates substantially higher than the agronomically justifiable level, there was an increase in the N% in the roots of plants in the 4–6-leaf stage, in the N and Zn uptake of the leaves at the beginning of flowering, and in the N, K and Ca concentrations of the stalks at harvest. On average, the Cu contents in the young shoots, in leaves at the beginning of flowering and in the stalks were 1/3 higher after Cu fertilisation, which was significantly higher than the control. The Cu concentration in the roots, however, exhibited a 2.5× increase after Cu application, indicating that the vertical movement of Cu within the plant was inhibited.

3. A total of around 114 kg N, 77 kg K (92 kg K<sub>2</sub>O), 22 kg P (50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 15 kg Ca and 18 kg Mg was incorporated into the 12 t·ha<sup>-1</sup> aboveground biomass (kernels + stalks). The specific element content of 1 t grain + the corresponding by-products was 15 kg N, 10 kg K (12 kg K<sub>2</sub>O), 3 kg P (7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and around 3 kg each of CaO and MgO. These findings could provide guidelines for the extension service when calculating the element requirements of the planned maize yield.

*Table 1.* Agronomic operations and observations in the maize experiment in 1991 (chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhörsök, Mezőföld). (1) Operations and observations. (2) Date. (3) Methodological guidelines. *Note:* Sowing at a depth of 5–7 cm with 20 kg·ha<sup>-1</sup> seed and a row and plant spacing of 70×25 cm.

*Table 2.* Effect of N treatments on the development of maize and the plant density at harvest in 1991 (chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) N rates,  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$  (2) Scoring (1 = poorly developed, 5 = well-developed). (3) Plant density at harvest,  $\text{db}\cdot\text{ha}^{-1}$  (4) Fertile,  $\text{db}\cdot\text{ha}^{-1}$  (5) Barren,  $\text{db}\cdot\text{ha}^{-1}$  (4) Total,  $\text{db}\cdot\text{ha}^{-1}$ . a) Mean, b)  $\text{LSD}_{5\%}$ . *Note:* Mean kernel No./plant 399, grain mass/ear 111 g, kernel No./ $\text{m}^2$  2700, thousand-kernel weight 278 g, shelling percentage 88%, effectivity 67% irrespective of the treatments.

*Table 3.* Effect of N×Cu treatments on the air-dry yield of maize in various phenological phases, 1991 (chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Cu rate,  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . (2) N fertilisation,  $\text{kg}\cdot\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ . (3) Mean. (4)  $\text{LSD}_{5\%}$ . A. Air-dry 4–6-leaf shoots, g. B. Air-dry roots of plants in the 4–6-leaf stage, g. C. Air-dry stalks,  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . D. Air-dry kernels,  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . E. Air-dry stalks + cobs + kernels,  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . *Note:* Cobs averaged  $1\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , shelling ratio 88%.

*Table 4.* Effect of N fertilisation on the element content of maize in 1991 (chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) N rates,  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ . (2) Shoots N, %. (3) Roots N, %. (4) Leaf N, %. (5) Leaf element content,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (6) Element content of the stalks at harvest, %. a) Mean, b)  $\text{LSD}_{5\%}$ . *Note:* Shoots and roots in the 4–6-leaf stage, leaves at the beginning of flowering.

*Table 5.* Effect of Cu fertilization on the yield components of maize and the Cu content of plant organs (chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Cu rates,  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . (2) Yield components at harvest. (3) Cu content,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . (4) Kernels. (5) Shoots. (6) Roots. (7) Leaves. (8) Stalks. a) Mean, b)  $\text{LSD}_{5\%}$ . *Note:* Mean 1000-kernel weight: 278 g.

*Table 6.* Mean composition of maize in 1991 (chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Element symbol. (2) Units. (3) Shoots. (4) Roots. (5) Leaves. (6) Stalks. (7) Kernels. (8) In the 4–6-leaf stage. (9) At flowering. (10) At harvest.

*Table 7.* Mean element uptake of maize at harvest in 1991 (chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Element symbol. (2) Units. (3) Stalks. (4) Kernels. (5) Together. (6) Specific content. *Note:* Element content of 1 t grain + the corresponding by-products.