

Néhány nem esszenciális mikroelem koncentrációja és felhalmozódásának dinamikája szemes cirokban

LÁSZTITY BORIVÓJ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Termesztett növényeink életük során az őket körülvevő környezeti tényezők (talaj, víz, levegő, táplálék stb.) útján érintkezésbe kerülnek számos, a földgolyót kialakító kémiai elemmel. Ezek egy része a növény genetikailag meghatározott táplálkozásbiológiai sajátosságai szerint felvételre kerül és megtalálható a növény szervezetében (BARABÁS & BÁNYAI, 1985; KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984; SZABÓ & KÁDÁR, 1994).

A növény szervezetében található elemek nem mindegyike tartozik a növény számára nélkülözhetetlen elemek közé. Helyük, szerepük, jelentőségük ez ideig tudományosan nem igazolt, élettani funkciójuk nem tisztázott (KASTORI, 1983).

A növény - állat - ember táplálékláncban ettől függetlenül lehet fontos, gyakran negatív szerepük. Vizsgálatuk indokolt és aktuális feladat (KÁDÁR, 1995; MÉSZÁROS et al., 1993; SZABÓ, 1993; SZABÓ et al., 1992). Munkánk során azt vizsgáljuk, hogy a szemes cirokban a vegetáció során mennyire halmozódnak fel e mikroelemek és mely növényi részekben.

Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz felhasznált növényi mintaanyag szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletből származott. A kísérlet a hatvanas évek elején került beállításra gyengén humuszos, karbonátos homokon, ahol a szemes cirok termeszthető (BAJAI, 1970; SZABÓ, 1994). A kísérlet talajának agrokémiai jellemzőit a korábbi dolgozatunkban (LÁSZTITY & SZEMES, 1992) már ismertettük. A kísérleti telepen LAKANEN & ERVIÖ (1971) szerint végzett talajvizsgálatok a szántott rétegben a következő mennyiségeket mutatták a tanulmányozott elemekből: Al 12, Pb 2 és Se 0,9 mg/kg (KÁDÁR, 1995). A kezelésekből alkalmazott műtrágyákban cc HNO₃+ cc H₂O₂ feltárás után a pétióban: Ba 78, Sr 23 mg/kg; a szuperfoszfátban: Ba 206, Pb 14, Sr 11,400 mg/kg; a kálisóban: Ba 3, Sr 24 mg/kg mennyiségeket lehetett kimutatni (KÁDÁR, 1991).

A kezelésekben felhasznált műtrágyaadagokat hatóanyagban adjuk meg (1. táblázat). A növénymintavételeket a VANDERLIP (1972) fejlődési skála szerint a 2. (3-4-leveles), a 4. (bugahányás kezdete), a 6. (bugahányás), a 7. (virágzás kezdete), a 8. (virágzás) és a 9. (teljes érés) fejlődési szakaszban a teljes föld feletti rész felhasználásával végeztük.

A szemes cirok fajtája a köztermesztésben alkalmazott Alföldi F 1 volt. A növények elemi összetételét salétromsavas és hidrogén-peroxidos feltárást követően ICP-vel határoztuk meg. A biometriai értékelést variancia-analízis segítségével végeztük. A kísérlet egyéb körülményeiről korábbi dolgozatunkban számoltunk be (LÁSZTITY & SZEMES, 1992).

Eredmények

Az egyes elemek koncentrációja

A stronciumtartalom a tenyészidő során (1. táblázat) kisebb hullámmal csökkentést mutatott. A teljes éréskor a szemben 1 mg/kg körüli mennyiségeket mértünk, míg a szárban ennek többszörösét, átlagosan 60 mg/kg-ot. A műtrágyázás, ezen belül elsősorban a szuperfoszfát szignifikánsan növelte a Sr-tartalmat a teljes érés előtt. Teljes éréskor viszont a trágyázás hatása csak a szártermésben okozott koncentráció-csökkenést. Ez a nagy levélvesztéssel magyarázható. A stroncium ugyanis - a kalciumhoz hasonlóan - a vegetatív részekben, a levelekben koncentrálódik.

Az alumíniumtartalom, melynek forrása döntően a talaj, a növényben 20-30 mg/kg-on belül változott a föld feletti növényi részben (1. táblázat). A tenyészidő folyamán a koncentráció a bugahányáskor érte el a maximumot, a fejlődés további időszakában csökkent. Betakarításkor a nagyobb koncentrációkat a szártermésben mértük. A műtrágyázás a zöldminták átlagában és a szártermésben szignifikánsan növelte az Al-tartalmat.

A báriumkoncentráció a cirok föld feletti részében viszonylag kicsi ezen a kis agyagtartalmú talajon. A kezdeti koncentráció-növekedés után csökkenés következett be a teljes érésig. Teljes éréskor a szemtermésben minimális, a szárban viszont jelentős a Ba-tartalom. A műtrágyázás hatása általában nem érte el a szignifikáns szintet. A zöldnövényben végzett öt mintavétel átlagában viszont a kezeletlenhez viszonyítva csökkenés mutatkozik.

A szelén vizsgálata során a talajban lévő kis mennyiség és a viszonylag alacsony környezeti terhelés következtében maximálisan 3 mg/kg koncentrációkat találtunk. A 3. mintavételi időpontban nem kaptunk értékelhető adatokat. A vegetáció során a Se-koncentráció a kezelések átlagában enyhe csökkenést mutatott. Teljes éréskor a koncentrációk közel azonosak voltak a szem- és szártermésben. A műtrágyázás hatása a műtrágyában található szelén ellenére csak a zöldnövényminták átlagában mutatható ki a kontrollhoz viszonyítva.

1. táblázat
 A műtrágyázás hatása az elemkoncentrációk változására a
 tenyésztő függvényében
 (Szemes cirok, Órbottyán, 1992. Teljes föld feletti rész)

(1) Kezelés	(2) Mintavétel ideje						(3) SzD _{5%}	(4) Átlag	(5)	(6)
	jún. 16.	júl. 7.	júl. 21.	aug. 4.	aug. 17.	Szem			Szár	
								szept. 16.		
<i>Sr, mg/kg</i>										
1. ∅	45	33	38	41	30		37	1,1	69	
2. N	64	29	29	35	36		39	0,9	63	
3. NP	124	62	66	109	85	18	89	1,1	52	
4. NPK	103	58	57	75	64		71	0,9	47	
a) SzD _{5%}	44	17	15	12	17		8	NS	16	
b) Átlag	84	46	47	65	54	9	59	1,0	58	
CV %	33,1	23,0	19,5	11,8	19,7		46,0	17,5	16,9	
<i>Al, mg/kg</i>										
1. ∅	200		227	96	77		261	21,2	35	
2. N	124		296	97	85		285	30,4	50	
3. NP	128		186	67	79	31	188	31,0	51	
4. NPK	126		195	69	82		206	33,2	44	
a) SzD _{5%}	NS		NS	NS	NS		14	NS	16	
b) Átlag	144		226	82	81	15	235	28,9	45	
CV %	36,9		34,9	39,2	19,1		41,1	24,6	21,8	
<i>Ba, mg/kg</i>										
1. ∅	4,7	9,1	7,5	6,7	6,0		6,8	0,4	10	
2. N	4,4	8,8	5,8	6,1	5,6		6,1	0,4	12	
3. NP	4,5	6,8	9,1	5,6	7,4	1,2	6,7	0,3	8	
4. NPK	4,7	8,1	6,0	5,7	6,3		6,1	0,4	8	
a) SzD _{5%}	NS	NS	NS	NS	0,9		0,6	NS	3	
b) Átlag	4,6	8,2	7,1	6,0	6,3	0,6	6,4	0,4	9,5	
CV %	6,3	15,6	39,2	15,2	8,6		29,9	38,2	18,2	
<i>Se, mg/kg</i>										
1. ∅	2,3	1,3	-	1,0	1,2		1,4	1,7	0,8	
2. N	3,1	1,7	-	1,6	1,5		2,0	1,3	1,0	
3. NP	3,0	3,3	-	2,0	3,3	1,1	2,9	1,1	1,0	
4. NPK	2,0	2,2	-	2,0	1,9		2,0	1,0	1,9	
a) SzD _{5%}	NS	NS		0,8	NS		0,5	NS	1,1	
b) Átlag	2,6	2,1		1,6	2,0	0,6	2,1	1,2	1,2	
CV %	50,2	49,5		31,9	55,7		64,1	59,2	64,3	

1. táblázat folytatása

(1) Kezelés	(2) Mintavétel ideje							(5)	(6)
	jún. 16.	júl. 7.	júl. 21.	aug. 4.	aug. 17.	(3) SzD _{5%}	(4) Átlag	Szem szept. 16.	Szár
<i>Pb, mg/kg</i>									
1. ∅	0,9	2,5	0,9	2,1	1,2		1,5	0,02	0,6
2. N	1,1	2,3	1,7	1,4	1,3		1,6	0,01	1,3
3. NP	1,0	1,6	1,5	1,5	1,7	0,5	1,4	0,01	0,5
4. NPK	0,5	1,6	1,5	1,2	1,8		1,3	0,01	0,9
a) SzD _{5%}	NS	NS	NS	NS	NS		0,5	NS	0,5
b) Átlag	0,9	2,0	1,4	1,5	1,5	0,3		0,01	0,8
CV %	57,8	39,0	36,5	40,8	35,5		55,7		39,7

N = 80 kg/ha, P = 120 kg P₂O₅/ha, K = 80 kg K₂O/ha, NS = nem szignifikáns

Az ólom koncentrációja a szemes cirok föld feletti részében a vegetatív részekben általában 1 és 2 mg/kg mennyiségben volt mérhető. A vegetáció során koncentrációja gyakorlatilag nem változott. Teljes éréskor a szemben nagyon kevés, a szártermésben pedig 1 mg/kg körüli mennyiség volt. A műtrágyázás hatására a zöldnövényből vett minták átlagában a szártermésben a kontrollhoz viszonyítva az NPK-kezelésben szignifikánsan kisebb Pb-tartalmat mértünk. Betakarításkor a szemben csökkenést, a szárban koncentráció-növekedést okozott a műtrágyázás.

A kisebb koncentráció a levélfelület csökkenésével magyarázható a zöldnövényben. A szárban a relatíve alacsony ólomtartalmak a talaj kis Pb-tartalmával, valamint azzal magyarázható, hogy a terület a főközlekedési utaktól távol esik.

A felhalmozódás dinamikája

A szemes cirok föld feletti részében a hektáronként felvett stroncium 70-80 g-ot tett ki (2. táblázat). A felhalmozódás a virágzást követően volt a legintenzívebb, amikor a mennyiség csaknem felét vette fel a növény. Teljes éréskor csökkenés következett be, bizonyára a foszforos kezelésekben jelentkező nagymérvű levélesztés miatt.

A műtrágyázás, ezen belül a foszfor, következetesen növelte a Sr-tartalmat a kontrollhoz viszonyítva, valószínűleg a szuperfoszfátban található stroncium miatt. A felvett mennyiség többsége a szártermésben található. A szuperfoszfát hatását a teljes éréskor már nem lehetett igazolni.

Az alumínium hektáronként felvett tömege a virágzás idejére meghaladta a 100 g-ot (2. táblázat). A felhalmozódás legintenzívebb virágzáskor volt. Betakarításkor a kezelések átlagában a szemben és a szárban található mennyi-

2. táblázat

A műtrágyázás hatása az elemfelhalmozódás változására a tenyészidő függvényében (Szemes cirok, Órbottyán, 1992. Teljes föld feletti rész)

(1) Kezelés	(2) Mintavétel ideje							(5)	(6)
	jún. 16.	júl. 7.	júl. 21.	aug. 4.	aug. 17.	(3) SzD _{5%}	(4) Átlag	Szem szept. 16.	Szár
<i>Sr, g/ha</i>									
1. ∅	1,7	3,0	6,5	19,9	33,4		12,9	1,55	72,1
2. N	2,7	2,6	5,0	20,4	38,4		13,8	1,71	77,8
3. NP	7,4	6,8	17,6	76,7	157,8	17,9	53,3	1,64	57,8
4. NPK	5,5	5,0	14,5	46,7	78,7		30,1	2,06	75,8
a) SzD _{5%}	2,4	2,6	5,8	12,9	44,6		8,2	1,11	31,0
b) Átlag	4,3	4,3	10,9	40,9	77,1	8,9	27,5	1,72	70,9
%	6	6	14	53	100			2,4	97,6
CV %	35,7	37,2	33,3	19,7	36,2			40,0	27,4
<i>Al, g/ha</i>									
1. ∅	6,1		36,4	45,5	85,2		43,3	29,9	36,9
2. N	5,3		50,2	56,5	91,6		50,9	55,4	63,8
3. NP	7,7		50,6	46,4	146,8	20,6	62,9	47,5	56,1
4. NPK	6,7		44,9	42,6	99,6		48,5	74,1	73,2
a) SzD _{5%}	3,1		28,3	20,8	49,1		9,7	29,6	32,7
b) Átlag	6,4		45,6	47,8	105,8	10,3	51,4	51,6	57,5
%	6		24	44	97			47	53
CV %	30,6		38,8	27,3	29,1			35,8	35,6
<i>Ba, g/ha</i>									
1. ∅	0,19	0,84	1,35	3,25	6,63		2,45	0,61	10,6
2. N	0,19	0,79	0,98	3,54	5,94		2,29	0,78	15,9
3. NP	0,27	0,69	2,14	3,95	13,63	1,23	4,14	0,45	8,4
4. NPK	0,25	0,64	1,52	3,60	7,67		2,74	0,82	13,6
a) SzD _{5%}	0,11	0,36	0,92	0,98	2,94		0,55	0,42	7,7
b) Átlag	0,22	0,74	1,50	3,59	8,47	0,61	2,90	0,66	12,1
%	2	6	7	28	66			6	94
CV %	33,5	30,5	38,5	17,2	21,7			39,9	39,6
<i>Se, mg/ha</i>									
1. ∅	85	117	-	489	1309		500	2590	720
2. N	132	150	-	952	1566		700	2641	1221
3. NP	190	364	-	1389	5831	920	1943	1724	1080
4. NPK	104	185	-	1249	2375		978	2231	3081
a) SzD _{5%}	NS	NS	-	609	NS		401	NS	1278
b) Átlag	128	204	-	1020	2770	460	1030	2297	1525
%	3	5	-	27	73			(60)	(40)
CV %	70,1	74,3		37,3	65,6			67,2	52,4

2. táblázat folytatása

(1) Kezelés	(2) Mintavétel ideje						(3) SzD _{5%}	(4) Átlag	(5)	(6)
	jún. 16.	júl. 7.	júl. 21.	aug. 4.	aug. 17.	Szem			Szár	
								szept. 16.		
	<i>Pb, mg/ha</i>									
1. ∅	36	217	155	1018	1292		544	31	629	
2. N	46	200	293	842	1347		546	-	1646	
3. NP	60	164	429	1068	3091	547	962	-	561	
4. NPK	26	121	447	825	2175		719	34	1577	
a) SzD _{5%}	NS	107	NS	NS	1120		273	NS	914	
b) Átlag	42	175	331	938	1976	244	693	-	1103	
%	2	11	19	47	100			(2)	(98)	
CV %	69,0	38,1	69,9	54,8	35,5			-	51,8	

ségek lényegében nem tértek el egymástól. Az NP-műtrágyázás hatására a zöld-növényben a mintavételek átlagában statisztikailag igazolható növekedést tapasztaltunk a kezeletlenhez képest. Ugyanezt tapasztaltuk teljes éréskor az NPK-kezelésben.

A föld feletti részben a *bárium* tömege csupán 10 g-nyi mennyiséget ért el egy hektárra vetítve (2. táblázat). A felhalmozódás a generatív szakaszban felgyorsult és a beéredésre a teljes felvett mennyiség közel egyharmadát halmozta fel a cirok. A felhalmozott mennyiség csaknem egésze (94 %) a szárban helyezkedett el.

A zöldnövényből vett mintavételek átlagában az NP-kezelésben felvett bárium mennyiségének növekedése a kontrollhoz viszonyítva statisztikailag igazolható volt. A hatást valószínűleg a szuperfoszfát-műtrágya Ba-tartalma okozta.

A cirok föld feletti részében felhalmozódott *szelén* minimális, legfeljebb 5-6 g-os értéket ért el (2. táblázat). A felhalmozás a generatív szakaszban felgyorsult. Betakarításkor a szem több szelént tartalmazott, mint a szár.

Az NP- és NPK-műtrágyázás a generatív fázisban statisztikailag igazolhatóan növelte a Se-tartalmat a kontrollhoz viszonyítva. A teljesérés időszakában a műtrágyázás a szár által felvett mennyiséget szignifikánsan növelte.

Az *ólom*-felhalmozódás (2. táblázat) a kis környezeti terhelés következtében szerény mértékű. A tenyészidőszak alatt fokozatos növekedést mutat a virágzás végéig és éri el a maximumát. A beéredés folyamán jelentősen csökken, ami a levélzet elvesztésével magyarázható. A betakarításkor felhalmozott mennyiség csaknem teljesen a szárban található. A szemtermésben gyakorlatilag nincs.

A műtrágyázás hatása csak a teljes éréskor, valamint a zöldnövényben vett mintavételek átlagában volt statisztikailag igazolható.

Összefoglalás

Trágyázási tartamkísérletben karbonátos homokon tanulmányoztuk néhány nem esszenciális elem (Sr, Al, Ba, Se, Pb) felhalmozódását a szemes cirok föld feletti részében. A növénymintákat hat időpontban, a fontosabb fejlődési szakaszokban, vettük 0,35 m² felületről parcellánként. A kapott mérési eredmények alapján az alábbi fontosabb megállapítások tehetők:

- A Sr-, Al-, Ba- és Pb-koncentrációk a bugahányás kezdetéig növekedtek, ezt követően a teljes érésig különböző mértékű csökkenést mutattak. Teljes éréskor a Sr-, Al-, Ba- és Pb-koncentráció a szárban volt nagyobb. A Se-tartalom közel azonos volt a szem- és szártermésben.

- A műtrágyázás - ezen belül a P - a zöldnövényben szignifikánsan növelte a Sr- és a Se-tartalmat, a Ba- és Pb-tartalmat viszont csökkentette. A műtrágyázás a szárban a Se- és Pb-tartalmat növelte, a Sr-tartalmat pedig csökkentette.

- A felhalmozódás a Sr és Pb elemeknél a virágzás végéig tartott és akkor érte el a legnagyobb értéket.

- Betakarításkor a Sr, Ba és Pb elemek több mint 90 %-a a szárban helyezkedett el. Az Al közel azonos arányban volt megtalálható, míg a Se nagyobb részt a szemtermésben raktározódott.

- Az NPK-műtrágyázás a zöldnövényben mind az öt elem mennyiségét szignifikánsan növelte.

A mérési eredmények arról tanúskodnak, hogy az adott területen a szemes cirok föld feletti részében a felhalmozódott stroncium, alumínium, bárium, szelén és ólom mennyisége nem veszélyezteti a táplálékláncban lévőket.

Irodalom

- BAJAI J., 1970. A cirok. In: Növénytermesztők kézikönyve. 331-339. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BARABÁS Z. & BÁNYAI L., 1985. Cirok és szudánifű kémiai összetétele. In: Cirok és szudánifű. 101-111. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H., 1984. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.
- KASTORI, R., 1983. Role of Elements in Plant Nutrition. Matica Srpska. Novi Sad.
- KÁDÁR I., 1991. A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata. Környezet- és Természetvédelmi Kutatások. Akaprint. Budapest.
- KÁDÁR I., 1995. A talaj - növény - állat - ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. Környezet- és Természetvédelmi Kutatások. KTM - TAKI. Budapest.
- LÁSZTITY B. & SZEMES I., 1992. Homokjavítás tartamhatásának vizsgálata karbonátos homokon. Növénytermelés. 42. 349-360.
- LAKANEN, E. & ERVIÖ, R., 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agr. Fenn. 123. 223-232.
- MÉSZÁROS E., MOLNÁR A. & HORVÁTH Zs., 1993. A mikroelemek légköri ülepedése Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. 42. 229-242.

- SZABÓ, L., 1993. Situation of some natural researches in Hungary. In: Environmental Pollution Sources and Consequences. Tempus Joint European Project JEP 4988-92/1. 234-237.
- SZABÓ L., 1994. Gabonatermesztés. GATE Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Gyöngyös.
- SZABÓ, L. & KÁDÁR, I., 1994. Effect of heavy metal load on soil and crops. XXXVI. Georgikon Napok. PATE Mezőgazdaságtud. Kar, Keszthely. 146-153.
- SZABÓ S. A., GYÓRI D. & RÉGIUSNÉ M. A., 1992. Mikroelemek a mezőgazdaságban II. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- VANDERLIP, R. L., 1972. How a sorghum develops. Coop. Ext. Serv. Kansas State Univ., Manhattan.

Érkezett: 1996. április 22.

Concentration and Accumulation Dynamics of Certain Non-Essential Microelements in Grain Sorghum

B. LÁSZTITY

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

Summary

In a long-term fertilization experiment on calcareous sandy soil studies were made on the accumulation of certain non-essential elements (Sr, Al, Ba, Se, Pb) in the aboveground parts of grain sorghum. Plant samples were taken on six occasions from an area of 0.35 m² per plot. The following conclusions can be drawn from the results:

- The concentrations of Sr, Al, Ba and Pb rose until the beginning of flowering, after which various extents of reduction were observed up to full maturity. At full maturity the Sr, Al, Ba and Pb concentrations were greater in the stem, while that of Se was much the same in the grain and stem.
- Fertilization, especially with P, led to a significant increase in the Sr and Se contents in the green plant, while those of Ba and Pb decreased. Fertilization increased the Se and Pb contents in the stem, but reduced that of Sr.
- The accumulation of Sr and Pb continued until the end of flowering, when it reached its highest value.
- At harvesting over 90% of the elements Sr, Ba and Pb was found in the stem. Al was present in almost equal proportions in the grain and stem, while the majority of the Se was accumulated in the grain yield.
- NPK fertilization resulted in a significantly greater quantity of all five elements in the green plant.

Table 1. Effect of fertilization on element concentrations during the vegetation period. Grain sorghum, Órbottyán, 1992. Whole aboveground parts. (1) Treatment. a) LSD_{5%}; b) Mean. (2) Sampling date. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. (5) Grain. (6) Stem.

Table 2. Effect of fertilization on element accumulation during the vegetation period. Grain sorghum. Órbottyán, 1992. Whole aboveground part. (1)-(6): Table 1.