

A nitrogén- és réztrágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon

KÁDÁR IMRE és M. H. SHALABY

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Ismert, hogy a réz segíti a fehérjék és szénhidrátok szintézisét, növeli a levelek klorofiltartalmát, javítja a termés minőségét, és ellenállóbbá teszi a növényt a szárazsággal és betegségekkel szemben. Rézhiányt a laza homok- és láptalajokon tapasztaltak először. Így pl. hazánkban a keszthelyi és izsáki lápon ismerték fel először a Cu-trágyázás kedvező hatását. Az újabban megfigyelhető Cu-hiányok gyakran nem annyira geológiai okokkal (talajképző kőzet) magyarázhatók, hanem a jelenkori intenzív talajhasználat következményei. A viszonylag sok N-műtrágyát használó gabonatermesztő üzemekben már néhány évtizeddel ezelőtt észlelték a Cu-igényes kalászos kultúrák Cu-tartalmának jelentős csökkenését [16]. Az irodalmi adatok szerint a Cu-hiány fellépését a hosszan tartó szárazság és részben a magas pH, illetve a talaj magas mésztartalma is elősegítheti [1, 10, 14].

Gabonatermelésünk jövője szempontjából, véleményünk szerint, különös fontosságúvá válhat kalászos kultúráink Cu-tápláltságának szabályozása. Mint ismeretes, Nyugat- és Észak-Európa legtöbb országában a mezőgazdaságilag hasznosított terület jelentős része rét és legelő, sőt a szántó nagyobb része is gyakran a takarmánytermelést, az állattenyésztést szolgálja. Hazánk éghajlata kontinentálisabb, földhasznosításunkban a szántóművelés uralkodik, árugabona-termelés túlsúlyával.

Magyarországon jelenleg

- az árugabona-termeléssel elsősorban a N, P, Zn és Cu körforgalma válik nyitottá az üzemekben, a N és P mintegy 2/3-a, a Zn és Cu fele a szemben akkumulálódik [2, 5, 7, 9, 13].
- A szántó kalászosokkal való telítettsége, a gabona-monokultúra jelentősen növeli a fajlagos műtrágyaigényt az egyoldalú talajhasználat miatt [3].
- Az állattenyésztés súlya kisebb, részben elvált a növénytermesztéstől. Az összes ásványi tápanyagforgalomnak (N, P, K) mindössze 15–20%-át fedezzük országosan istállótrágyával. Nyugat-Európa számos országában ez az arány ma is 50–60% körüli [4]. Az árugabona-termelést szolgáló tábláink zöme gyakorlatilag csak NPK-műtrágyázásban részesül. A rendszeres istállótrágyázás elejét veszi a mikroelemhiányoknak, mert jelentős mennyiségű mikroelemet tartalmaz, a növényi szükségletnek megfelelő arányban.
- Az újabb fajták és agrotechnikai eljárások egyre nagyobb termékek elérését teszik lehetővé. A 8–10 t/ha gabona-szemtermékek N-igénye e viszonyok között már

200—300 kg N/ha adagolását feltételezi évenként, hatványozott Cu-igénnyel párosulva.

— A közelmúltban végzett reprezentatív országos felméréseink [6], valamint a FAO által végzett, és egységes talaj- és növényvizsgálatokra alapozott összehasonlító elemzések alapján arra következtethetünk [12], hogy pl. a „magyar” búzák, kalászosaink a világ legjobban műtrágyázott — elsősorban N-nel ellátott — növényei közé tartoznak.

Fentiekre tekintettel fontosnak tartottuk a N és Cu közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálatát megkezdeni meszes csernozjom és homoktalajjakkal.

Anyag és módszer

Duna—Tisza közti meszes homoktalajjal beállított tenyészedeny-kísérletben, 1982-ben vizsgáltuk a talaj eltérő N- és Cu-ellátottságának hatását a tavaszi árpa (I. növedék), valamint a köles (II. növedék) szárazanyaghozamára és tápanyagfelvételére. A növényeket 1—1,5 hónapos tenyészidő végén, bokrosodásban takarítottuk be. A műtrágyák talajba keverését követően a vetés előtt, valamint az első és a második növedék vágása után átlagmintákat vettünk az edények talajaiból. A talajmintákban meghatároztuk a Bremner-féle kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyiségét VARGA [15] szerint, valamint az ammónium-acetát + EDTA oldható Cu-tartalmakat LAKANEN és ERVIO [8] módszerével. A főbb talajtulajdonságok jellemzésére előző előadásunkban már kitértünk [11], ezért csak annyit jegyzünk meg, hogy a felhasznált talaj nitrogénnel gyengén, rézzel kielégítően ellátottnak minősült a hazai szaktanácsadásban elfogadott módszerek alapján.

Kísérletünkben főparcellánként 4 N-ellátottsági szintet alakítottunk ki (gyenge, közepes, jó és káros) 0, 200, 400, 600 mg N/kg talaj adagok alkalmazásával. Minden N-ellátottsági szinten 0, 4, 8, 12 mg Cu/kg talaj adagokkal Cu-trágyázást végeztünk. A kezelések száma tehát 16, az összes edények száma 64 volt a 4 ismétléssel, split-plot elrendezésben. Az edényeket 1,8 kg talajjal töltöttük meg. Az egész kísérletben egységesen alaptrágyaként 200 mg elemi P- és 400 mg elemi K-hatóanyagot adtunk 1 kg talajra. A P, K és a Cu teljes mennyiségét, valamint a N 1/3-át vetés előtt kevertük a talajba, míg a N-adagok fennmaradó részét a kelés utáni 2., illetve 4. 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 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ formájában alkalmaztuk.

A kísérleti eredmények megvitatása

Műtrágyázás hatását a talaj könnyen felvehető N- és Cu-tartalmára az 1. táblázatban mutatjuk be. Az adatokból látható, hogy a talajba keverést követően, vetés előtt, az NH_4NO_3 -formában adott N egy része NH_4 -formában található a talajban. Az I. növedék betakarításakor e N-forma mennyisége lecsökkent, és csak a legnagyobb N-adag hatása okozott megbízható növekedést. A $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége ugyanakkor az I. növedék betakarítását követően nőtt meg, különösen a legnagyobb

N-adaggal trágyázott edények talajaiban. Megállapítható, hogy a felhasznált N-nek mintegy 1/6-a mutatható ki átlagosan a talajban $\text{NO}_3\text{-N}$ -formában.

Az adott Cu-trágya csaknem teljes mennyisége könnyen oldható formában maradt a talajban. A talajba keverés után közvetlenül meghatározott értékek lényegesen nem tértek el a későbbi időpontban mértéktől. A CuSO_4 -formában adott Cu megkötődésével, talajkémiai szempontból, tehát nem kell számolnunk (1. táblázat).

A N-trágya első adagja többszörösére növelte az I. növedék tavaszi árpa szárazanyaghozamát, a második adag (400 mg N/kg talaj) hatására a hajtás hozama bizonyíthatóan tovább nem nőtt, míg a gyökér tömege már megbízhatóan csökkent. A legnagyobb N-adag egyértelműen termésnövekedéshez vezetett, mind a föld feletti, mind a föld alatti szövetekben (2. táblázat).

A második növedék vetése előtt az egész kísérletben egységesen 100 mg N/kg talaj N-adaggal trágyáztunk, hogy a N_0 edényekben is biztosítsuk a növényállomány fejlődését. A köles jelzőnövény erősen gombával fertőzötté vált, különösen a N-nel

1. táblázat

Műtrágyázás hatása a talaj könnyen felvehető N- és Cu-tartalmára

Kezelés	Mintavétel ideje						Átlag	
	vetés előtt		I. termés után		II. termés után			
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
KCl-NH₄ (Cu-kezelések átlagában)								
N_0	7,5	100	6,6	100	8,4	100	7,5	100
N_{200}	14,0	187	6,6	100	9,3	111	10,0	133
N_{400}	17,5	233	7,4	112	10,2	121	11,7	156
N_{600}	20,8	277	9,5	144	10,4	124	13,6	181
SzD _{5%}	2,3	31	1,6	24	1,6	19	2,0	27
Átlag	15,0		7,5		9,6		10,7	
%	100		50		64		71	
KCl-NO₃ (Cu-kezelések átlagában)								
N_0	3,4	100	5,0	100	9,0	100	5,8	100
N_{200}	18,4	541	12,6	252	23,0	256	18,0	310
N_{400}	36,1	1062	49,7	994	46,9	521	44,2	762
N_{600}	50,7	1491	101,2	2024	49,2	547	67,0	1155
SzD _{5%}	4,4	129	15,5	310	6,0	67	8,8	152
Átlag	27,2		42,1		32,0		33,8	
%	100		155		118		124	
EDTA-Cu (N-kezelések átlagában)								
Cu_0	2,6	100	2,6	100	2,7	100	2,6	100
Cu_4	5,4	208	5,2	200	5,2	193	5,3	204
Cu_8	8,6	331	8,3	319	7,8	289	8,2	315
Cu_{12}	12,8	492	11,8	454	10,9	404	11,8	454
SzD _{5%}	1,0	38	1,0	38	0,8	30	0,8	31
Átlag	7,4		7,0		6,6		7,7	
%	100		95		89		95	

2. táblázat
Műtrágyázás hatása a bokrosodáskori tavaszi árpa (MV-8) és a köles szárazanyag-hozamára és réztartalmára

Cu-szintek	Száranyaghozam, g/edény					Cu-tartalom, ppm								
	N ⁰	N ²⁰⁰	N ⁴⁰⁰	N ⁶⁰⁰	SzD _{5%}	Átlag	%	N ⁰	N ²⁰⁰	N ⁴⁰⁰	N ⁶⁰⁰	SzD _{5%}	Átlag	%
Tavaszi árpa (hajtás)														
Cu ₀	1,63	5,24	5,68	4,20		4,19	100	8,6	7,0	5,2	3,9		6,2	100
Cu ₄	1,49	5,86	5,41	4,31	0,64	4,27	102	8,7	8,2	6,3	3,9	1,6	6,8	110
Cu ₈	1,44	5,10	5,59	4,39		4,13	99	9,6	8,0	6,3	4,6		7,1	115
Cu ₁₂	1,52	5,07	5,40	4,79		4,20	100	,6	8,4	7,0	6,5		7,6	123
SzD _{5%}		0,44				0,22			1,6				0,8	
Átlag	1,52	5,32	5,52	4,42	0,52	4,20		8,9	7,9	6,2	4,7	0,8	6,9	
%	100	350	363	291	34	276		100	89	70	53	9	78	
Tavaszi árpa (gyökér)														
Cu ₀	1,38	2,21	1,80	1,12		1,63	100	26,4	22,0	23,3	24,7		24,1	100
Cu ₄	1,22	2,21	1,83	0,98	0,49	1,56	96	31,2	42,6	39,6	41,3	7,5	38,7	161
Cu ₈	1,14	2,42	1,80	1,19		1,64	101	39,3	62,7	55,1	65,1		55,6	231
Cu ₁₂	1,27	2,28	1,88	1,40		1,71	105	45,4	81,0	65,5	74,1		66,5	276
SzD _{5%}		0,44				0,22			8,4				4,2	
Átlag	1,25	2,28	1,83	1,17	0,31	1,64		35,6	52,1	45,8	51,4	3,3	46,2	
%	100	182	146	94	25	131		100	146	129	144	9	130	
Köles (hajtás)														
Cu ₀	5,57	4,86	2,29	0,28		3,25	100	8,4	6,5	7,6	5,4		7,0	100
Cu ₄	5,47	4,28	0,42	1,78		2,99	92	8,6	7,0	8,1	6,1	2,0	7,4	106
Cu ₈	5,67	3,27	1,34	0,60	1,45	2,72	84	9,9	8,2	7,8	4,0		7,5	107
Cu ₁₂	6,02	3,92	1,02	0,46		2,86	88	10,6	7,7	9,9	3,3		7,9	113
SzD _{5%}		1,39				0,70			2,1				1,0	
Átlag	5,68	4,05	1,27	0,78	0,81	2,96		9,4	7,3	8,3	4,7	0,9	7,4	
%	100	71	22	14	14	52		100	78	88	50	10	79	

jól ellátott edényekben. A növényállomány mérgezési tüneteket mutatott, ami elszáradáshoz is és a növények részleges kipusztulásához vezetett. A N-trágyázás, ill. -túltrágyázás hatására a termés 1/7-ére csökkent (2. táblázat).

A viszonylag egészségesnek tekinthető I. növedékű tavaszi árpa %-os N-tartalma többszöröse a talaj N-ellátottságának emelkedésével. Mint az adatokból látható, a már nemkívánatos (részben termésnövekedéshez vezető) N-túlsúlyt a növény úgy próbálta ellensúlyozni, hogy 2—3-szorosára növelte a Ca felvételét. A beteg, mérgezett, II. növedékű köles N-koncentrációja nem nőtt meg látványosan, inkább a Ca %-os tartalmának ugrásszerű emelkedése (már az első, ill. a

3. táblázat

Mútrágyázás hatása a tavaszi árpa (Mv-8) és a köles tápelemtartalmára

Tápelemek	N ₀	N ₂₀₀	N ₄₀₀	N ₆₀₀	SzD _{5%}	Átlag
Tavaszi árpa (hajtás)						
N%	1,18	3,51	4,38	5,16	0,21	3,56
K%	3,80	5,26	5,06	4,80	0,29	4,74
P%	0,73	0,40	0,39	0,38	0,03	0,48
Ca%	0,44	0,50	0,73	1,24	0,12	0,72
Mg%	0,27	0,17	0,17	0,19	0,04	0,20
Na%	0,18	0,18	0,24	0,35	0,05	0,24
Fe ppm	282	154	122	187	34	186
Mn ppm	39	34	37	40	3	37
Zn ppm	22	19	18	20	2	20
Cu ppm	9	8	6	5	1	7
Tavaszi árpa (gyökér)						
N%	1,36	2,54	2,85	3,31	0,25	2,51
K%	1,28	1,84	2,04	2,07	0,16	1,81
P%	0,29	0,35	0,35	0,40	0,04	0,35
Ca%	0,76	1,40	1,24	1,28	0,12	1,17
Mg%	0,20	0,26	0,32	0,28	0,04	0,27
Na%	0,24	0,35	0,33	0,33	0,05	0,31
Fe%	0,22	0,26	0,25	0,24	0,04	0,24
Mn ppm	104	122	135	148	19	127
Zn ppm	29	24	29	32	4	28
Cu ppm	36	52	46	51	4	46
Köles (hajtás)						
N%	2,44	3,06	3,24	3,01	0,13	2,98
K%	3,88	4,04	3,98	4,03	0,31	3,98
P%	0,20	0,22	0,21	0,23	0,04	0,22
Ca%	0,51	0,82	1,47	1,23	0,15	1,01
Mg%	0,35	0,48	0,49	0,48	0,04	0,45
Na%	0,13	0,19	0,37	0,42	0,05	0,28
Fe ppm	269	224	491	866	267	463
Mn ppm	35	36	50	54	8	44
Zn ppm	23	21	27	28	6	25
Cu ppm	9	7	8	5	1	7

második N-adag hatására) utal arra, hogy feltehetően a mérgező NO_3^- -túlsúly, az aniontúlsúly ellensúlyozását szolgálja az „abnormális” mennyiségű Ca beáramlása a növénybe. A Ca mellett más kationok koncentrációja is megnőtt a N-mérgezés következtében, így pl. a K-, Mg-, Na-, Fe- és Mn-elemeké (3. táblázat).

A N-ellátás javulásával mindkét növény föld feletti hajtásának Cu-tartalma szinte lineárisan csökkent, átlagosan mintegy az eredeti koncentráció felére. A kísérletünkben alkalmazott (irodalomban általában javasolt) legnagyobb adagú Cu-trágyázással sem tudtuk a N indukálta Cu-csökkenést teljesen ellensúlyozni. A réz a gyökérben akkumulálódik. A tavaszi árpa gyökerének példáján látható, hogy a Cu koncentrációja közel megduplázódott a nitrogénnel gyengén ellátott edényekben, míg a N-nel jól ellátottakon 3—4-szeresére emelkedett. A rezet tehát a növény gyökereivel felvette, azonban a hajtásba nem továbbította (2. táblázat).

Összefoglalás

A vizsgált meszes homoktalajon az NH_4NO_3 -formában adott N hatására elsősorban a talajok KCl-oldható NO_3^- -tartalma nő meg, míg a kicserélhető NH_4^- -tartalom kevésbé változik. A tenyészedeny-kísérlet kedvező hő- és csapadékviszonyai között a nitrifikáció gyorsan lefolyhat, és az NH_4^- -tartalom NO_3^- -tá alakulhat.

Az I. növedékű tavaszi árpa bokrosodáskori szárazanyaghozama többszörösére nőtt a közepes N-adagok hatására, míg a legnagyobb, 600 mg N/kg talaj adaggal végzett trágyázás termésdepressziót okozott. A II. növedékű (nyári vetésű) köles hozamát a N-adagok csaknem lineárisan, az eredeti súly 1/5-ére csökkentették, erős gombafertőzés lépett fel. A nagyadagú N-trágyázással nőtt a növények összes N-tartalma, valamint általában ezzel együtt kifejezetten nőtt a legtöbb kation koncentrációja is.

Az adott Cu-trágya csaknem teljes mennyiségben kimutatható volt könnyen oldható formában a talajban. A hozamokat a Cu-trágyázás nem befolyásolta, azonban a Cu felvételét — különösen a gyökérben — elősegítette a N-nel jól ellátott talajon. A réz elsősorban a gyökérben akkumulálódott, a hajtásba történő transzport gátolt.

Gazdálkodásunk jelenlegi viszonyai között a Cu-igényes kalászosok Cu-ellátására nagyobb gondot kell fordítanunk. A MÉM NAK, ill. a hazai szaktanácsadás által e talajokra javasolt 3—5 kg Cu/ha mérsékelt trágyázással, egyszeri alkalmazás esetén, feltehetően lényegesen nem javítható a növények Cu-ellátása. További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy a Cu-trágyázás szükségességét szabadföldi viszonyok között igazoljuk.

Irodalom

- [1] BERGMANN, W.: Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1979.
- [2] ELEK É. & KÁDÁR I.: Műtrágyázás hatása az őszi búza tápanyag-gazdálkodására. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 169—176. NEVIKI. Veszprém. 1978.

- [3] KÁDÁR I.: Műtrágyázási tapasztalatok Ausztriában. *Agrokémia és Talajtan*. **26**. 491—497. 1977.
- [4] KÁDÁR I.: Földművelésünk műtrágyaigényét befolyásoló néhány tényező. *Növénytermelés*. **31**. 269—280. 1982.
- [5] KÁDÁR I. & LÁSZTITY B.: Az őszi búza tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. **28**. 451—472. 1979.
- [6] KÁDÁR I., ELEK É. & FEKETE A.: Összefüggés-vizsgálatok néhány talajtulajdonság, a műtrágyázás, valamint a termesztett növények jellemzői között. *Agrokémia és Talajtan*. **32**. 57—76. 1983.
- [7] KÁDÁR I., LÁSZTITY B. & SZEMES I.: Az őszi rozs ásványtápanyag-felvételének vizsgálata szabadföldi tartamkísérletben. II. Levélanalízis; Na-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu-felvétel. *Agrokémia és Talajtan* **31**. 17—28. 1982.
- [8] 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.
- [9] LÁSZTITY B. & KÁDÁR I.: Műtrágyázás hatása az őszi búza tápelemfelvételére barna erdőtalajon. *Agrokémia és Talajtan*. **30**. 25—36. 1981.
- [10] MENGEL K.: A növények táplálkozása és anyagcseréje. *Mezőgazd. Kiadó. Budapest.* 1976.
- [11] SHALABY, H. M. & KÁDÁR I.: A foszfor- és cinktrágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajokon. *Agrokémia és Talajtan*. **33**. 261—267. 1984.
- [12] SILLANPÄÄ, M.: Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. *FAO Soils Bull.* No. 48. 1982.
- [13] SZEMES I., KÁDÁR I. & LÁSZTITY B.: Az őszi rozs ásványtápanyag-felvételének vizsgálata szabadföldi kísérletben. I. Szárazanyag-felhalmozás; N-, P-, K-, Ca-, Mg-felvétel. *Agrokémia és Talajtan*. **31**. 5—16. 1982.
- [14] TISDALE S. L. & NELSON W. L.: A talaj termékenysége és a trágyázás. *Mezőgazd. Kiadó. Budapest.* 1966.
- [15] VARGA GY.: A talajokban előforduló különböző N-vegyületek elemzése Bremner szerint. *Agrokémia és Talajtan*. **18**. 479—484. 1969.
- [16] VOISIN A.: A talaj és a növényzet, az állat és az ember sorsa. *Mezőgazd. Kiadó. Budapest.* 1964.