

Műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare Pers.*) elemfelvételére

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Előző munkánkban bemutattuk, hogyan alakult a szemescirok fejlődése, gyomosodása, termése az eltérő NPK-kínálat függvényében (KÁDÁR & RADICS, 2005). A továbbiakban arra keressük a választ, hogyan változhat a növény elemösszetétele, fajlagos elemtartalma. Mennyiben jelezhető előre a növény tápláltsági állapota a fiatal hajtás, vagy a virágzás kezdetén vett levél analízisével? Milyen összefüggés áll fenn a talaj-, ill. növényelemzési adatok és termés között? Melyek azok a növénydiagnosztikai optimumok, amelyek alapul szolgálhatnak a tudományos igényű szaktanácsadás számára?

Mivel kevés adatot közöltek e növényre, korábban a kukoricára megállapított eredményeket kísérelték meg interpretálni a gyakorlat számára (JONES & ECK, 1973). A két növény trágyaigénye és elemösszetétele azonban eltérő, melyre BENETT (1971) összehasonlító vizsgálatai is utaltak. Az USA déli államaiban LOCKMAN (1972) végzett több éven át levéldiagnosztikai kutatásokat. A szemescirok termesztési körzetében kapott optimumok, melyek a felülről vett 3. levél összetételére vonatkoztak, virágzás kezdetén az alábbiak voltak: N 3,3–4,0%; P 0,2–0,4%; K 1,4–1,7%; Ca 0,3–0,6%; Mg 0,2–0,5%; Fe 65–100; Mn 80–190; Zn 15–30; B 4–10; Cu 2–7 mg/kg szárazanyagban.

MORARD (1984) szerint DNy-Franciaországban 1962 óta termelik a hibrid szemescirot (Milo sorghum) mintegy 100 ezer ha-on. A levéldiagnosztikai optimumokat kiterjedten nem adaptálták. BERGMANN (1992) a kifejlett legfelső levél mintázását javasolja és az alábbi koncentráció optimumokat közli könyvében: 2,8–4,0 N; 0,25–0,50 P; 2,0–3,0 K; 0,3–0,6 Ca; 0,2–0,5 Mg %-ban, valamint 25–100 Mn; 25–70 Zn; 5–15 B; 5–12 Cu; 0,15–0,30 Mo mg/kg szárazanyagban megadva. Itthon LÁSZTITY (1995) kísérte figyelemmel az Alföldi 1. hibrid szemescirok elemtartalmának és szárazanyag-felhalmozásának változását a tenyésztő és az NPK-műtrágyázás függvényében, a Duna–Tisza közti homokon beállított szabadföldi kísérletében. Ugyanezen évben ugyanazon fajtával dolgoztunk saját mezőföldi kísérletünkben, célszerű tehát a szerző adatait részletesebben taglalnunk összevetés céljából.

Postai cím: KÁDÁR IMRE, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15. *E-mail:* kadar@rissac.hu.

LÁSZTITY (1995) a július elején vett hajtásban és a kezelések függvényében 2,8–3,0 N; 0,26–0,30 P; 0,7–1,3 K; 1,1–1,3 Ca; 0,4–0,5 Mg; 0,12–0,5 S; a szárban átlagosan 0,62 N; 0,04 P; 1,05 K; 1,36 Ca; 0,49 Mg; 0,09 S; a szemben 2,2 N; 0,26 P; 0,32 K; 0,02 Ca; 0,17 Mg; 0,09 S %-os készletet talált. Aratáskor a szem 1,7; a szár 1,3; azaz az összes föld feletti légszáraz tömeg 3,0 t/ha mennyiséget tett ki a száraz 1992-es évben.

Ami a mikroelemeket illeti, a július eleji hajtás 761 Fe-, 85 Mn-, 36 Zn-, 8 Cu-, 43 Na- és 3 mg/kg B-koncentrációt mutatott átlagosan (LÁSZTITY, 1996a). A fajlagos (azaz 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés) elemtartalom ebben a kísérletben átlagosan 26 kg N; 2,9 kg P; 11 kg K; 10 kg Ca; 5 kg Mg; 1,4 kg S; 142 g Fe; 83 g Mn; 28 g Zn; 7 g Cu; 5 g B és 41 g Na mennyiség volt (LÁSZTITY, 1996b). A szerző megállapításai szerint a nem esszenciálisnak tartott elemek közül az NP-trágyázás növelte a Sr- és Se-, valamint mérsékelte a Ba- és Pb-koncentrációt. Az aratáskori föld feletti szem- + szárterméssel összesen 110 g Al, 100 g Sr, 13 g Ba, kereken 4 g Se és 1 g Pb elem távozott ha-onként (LÁSZTITY, 1996c).

Anyag és módszer

Az 1973 őszen az MTA TAKI Nagyhorcsöki Kísérleti Telepén beállított műtrágyázási tartamkísérlet termőhelyi jellemzését, valamint az alkalmazott kezeléseket és a kísérlet elrendezését a folyóirat jelen számában (359–374 oldal) megjelenő közlemény (KÁDÁR, 2005) ismerteti. A növényi sorrend a következő volt: búza (2 év), kukorica (2 év), burgonya, őszi árpa, zab, cukorrépa, napraforgó, mák, repce, mustár, sörárpa, olajlen, szója, rostkender, borsó, tritikále.

Kísérletünk 19. évében Alföld-1 hibrid szemescirkot termesztettünk. A vetés 1992. május 11-én történt 50 cm sortávolságra, 20 kg/ha vetőmaggal 3–5 cm mélyre. A tenyészidő során állománybonítást végeztünk július elején és augusztus végén állományfejlésre, majd elszáradásra is. Három ízben az állományt megmintáztuk: 4–6 leveles korban a föld feletti hajtást, bugahányáskor virágzás előtt a buga alatti kifejlett levelet, aratáskor mintakévévettünk parcellánként 20–20 növény begyűjtésével.

Parcellánként megállapítottuk a növények átlagos magasságát; a szem, a szalma és a pelyva termését, valamint a szemek ezermagtömegének alakulását. Hasonlóképpen azonosítottuk parcellánként az előforduló gyomfajokat és a növényborítottságot. A növénymintákat analízisre előkészítve finomra daráltuk és meghatároztuk fontosabb elemkészletüket cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ feltárás után ICP-technikát alkalmazva. A nitrogént a hagyományos cc. H₂SO₄ + cc. H₂O₂ roncsolás után elemeztük (BARANYAI et al., 1987). A kombájn aratást követően a szántott rétegből talajmintákat vettünk 20–20 lefűrés/parcella anyagának összekeverésével. A mintákban az ammónium-laktát-oldható PK-tartalmakat vizsgáltuk meg (EGNÉR et al., 1960).

A csapadékellátottságról elmondható, hogy 1992-ben a sokévi átlagnál (590 mm) jóval kevesebb (470 mm) eső hullott. Az elővetemény tritikále lekerülése után 1991. július vége–december vége között 268 mm csapadékot kapott a kísérleti terület. A cirok vetéséig (1992 májusáig) ehhez még 56 mm járult. A tenyészidő alatti

havi csapadékösszegek az alábbiak voltak: május hónapban 9, júniusban 156, júliusban 14, augusztusban 3, szeptemberben 17, októberben 125 mm, azaz összesen 324 mm rendkívül egyenetlen eloszlásban. Elméletileg tehát $268 + 52 + 324 = 644$ mm vízkészlettel rendelkezhetett a növényzet, amennyiben a talaj a lehulló csapadékot megfelelően tárolta a gyökérszónában.

Az adatokból látható, hogy aszályos volt a május, július, augusztus és szeptember, valamint erősen csapadékos a június és az október. A száraz május miatt a fejlődés igen lassú volt és az állomány erősen elgyomosodott. A csapadékos október miatt viszont késett az érés, a szár zöld és lédús maradt és megnehezült a kombájolás, mely kitolódott november elejére. A forró júliusi és augusztusi nyári hónapok alatt mindösszesen 17 mm eső hullott. Megemlítjük, hogy kísérleti telepünkön az OTK műtrágyázási tartamkísérletekben 1992-ben 3–6 t/ha közötti szemterméseket kaptunk a kezelésektől függően.

Az $N \times P \times K$ másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatók, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős $N \times P$, $N \times K$, $P \times K$ táblázatok közül hely hiányában csak azokat mutatjuk be a 3. tényező (tehát összesen 8–8 ismétlés) átlagában, ahol a kölcsönhatások kifejezettek. Amennyiben az ilyen elsőrendű kölcsönhatások sem érdemlegesek, csak a főhatásokat (N, P, K) közöljük 32–32 ismétlés átlagában. A kétirányú vagy kéttényezős eredménytáblázatokban az $SzD_{5\%}$ -értékek azonosak a sorokra és az oszlopokra, így azokat csak egyszer tüntetjük fel.

Eredmények

Megemlítjük, hogy a maximális 4,1 t/ha szem-, ill. 4,8 t/ha szárterméseket a 19 éve nitrogénnel nem trágyázott, 105 mg/kg AL- P_2O_5 -, ill. 128 mg/kg AL- K_2O -ellátottságú parcellában kaptuk. A N-trágyázás depressziót okozott, mely a P-hiányos talajon és a 300 kg N/ha/év adagolás esetén már 50%-os termésvesztéséget eredményezett ebben az aszályos évben. A P-trágyázás 0,4–0,6 t/ha kimutatható szemtermés-többleteket adott a kontrollhoz képest. Igazolható depressziót a P-túlsúly nem okozott. A K-trágyázás hatástalan maradt (KÁDÁR & RADICS, 2005).

A N-trágyázás minden növényi szerv N-tartalmát igazolhatóan növelte. Leggazdagabb volt nitrogénben a fiatal hajtás, ezt követte a bugahányáskori levél, majd a szem. A szem nyersfehérje készlete a 19 éve nitrogénnel nem trágyázott talajon is jelentős volt, 13%-ot ért el, mely 17% körülire emelkedett a maximális kínálattal. A N-adagolás általában serkentette a kén beépülését is a növényi részekbe, kivételt a szár jelentett. A szem kéntartalma alacsony, megegyezik a szalmáéval. Hasonlóképpen kevés mangán, réz és molibdén található a szemtermésben a vegetatív szervekhez képest (1. táblázat).

A levél és a szár Mn-, ill. Cu-koncentrációja jelentősen emelkedett a N-kínálattal, míg a szemben ez a serkentő hatás már alig figyelhető meg. Ezzel szemben a Mo-tartalom igazolhatóan mérséklődött a vegetatív részekben, míg a kontrollhoz viszonyítva N-adagolással a szemben megháromszorozódott.

1. táblázat
A N-ellátás hatása a légszáraz szemescirok elemösszetételére 1992-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Növényi rész	(2) N-ellátottsági szintek, kg N/ha/év				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	100	200	300		
	<i>N %</i>					
a) Hajtás ¹	2,81	3,48	3,53	3,60	0,08	3,36
b) Levél ²	2,60	2,80	2,93	2,99	0,14	2,83
c) Szár ³	0,45	0,70	0,82	0,87	0,09	0,71
d) Szem ³	2,07	2,50	2,53	2,66	0,21	2,44
	<i>S %</i>					
a) Hajtás ¹	0,19	0,22	0,22	0,23	0,01	0,22
b) Levél ²	0,17	0,18	0,19	0,19	0,01	0,18
c) Szár ³	0,10	0,09	0,08	0,08	0,01	0,09
d) Szem ³	0,08	0,09	0,10	0,10	0,01	0,09
	<i>Mn, mg/kg</i>					
a) Hajtás ¹	79	86	87	92	6	86
b) Levél ²	63	85	90	121	10	84
c) Szár ³	56	94	101	101	8	88
d) Szem ³	14	14	15	15	1	14
	<i>Cu, mg/kg</i>					
a) Hajtás ¹	10	12	12	13	1	12
b) Levél ²	8	12	13	13	1	11
c) Szár ³	4	9	10	10	1	8
d) Szem ³	2	3	3	3	0,2	3
	<i>Mo, mg/kg</i>					
a) Hajtás ¹	0,36	0,31	0,26	0,20	0,15	0,28
b) Levél ²	0,56	0,55	0,45	0,40	0,11	0,49
c) Szár ³	0,20	0,19	0,19	0,16	0,03	0,18
d) Szem ³	0,04	0,14	0,15	0,13	0,06	0,11

¹: július 1-jén; ²: július 23-án; ³: november 5-én aratáskor

A talaj javuló P-ellátottsága átlagosan 10–20%-kal csökkentette a vegetatív növényi részek, ill. növelte a mag K %-át. A mag kalciumban szegény, a vegetatív szervek átlagosan 20-szorosát tartalmazták a magban talált készletnek és ez a készlet nőtt a P-trágyázással. A magnézium egyenletesebb eloszlást mutatott a növényi szervek között, a P-ellátással a Mg-beépülés emelkedett. A szár P-készlete aratás idejére a szembe vándorolt alapvetően, ahol a P-trágyázás hatása tükröződött az emelkedett P-koncentrációkban. Az általánosan elterjedt irodalmi utalásokkal ellentétben a vas beépülését a P-adagolás nem korlátozta, sőt a vegetatív szerveken átlagosan 20–40%-kal növelte a Fe-koncentrációit a kontrollhoz viszonyítva (2. táblázat).

A P-ellátottsággal párhuzamosan nőtt a Mn-akkumuláció is a növényi szervekben, különösen a levélben és a szárbán, ahol a Mn-tartalom a kontrollhoz képest

2. táblázat

A talaj P-ellátottságának hatása a légszáraz szemescirok elemösszetételére 1992-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsók)

(1) Növényi rész	(2) Ammónium-laktát- (AL-) oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	78	105	175	263	18	152
			<i>K %</i>			
a) Hajtás ¹	3,42	3,17	3,02	2,88	0,17	3,12
b) Levél ²	1,76	1,63	1,55	1,56	0,09	1,62
c) Szár ³	1,37	1,20	1,03	1,02	0,11	1,16
d) Szem ³	0,16	0,17	0,19	0,19	0,02	0,18
			<i>Ca %</i>			
a) Hajtás ¹	0,60	0,64	0,69	0,74	0,04	0,67
b) Levél ²	0,61	0,71	0,74	0,82	0,04	0,72
c) Szár ³	0,49	0,52	0,54	0,58	0,05	0,53
d) Szem ³	0,03	0,03	0,03	0,03	,01	0,03
			<i>Mg %</i>			
a) Hajtás ¹	0,24	0,29	0,31	0,33	0,02	0,29
b) Levél ²	0,23	0,28	0,33	0,39	0,03	0,31
c) Szár ³	0,14	0,17	0,20	0,22	0,02	0,18
d) Szem ³	0,10	0,11	0,12	0,12	0,01	0,11
			<i>P %</i>			
a) Hajtás ¹	0,28	0,31	0,34	0,36	0,02	0,32
b) Levél ²	0,26	0,27	0,27	0,31	0,02	0,28
c) Szár ³	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03
d) Szem ³	0,21	0,24	0,28	0,30	0,02	0,26
			<i>Fe, mg/kg</i>			
a) Hajtás ¹	127	127	148	167	8	142
b) Levél ²	138	136	180	245	17	175
c) Szár ³	199	198	241	293	19	233
d) Szem ³	29	30	30	29	3	29
			<i>Mn, mg/kg</i>			
a) Hajtás ¹	67	77	93	107	6	86
b) Levél ²	62	71	104	150	12	97
c) Szár ³	64	72	97	120	8	88
d) Szem ³	13	14	15	16	1	14
			<i>Sr, mg/kg</i>			
a) Hajtás ¹	13	18	25	33	2	22
b) Levél ²	10	14	18	24	2	17
c) Szár ³	14	16	18	21	2	17
d) Szem ³	0,6	0,6	0,6	0,6	0,1	0,6
			<i>Zn, mg/kg</i>			
a) Hajtás ¹	23	18	15	13	2	17
b) Levél ²	19	15	11	10	2	14
c) Szár ³	21	16	13	13	2	16
d) Szem ³	21	17	15	13	1	17

2. táblázat folytatása

(1) Növényi rész	(2) Ammónium-laktát- (AL-) oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	78	105	175	263	18	152
<i>Cu, mg/kg</i>						
a) Hajtás ¹	12	12	12	11	1	12
b) Levél ²	14	11	11	10	1	11
c) Szár ³	10	7	7	8	1	8
d) Szem ³	2	3	3	3	1	3
<i>B, mg/kg</i>						
a) Hajtás ¹	1,6	1,3	1,1	1,1	0,3	1,3
b) Levél ²	5,9	4,5	4,8	5,2	0,7	5,1
c) Szár ³	6,0	5,2	5,0	5,0	0,4	5,3
d) Szem ³	2,0	1,6	1,6	1,4	0,3	1,6

¹: július 1-jén; ²: július 23-án; ³: november 5-én aratáskor

megkészsereződött. A szem kevés mangánt akkumulált, a stronciumot viszont szinte kizárta. A magtermés átlagos Sr-készlete mindössze 0,6 mg/kg értéket ért el. A szuperfoszfát 2% körüli Sr-szennyezettségére visszavezethetően a vegetatív növényi részek Sr-tartalma 1,5–2,5 –szeresére ugrott a P-trágyázással (2. táblázat).

A Zn egyenletesen oszlott meg a szárban és a szemben. A termőhely Zn elemmel eredendően gyengén ellátott, melyet a P–Zn antagonizmus tovább erősíthet, kifejezettebbé tehet. Összehasonlításképpen LÁSZTITY (1996a) a július eleji hajtásban 36 mg/kg Zn-koncentrációt talált a kísérlet átlagában, a meszes homoktalajon, ahol a Zn-ellátottság szintén mérsékelt. A levélbeni optimum LOCKMAN (1972) szerint 15–30 mg/kg, BERGMANN (1992) szerint 25–70 mg/kg tartományban található a szárazanyagban.

A levéldiagnosztikai irodalomban elfogadott, hogy ha a zöld növényi részek Zn-készlete 20 mg/kg alá esik, ill. a P/Zn aránya 200 fölé emelkedik, gyakorlatilag minden növényfajnál Zn-hiány jelenséggel számolhatunk. A hiány fajtól függően rejtve maradhat vagy az arra érzékeny fajoknál termésesökkenést okozhat. Kísérletünkben a Zn-koncentráció 20 mg/kg körüli volt a P-kontrolltalajon, mely a P-trágyázással 10–13 mg/kg értékre süllyedt a növényi részekben. A P/Zn aránya a hajtásban a kontrollon mért 122-ről 277-re, a levélben 137-ről 310-re, a szemben 100-ról 333-ra nőtt a maximális P-ellátottságon. A statisztikailag még nem igazolható 0,3 t/ha körüli szemtermésesökkenés csak a 200 mg/kg AL-P₂O₅ feletti ellátottságon jelentkezett (KÁDÁR & RADICS, 2005).

Mérséklődött a réz beépülése is a vegetatív szervekbe a javuló P-ellátottsággal. A szemtermés Cu elemében viszonylag szegény volt és összetételét a P-trágyázás nem befolyásolta. A bór főként a levélben és a szárban dúsult, koncentrációját a P-adagolás minden esetben, minden növényi részben mérsékelt (2. táblázat). Méréseink szerint az Al-, Ba-, Ni- és Cd-koncentráció a hajtásban 24, 4, 0,6 és 0,4 mg/kg, a levélben 30, 5, 0,1 és 0,1 volt a légszáraz anyagban és igazolhatóan nem változott a műtrágyázás hatására.

A talaj növekvő K-kínálatával látványosan nőtt a vegetatív növényi részek, különösen a hajtás K-tartalma. A szem káliumban igen szegény – legalábbis a kalászosok magtermésével összevetve – és K-tartalmát a K-trágyázás nem befolyásolta.

3. táblázat

A talaj K-ellátottságának hatása a légszáraz szemescirok elemösszetételére 1992-ben (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsök)

(1) Növényi rész	(2) Ammónium-laktát- (AL-) oldható K ₂ O, mg/kg				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	128	206	301	404	24	266
	<i>K %</i>					
a) Hajtás ¹	1,96	2,96	3,88	3,70	0,17	3,12
b) Levél ²	1,33	1,50	1,72	1,95	0,09	1,62
c) Szár ³	0,62	1,11	1,39	1,51	0,11	1,16
d) Szem ³	0,18	0,16	0,18	0,18	0,02	0,18
	<i>Ca %</i>					
a) Hajtás ¹	0,88	0,67	0,58	0,54	0,04	0,67
b) Levél ²	0,87	0,75	0,63	0,64	0,04	0,72
c) Szár ³	0,60	0,54	0,50	0,49	0,05	0,53
d) Szem ³	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03
	<i>Mg %</i>					
a) Hajtás ¹	0,43	0,31	0,23	0,20	0,02	0,29
b) Levél ²	0,42	0,32	0,25	0,23	0,03	0,31
c) Szár ³	0,25	0,19	0,15	0,13	0,02	0,18
d) Szem ³	0,11	0,12	0,12	0,11	0,02	0,11
	<i>Na, mg/kg</i>					
a) Hajtás ¹	119	48	36	25	12	57
b) Levél ²	59	40	42	44	10	46
c) Szár ³	31	53	67	77	18	57
d) Szem ³	23	24	22	27	4	24
	<i>Sr, mg/kg</i>					
a) Hajtás ¹	28	22	20	18	2	22
b) Levél ²	21	17	14	14	2	17
c) Szár ³	19	18	16	16	2	17
d) Szem ³	0,5	0,6	0,6	0,7	0,2	0,6

¹: július 1-jén; ²: július 23-án; ³: november 5-én aratáskor

A vizsgált kationok (mint a Ca, Mg, Na és Sr) erőteljes antagonizmust mutattak a káliummal. Koncentrációik eltérő mértékben, de minden esetben igazolhatóan csökkentek a vegetatív szövetekben. A szemtermés genetikailag stabilabb összetételű és esetenként nagyságrenddel kisebb készlettel rendelkezik (3. táblázat).

Míg a K-trágyázás csökkentette, a P-trágyázás növelte a fontosabb vizsgált kationok növénybeni akkumulációját. A K×P kölcsönhatások eredményeképpen az egyes fémek koncentrációi jobban változtak, mint a nitrogén a N-trágyázással, vagy

a foszfor P-adagolással, a kálium a K-trágyázással. Így pl. nem folytattunk Ca, Mg, Mn vagy Sr elemekkel külön trágyázást. A 4. táblázat adatai szerint a Ca kereken 0,4–1,1%; a Mg 0,16–0,45%; a Mn 63–131 mg/kg, a Sr 12–42 mg/kg koncentráció-tartományban módosult az egyoldalú P-hiánnyal párosult K-túlsúly, ill. egyoldalú P-túlsúlyal párosult K-hiány eredményeképpen a fiatal hajtásban.

4. táblázat

A talaj P×K-ellátottságának hatása a 4–6 leveles légszáraz szemescirok hajtásának összetételére 1992-ben (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsók)

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	(1) Ammónium-laktát (AL-) oldható K ₂ O, mg/kg				(2) SzD _{5%}	(3) Átlag
	128	206	301	404		
	<i>Ca %</i>					
78	0,72	0,59	0,57	0,53		0,60
105	0,82	0,66	0,57	0,51	0,08	0,64
175	0,92	0,69	0,58	0,57		0,69
263	1,06	0,74	0,61	0,57		0,74
a) Átlag	0,88	0,67	0,58	0,54	0,04	0,67
	<i>Mg %</i>					
78	0,36	0,22	0,21	0,16		0,24
105	0,44	0,31	0,23	0,19	0,04	0,29
175	0,45	0,35	0,24	0,22		0,31
263	0,45	0,37	0,26	0,24		0,33
a) Átlag	0,43	0,31	0,23	0,20	0,02	0,29
	<i>Mn, mg/kg</i>					
78	70	69	67	63		67
105	92	79	73	63	12	77
175	109	96	84	85		93
263	131	106	98	93		107
a) Átlag	100	88	80	76	6	86
	<i>Sr, mg/kg</i>					
78	15	12	13	12		13
105	23	18	17	14	4	18
175	32	25	22	21		25
263	42	32	29	26		33
a) Átlag	28	22	20	18	2	22

A kölcsönhatások meghatározó jelenségei az életfolyamatoknak, hasonló összetett kísérletek lehetővé teszik feltárásukat, megismerésüket a növénytáplálásban. Leginkább kifejezetteen a fiatal, zöld, vízdús, fotoszintetikus vegetatív növényi részekben jelentkeznek. Számunkra kiemelt fontosságú lehet a Zn-felvétel serkentése vagy gátlása, hiszen terméskorlátozó tényezővé válhat. A nitrogén serkentheti a Zn-felvételt, de vajon ellensúlyozza-e ezzel a P-indukálta Zn-felvételi gátlást? Lássuk a cink koncentrációinak alakulását az egyes növényi részekben, a tenyészidő egészének függvényében.

Az 5. táblázatban bemutatott eredmények szerint a N-trágyázással általában nőtt a Zn-tartalom a P-hiányos talajon. Az erősen P-trágyázotton viszont a N-adagolás már nem növelte, hanem az aratás idején kifejezetten gátolta a cink beépülését a szárba és a szembe. A legalacsonyabb Zn-tartalmakat a foszforral jól ellátott, 263

5. táblázat

A talaj N×P-ellátottságának hatása a légszáraz szemescirok Zn-tartalmára 1992-ben, mg/kg (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	⁽¹⁾ N-trágyázás, kg N/ha/év				⁽²⁾ SzD _{5%}	⁽³⁾ Átlag
	0	100	200	300		
<i>A. 4–6 leveles hajtás július 1-jén</i>						
78	19	23	24	25	4	23
105	14	18	19	21		18
175	14	14	16	15		15
263	12	12	12	14		13
a) Átlag	15	17	18	19	2	17
<i>B. Levél bugahányáskor július 23-án</i>						
78	16	20	20	20	5	19
105	16	15	15	15		15
175	11	10	11	11		11
263	11	9	10	10		10
a) Átlag	13	14	14	14	2	14
<i>C. Szár aratáskor november 5-én</i>						
78	17	24	24	20	4	21
105	19	14	15	15		16
175	15	14	12	11		13
263	17	12	12	12		13
a) Átlag	17	16	16	15	2	16
<i>D. Szem aratáskor november 5-én</i>						
78	19	20	22	23	2	21
105	16	18	17	17		17
175	16	15	15	13		15
263	15	13	13	13		13
a) Átlag	17	16	17	16	1	17

mg/kg AL-P₂O₅- és 300 kg/ha/év N-trágyázás mellett nyertük. A nitrogén túlsúlya tehát erősítette a P-indukálta Zn-hiány fellépését, nem pedig ellensúlyozta azt.

Amennyiben a szemescirok tápláltsági állapotát a fiatal hajtás vagy a kifejlett felső levelek összetétele alapján kívánjuk megítélni, az optimális ellátottságot a 2,0–3,0% N-, 0,20–0,30% P-, 1,5–3,0% K-tartalommal, ill. 7–15 körüli N/P aránnyal jellemezhetjük. Megemlítjük, hogy hasonlóan alacsonyabb optimumokat közöl az újabbkori amerikai irodalom is. Így pl. JONES (2003) szerint a levél „normális” összetételét 2,0–3,0% N-, 0,2–0,4% P-, 1,5–3,0% K-, 0,3–0,5% Ca-, 0,2–0,4%

Mg-; 5–10 mg/kg Cu-; valamint 10–75 mg/kg közötti Zn-, B- és Mn-koncentrációk mutatják.

A magtermés ásványi elemekben általában szegényebb, normális összetételét a szerző az alábbiakban adja meg: 1,0–2,0% N; 0,2–0,4% P; 0,3–0,5% K; 0,1–0,2% Mg; 0,03–0,05% Ca; 1–3 mg/kg B; ill. 5–15 mg/kg közötti Mn, Zn és Cu. Példaképpen említi, hogy az 5,1 t/ha mag- + 6,8 t/ha szárterméssel a felvett elemek tömege aratáskor 95+70=165 kg N, 30+12=42 kg P₂O₅, 25+100=125 kg K₂O, 3+15=18 kg Ca, 10+8=18 kg Mg és 7+13=20 kg S mennyiséget tett ki. A nitrogén, foszfor és magnézium nagyobb részét a magban, a K, Ca és S elemek nagyobb részét a melléktermésben találta (JONES, 2003). A fenti adatokból számolva az 1 t szem + melléktermés fajlagos elemtartalma tehát kereken 32 kg N, 8 kg P₂O₅, 25 kg K₂O, valamint 3–4 kg Ca, Mg és S mennyiségnek adódik.

Saját eredményeinket a 6. táblázat foglalja össze. Adataink szerint a szemtermés akkumulálta a N, P, Ni, Cd és Mo nagyobb részét, valamint a S és Zn elemek felét. A vizsgált 20 elemből tehát 13–14 ásványi elem főként a melléktermésben maradt és kombájn betakarításnál visszakerülhet a talajba. A talaj elszegényedése elsősorban N és P elemekben következhet be. Ami a fajlagos elemtartalmakat illeti, a N

6. táblázat

A szemescirok minimális–maximális és átlagos fajlagos elemfelvétele aratáskor 1992-ben (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsók)

(1) Elem jele mértékegység		(2) Szár + pelyva 1,7–4,8 t/ha	(3) Szemtermés 2,0–4,1 t/ha	(4) Együtt 3,8–8,9 t/ha	(5) Átlagos fajlagos 1 t szem + mellékterm.
N	kg/ha	16–30	50–90	86–120	31
K	kg/ha	14–63	4–7	18–70	14
Ca	kg/ha	9–22	1–1	10–23	6
Mg	kg/ha	3–9	2–5	5–14	3
P	kg/ha	1–2	4–11	5–12	3
S	kg/ha	2–4	2–4	4–8	2
Fe	g/ha	300–1400	50–120	350–1520	272
Mn	g/ha	120–380	24–60	144–440	104
Na	g/ha	80–280	50–120	130–400	83
Al	g/ha	120–250	9–16	129–266	63
Zn	g/ha	34–72	34–73	68–145	32
Sr	g/ha	30–80	1–2	31–82	18
Cu	g/ha	20–29	6–12	26–41	11
Ba	g/ha	14–33	–	14–33	8
B	g/ha	2–6	–	2–6	1,5
Pb	g/ha	2–3	1–2	3–4	1
Ni	g/ha	0,1–0,2	1–2	1–2	0,5
Cd	g/ha	0,1–0,2	0,3–0,5	0,4–0,7	0,2
Mo	g/ha	0,1–0,2	0,1–0,4	0,2–0,6	0,1
Cr	g/ha	0,2–0,5	–	0,2–0,5	0,1

átlagosan 31 kg, a P_2O_5 6–7 kg, a K_2O 16–17 kg, a CaO 8 kg, a MgO 5 kg mennyiséget jelzett az 1 t szem- + melléktermésben. ANTAL (1987) a hazai szaktanácsadás számára 29–10–31–8–3 = N– P_2O_5 – K_2O –CaO–MgO fajlagos mutatókat közöl. Megállapítható, hogy a N és a CaO jó egyezést mutat, míg a szaktanácsadásban ajánlott P_2O_5 mintegy 50%-kal, a K_2O 80–90%-kal haladja meg a kísérletben mért fajlagosokat, a MgO mennyisége viszont alábecsültnek tűnik. További kísérletek és vizsgálatok szükségesek a megbízhatóbb fajlagos mutatók megállapításához.

Összefoglalás

Karbonátos csernozjom vályog talajon, egy műtrágyázási tartamkísérlet 19. évében vizsgáltuk az eltérő NPK-ellátottsági szintek és kombinációik hatását az Alföldi 1. hibrid szemescirok elemösszetételére és fajlagos elemtartalmára. A termőhely talaja a szántott rétegben 3% humuszt, 5% $CaCO_3$ -ot és 20% agyagot tartalmazott; P és Zn elemekkel gyengén, N és K elemekkel közepesen ellátottnak minősült. Kísérletünk $4N \times 4P \times 4K = 64$ kezelést és 2 ismétlést foglalt magában 128 parcellával. A műtrágyákat 25%-os N-tartalmú pétisó, 18%-os szuperfoszfát és 50%-os kálisó formájában adagoltuk. A talajvíz 15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. A főbb eredményeket az alábbiakban foglaljuk össze.

– A maximális 4,1 t/ha szem-, ill. 4,8 t/ha szárterméseket a 19 éve nitrogénnel nem trágyázott, 105 mg/kg AL- P_2O_5 -, ill. 128 mg/kg AL- K_2O -ellátottságú parcellákon kaptuk. A N-trágyázás depressziót eredményezett, mely a P-hiányos talajon és a 300 kg N/ha/év adagolás esetén már 50%-os termésvesztést okozott ebben az aszályos évben. A K-trágyázás hatástalan maradt. A N-túlsúly serkentette a nitrogén, kén, mangán, réz és gátolta a molibdén beépülését a vegetatív szervekbe. A csökkenő szemtermésben ugyanakkor a molibdén megháromszorozódott a N-kontrollhoz viszonyítva.

– A P-trágyázás növelte a Ca, Mg, Fe, Mn és Sr, ill. mérsékelte a K, Zn, Cu és B elemek koncentrációját a növény vegetatív részeiben, esetenként a szemben is. Erősen kifejezetté vált a P–Mn és P–Sr szinergizmus a zöld növényi részekben, valamint a P–Zn antagonizmus minden szervben. A K-trágyázás drasztikusan csökkentette a Ca, Mg, Na és Sr kationok felvételét a kation-antagonizmus nyomán.

– A szemescirok optimális ellátottságát a fiatal 4–6 leveles hajtás vagy a kifejlett bugahányáskori levél 2,0–3,0% N-; 0,20–0,30% P- és 1,5–3,0% K-tartalom; ill. a 7–15 N/P és az 50–150 közötti P/Zn aránya jellemezheti. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára.

– Kombájn betakarításnál, amikor csak a szemtermést visszük el a tábláról, a talaj főként N és P elemekben szegényedhet. Az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemtartalma kísérletünkben átlagosan 31 kg N, 6–7 kg P_2O_5 , 16–17 kg K_2O , 8 kg CaO és 5 kg MgO mennyiségnek adódott. A N és CaO jó egyezést mutatott a hazai szaktanácsadásban ajánlottal, míg a szaktanácsadásban elfogadott P_2O_5 mintegy 50%-kal, a K_2O 80–90%-kal haladta meg a kísérletben mért fajlagos értékeket.

Kulcsszavak: műtrágyázás, elemfelvétel, szemescirok, növénydiagnózis

Irodalom

- ANTAL J., 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BARANYAI F., FEKETE A. & KOVÁCS I., 1987. A magyarországi talajtápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BENETT, W. F., 1971. A comparison of the chemical composition of the corn leaf and the grain sorghum leaf. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* **3.** 271–281.
- BERGMANN, W., 1992. *Nutritional Disorders of Plants*. Gustav Fischer Verlag. Jena–Stuttgart–New York.
- BUZÁS I. et al. (szerk.), 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- EGNÉR, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. *K. Lantbr. Högsk. Ann.* **26.** 199–215.
- JONES, B. J. & ECK, H. V., 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: *Soil Testing and Plant Analysis*. (Eds.: WALSH, L. M. & BEATON, J. D.) 349–364. SSSA. Madison, WI.
- JONES, B. J., 2003. *Agronomic Handbook*. CRC Press. Boca Raton–London–New York–Washington D. C.
- KÁDÁR I., 2005. Műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) elemfelvételére. *Agrokémia és Talajtan.* **54.** 359–374.
- KÁDÁR I. & RADICS L., 2005. Műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare* Pers.) termésére és fejlődésére. *Növénytermelés.* **54.** 77–87.
- LÁSZTITY B., 1995. A szemescirok fejlődése és a makroelem tartalmak változása a tenyészidő folyamán NPK kísérletben. *Növénytermelés.* **44.** 293–298.
- LÁSZTITY B., 1996a. Az NPK-műtrágyázás és a tenyészidő hatása a szemescirok mikroelem tartalmára. *Növénytermelés.* **45.** 61–66.
- LÁSZTITY B., 1996b. A tápelem felhalmozás dinamikája a szemescirok földfeletti részében. *Növénytermelés.* **45.** 271–279.
- LÁSZTITY B., 1996c. Néhány nem esszenciális mikroelem koncentrációja és felhalmozódásának dinamikája szemescirokban. *Agrokémia és Talajtan.* **45.** 307–314.
- LOCKMAN, R. B., 1972. Mineral composition of grain sorghum plant leaves as affected by soil acidity, soil fertility, stage of growth, variety and climate factors. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* **3.** 283–293.
- MORARD, PH., 1984. Sorghum-temperate. In: *Plant Analysis*. (Eds.: MARTIN-PRÉVEL, P., GAGNARD, J. & GAUTIER, P.) 562–565. Lavoisier Publ. Inc. Paris–New York.

Érkezett: 2005. február 3.

Effect of Mineral Fertilization on the Nutrient Uptake of Grain Sorghum (*Sorghum vulgare* Pers.)

I. KÁDÁR

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

Summary

The effect of various N, P and K supply levels and their combinations on the nutrient composition and specific nutrient content of the grain sorghum variety Alföldi 1 was investigated in the 19th year of a long-term mineral fertilization experiment set up in Nagyhörösök on a loamy calcareous chernozem soil. Answers were sought to the following questions: To what extent can plant nutrient status be predicted by the analysis of young shoots or of leaves prior to flowering? What correlation exists between the results of soil or plant analysis and the yield? What plant diagnostic optimums can be used for scientifically-based fertilizer recommendations?

The experimental soil contained 3% humus, 5% CaCO₃ and 20% clay in the ploughed layer, and was supplied moderately well with N and K and poorly with P and Zn. The experiment included 4N×4P×4K = 64 treatments in two replications, giving a total of 128 plots. The mineral fertilizers were applied in the form of calcium ammonium nitrate (25% N), 18% superphosphate and 50% potassium chloride. The groundwater was located at a depth of 15 m and the area was prone to drought.

The main results can be summarized as follows:

– The maximum yield of 4.1 t/ha grain and 4.8 t/ha stalk was achieved on plots given 105 mg/kg AL-P₂O₅ and 128 mg/kg AL-K₂O, but which had received no nitrogen for 19 years. N fertilization resulted in yield depression, leading to yield losses of as much as 50% on P-deficient soil in the case of 300 kg N/ha/year in this dry year. K fertilization had no effect. Excessive N supplies stimulated the incorporation of N, S, Mn and Cu into the vegetative organs and inhibited that of Mo, though the quantity of Mo in the decreasing grain yield was three times that of the N control.

– P fertilization increased the concentrations of Ca, Mg, Fe, Mn and Sr in the vegetative plant parts, and sometimes in the grain, while reducing that of K, Zn, Cu and B. The P–Mn and P–Sr synergism became pronounced in the green plant organs and the P–Zn antagonism in all organs. K fertilization led to a sharp decline in the uptake of Ca, Mg, Na and Sr cations due to cation antagonism.

– Optimum nutrient supplies to grain sorghum were indicated by nutrient contents of 2.0–3.0% N, 0.20–0.30% P and 1.5–3.0% K in young 4–6-leaf shoots or in fully developed leaves at heading, and by nutrient ratios of 7–15 N/P and 50–150 P/Zn. These data could be used as guidelines for the extension service.

– In the case of combine harvesting, when only the grain yield is removed from the field, the soil is mainly depleted of N and P. In the present experiment the specific nutrient content of 1 t grain + the corresponding by-products averaged 31 kg N, 6–7 kg P₂O₅, 16–17 kg K₂O, 8 kg CaO and 5 kg MgO. The N and CaO values were in good agreement with current fertilizer recommendations, while the quantities recommended

for P_2O_5 and K_2O exceeded the specific values recorded in the experiment by 50% and 80–90%, respectively.

Table 1. Effect of N supplies on the nutrient composition of air-dry grain sorghum in 1992 (Calcareous chernozem soil, Nagyhörcsök). (1) Plant organ. a) shoot; b) leaf; c) stalk; d) grain. (2) N supply levels, kg N/ha/year. (3) $LSD_{5\%}$. (4) Mean. *Note:* ¹: on July 1st; ²: on July 23rd; ³: at harvest on Nov. 5th.

Table 2. Effect of soil P supplies on the nutrient composition of air-dry grain sorghum in 1992 (Calcareous chernozem soil, Nagyhörcsök). (1), (3)–(4) and *Note:* see Table 1. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 , mg/kg.

Table 3. Effect of soil K supplies on the nutrient composition of air-dry grain sorghum in 1992 (Calcareous chernozem soil, Nagyhörcsök). (1), (3)–(4) and *Note:* see Table 1. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K_2O , mg/kg.

Table 4. Effect of soil P×K supplies on the composition of air-dry grain sorghum shoots in the 4–6-leaf stage in 1992 (Calcareous chernozem soil, Nagyhörcsök). (1) Ammonium lactate (AL)-soluble K_2O , mg/kg. (2) $LSD_{5\%}$. (3) Mean.

Table 5. Effect of soil N×P supplies on the Zn content of air-dry grain sorghum in 1992 (Calcareous chernozem soil, Nagyhörcsök). (1) N fertilization, kg N/ha/year. (2) $LSD_{5\%}$. (3) Mean.

Table 6. Minimum, maximum and mean values of specific nutrient uptake by grain sorghum at harvest in 1992 (Calcareous chernozem soil, Nagyhörcsök). (1) Element symbol and units. (2) Stalk + husks. (3) Grain yield. (4) Total. (5) Mean specific uptake (1 t grain + by-products).