

## A silócirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) szárazanyag-felhalmozása és tápelem-felvétele

<sup>1</sup>IZSÁKI Zoltán és <sup>2</sup>NÉMETH Tamás

<sup>1</sup>SZIE GAEK Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet, Szarvas  
<sup>2</sup>KWS Magyarország Kft. Nemesítő Állomás, Murony

### Bevezetés

A cirok kezdeti fejlődése lassú, a kelést követő 20–25-ik napra éri el a 4–6 leveles fejlettséget, a 15–25 cm magasságot. E fejlődési fázisban a tenyészőcsúcs még a talajfelszín alatt van. A kelés után 30–35 nappal, a tenyészőcsúcs differenciálódása után kezdődik meg a szárbaindulás és az intenzív növekedési periódus. A zászlóslével megjelenésekor, mintegy 40–45 nappal a kelést követően, a cirok levélterülete eléri a teljes levélterület közel 80%-át. A bugahányás kezdetére az összes levél kifejlődik, a levélterület a maximális értéket mutatja. Ötven százalékos virágzásban az összes szárazanyag mintegy fele halmozódik fel. Fiziológiai érettségben a szárazanyag-felhalmozás eléri a maximumát, a tápelem-felvétel befejeződik (VANDERLIP & REEVES, 1972; JACQUES et al., 1975a; BARABÁS & BÁNYAI 1985; ESPINOZA & KELLEY 1998; RAO et al., 2008).

A cirok növekedésének és fejlődésének ütemét, az egyes fejlődési fázisok hosszát és a szárazanyag-felhalmozást jelentősen befolyásolják az ökológiai és agrotechnikai tényezők. LÁSZTITY (1995) Duna-Tisza közti meszes homokon, száraz évszabványban azt tapasztalta, hogy a virágzás kezdetéig, augusztus elejéig a maximális szárazanyaghozamnak 20%-át halmozta fel a szemescirok. A szárazanyag-felhalmozás intenzív szakasza a generatív fejlődés idején a virágzás után következett be, amikor a teljes szárazanyagtömeg 60%-a épült be. VANDERLIP (1972) vizsgálati eredményei szerint a szemescirok állomány 50%-os virágzásában, a kelést követő 60. napon, az összes szárazanyagának mintegy 50%-a halmozódik fel.

A cirok tápelem-felvétele dinamikája kötődik az egyes fejlődési fázisokhoz. PAL és munkatársai (1982) Indiában végzett kutatások alapján kimutatták, hogy a szemescirok kezdeti fejlődési fázisaiban a N- és P-felvétel lassúbb ütemű, mint a K-akkumuláció és a K túlnyomó része a szárban és levélben, míg a N és a P a bugában halmozódik fel. VANDERLIP (1972) a szemescirok tápelem-felvétele dinamikáját vizsgálva megállapította, hogy a kelés utáni 60. napig, az állomány 50%-os virágzásában a N-nek 70%-a, a P-nak 60%-a és a K-nak 80%-a halmozódott fel.

---

*Postai cím:* IZSÁKI ZOLTÁN, SZIE GAEK Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet, 5540 Szarvas, Szabadság út 1–3. *E-mail:* izaaki.zoltan@gk.szie.hu

A tápelem-felvétel a fiziológiai érettségig tart. Ebben a fejlődési fázisban a nitrogén 30%-a a levélben, 10%-a a szárban és 60%-a a bugában található. Ugyanakkor a K 20%-a a levélben, 50%-a a szárban és 30%-a a bugában, míg a P 25%-a a levélben + szárban és 75%-a a bugában koncentrálódik. Hasonló eredményekről adnak számot JACQUES és munkatársai (1975a, 1975b), illetve FAGERIA és munkatársai (1997) is. Más tápelem-felvételi dinamikáról számol be ROY és WRIGHT (1974), miszerint a nitrogénnek és a foszfornak közel 60%-át a virágzás után veszi fel a cirok. LÁSZTITY (1995) kísérletei szerint a virágzás végéig a nitrogénnek és a foszfornak csak a 45%-át veszi fel a cirok és legintenzívebb e tápelemek beépülése a szemképződés-érés fázisában. A K-felvétel dinamikusabb a vegetatív fázisban, mert virágzás végére a K-felhalmozódás 60%-ot ér el.

A szemescirok elemösszetételére, tápelem-felvételére és fajlagos elemtartalmára vonatkozóan hazánkban korábban LÁSZTITY (2006), illetve KÁDÁR és RADICS (2005) végzett alapvető, részletes kutatásokat. KÁDÁR (2013) tartamkísérleteket szintetizáló munkájában a következőkben foglalta össze a cirok tápanyagellátásának fontosabb eredményeit: A N-trágyázás minden növényi szervben megbízhatóan növelte a N-tartalmat. A N-túlsúly serkentette a N, a S, a Mn, a Cu és gátolta a Mo beépülését a vegetatív szervekbe. A P-trágyázás növelte a Ca, Mg, Fe, Mn és Sr, illetve 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, a Mg, a Na és a Sr kationok felvételét, a kation-antagonizmus következtében.

A cirok tápelem-felvételére irányuló hazai kutatások a szemescirokra vonatkoztak, így a silócirok tápelem-felvételével foglalkozó kutatásaink hiánypótlónak tekinthetők és hasznos információt szolgáltathatnak a gyakorlati növényápolás számára is.

### Vizsgálati anyag és módszer

A műtrágyázási tartamkísérletet a SZIE GAEK Növénytermesztési Tanszék Kísérleti Telepén, Szarvason állítottuk be 1989-ben. A kísérleti terület talaja mélyben karbonátos csernozjom réti talaj, a humuszos réteg vastagsága 85–100 cm, a művelt réteg pH(KCl)-ja 5,0–5,2, humusztartalma 2,8–3,2%, CaCO<sub>3</sub>-ot nem tartalmazott, kötöttsége (K<sub>A</sub>) 50, agyagtartalma 32% volt.

A kísérlet beállítása előtt – 1989 őszén – az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 156 mg·kg<sup>-1</sup>, az AL-K<sub>2</sub>O 322 mg·kg<sup>-1</sup>, az AL-Na 212 mg·kg<sup>-1</sup>, a KCl-Mg 765 mg·kg<sup>-1</sup>, az EDTA-Mn tartalom 386 mg·kg<sup>-1</sup>, az EDTA-Cu 5,4 mg·kg<sup>-1</sup> és az EDTA-Zn tartalom 3,0 mg·kg<sup>-1</sup> volt a kísérleti terület átlagában. A MÉM NAK (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján a talaj ellátottsága P-ből, K-ből és Cu-ből jó, Mg-ből és Mn-ből magas, míg Zn-ből kielégítő volt. A talajvíz átlagos mélysége 300–350 cm volt.

A műtrágyázási tartamkísérletet három tényezővel (N-, P- és K-trágyázás), tényezőnként négy-négy N-, P- és K-szinten alakítottuk ki, teljes kombinációban (4<sup>3</sup>), azaz 64 kezeléssel, kétszeresen osztott parcellás elrendezésben, három ismétlésben.

A három valódi ismétlésen belül a N-trágyázási kezelések 48, a P-trágyázási kezelések 16 belső ismétléssel szerepeltek.

A kísérlet tényezői és kezelése:

„A” tényezőként a K-trágyázás ( $K_2O$ ) szerepelt az alábbi kezelésekkel

$K_0$  = K-trágyázás nélkül

$K_1$  = 300 kg·(ha·év)<sup>-1</sup> 1989–1992 között, 100 kg·(ha·év)<sup>-1</sup> 1993-tól

$K_2$  = 600 kg·ha<sup>-1</sup> 1989-ben, 1000 kg·ha<sup>-1</sup> 1993-ban és 600 kg·ha<sup>-1</sup> 2001-ben

$K_3$  = 1200 kg·ha<sup>-1</sup> 1989-ben, 1500 kg·ha<sup>-1</sup> 1993-ban és 1200 kg·ha<sup>-1</sup> 2001-ben

„B” tényezőként a P-trágyázás ( $P_2O_5$ ) szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$P_0$  = P-trágyázás nélkül

$P_1$  = 100 kg·(ha·év)<sup>-1</sup>

$P_2$  = 500 kg·ha<sup>-1</sup> 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben

$P_3$  = 1000 kg·ha<sup>-1</sup> 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben

„C” tényezőként a N-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel

$N_0$  = N-trágyázás nélkül

$N_1$  = 80 kg·(ha·év)<sup>-1</sup>

$N_2$  = 160 kg·(ha·év)<sup>-1</sup>

$N_3$  = 240 kg·(ha·év)<sup>-1</sup>

Az időszakosan végzett nagyadagú P és K feltöltő trágyázás célja az volt, hogy jól elkülönülő ellátottsági szinteket alakítsunk ki a talajban a tápláltsági szituációk tanulmányozására és a talaj tápelem-ellátottsági határértékek megállapítására. A nitrogént ammóniumnitrát (34% N), a foszfort szuperfoszfát (18%  $P_2O_5$ ) és a káliumot kálisó (40 vagy 60%  $K_2O$ ) formájában összesen juttattuk ki. Kivételt képezett 1999 ősze, amikor a csapadékos időjárás miatt a talajfelszínen kialakuló vízállások az őszi műtrágyázást nem tették lehetővé, ezért azt tavasszal végeztük el. A kísérletben évente négy növény szerepelt kiterített vetésforgóban, 4 x 192 db parcellán, ahol a főparcellák területe 320 m<sup>2</sup>, az elsőrendű alparcellák területe 80 m<sup>2</sup> és a másodrendű alparcellák mérete 4 x 5 = 20 m<sup>2</sup> volt.

A silócirok előveteménye minden évben rostkender (*Cannabis sativa* L.) volt. A kísérletben Róna 4 cukorcirok típusú középérésű silócirok hibrid szerepelt. A hibrid a középérésű fajták között az egyik legjobb termőképességű, zöldtermés hozama elérheti a 80–85 t·ha<sup>-1</sup>-t, míg szárazanyagtermése a 20–25 t·ha<sup>-1</sup>-t. Jó sarjadzó képességű, lédús szárú, magassága 220–250 cm. A kísérlet minden évben szántásos alpművelésben részesült. A vetést április 30-án végeztük, 65 cm-es sortávolságra, 280 ezer csíra·ha<sup>-1</sup> vetőmagnormával. A rendkívül száraz tavasz miatt 2002-ben kelesztő öntözést végeztünk 50 mm-es víznormával. A sorok záródásáig a gyomirtást mechanikai úton végeztük. A betakarítás viaszérettségben történt. Az egyes kísérleti évek vízellátottságát a tenyészidő alatt lehullott csapadék mennyiségével jellemezve megállapítható, hogy a 2002 és a 2004-es évek az átlagosnál csapadékosabbak, míg a 2003-as tenyészidőszak nyári hónapjai aszályosak voltak. Az aszály hatása 2003-ban a terméshozamban nem mutatkozott meg az 50 mm-es kelesztő és a júliusi 40 mm-es vízpótló öntözés miatt. A tenyészidő alatti átlaghőmérséklet vagy a sokévi átlag körül alakult, vagy azt meghaladta (1. táblázat).

1. táblázat  
A kísérleti hely időjárásának adatai a vizsgálati időszak alatt  
(Szarvas, 1901–1975, 2001–2004)

(1) Év	(2) Nyári félév (IV–IX)	(3) Téli félév (X–III)	(4) Évi összeg, illetve átlag
<i>A. Csapadék, mm</i>			
a) Átlag 1901–1975	313	225	538
2001	416	190	612
2002	353	118	489
2003	96	213	350
2004	389	252	659
<i>B. Átlag hőmérséklet, °C</i>			
a) Átlag 1901–1975	17,9	3,4	10,6
2001	17,9	6,2	11,8
2002	18,9	3,9	11,4
2003	19,7	2,1	10,7
2004	17,6	3,6	10,9

A talaj N-ellátottságának jellemzésére vizsgáltuk a 0–60 cm-es talajréteg ásványi nitrogén-tartalmát a silócirok vetése előtt. Az ásványi nitrogént ( $\text{NO}_3\text{--NO}_2\text{--NH}_4\text{--N}$ )  $1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  KCl-os kivonatból fotometriás módszerrel határoztuk meg (MSZ 20135:1999), melynek  $\text{NO}_3\text{--N}$  értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

A talaj tápelem-vizsgálatokat évente, ősszel az elővetemény betakarítása után a 0–60 cm-es talajrétegből vett mintákból végeztük el. A talaj  $\text{P}_2\text{O}_5$ - és  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalmát AL-módszerrel (MSZ 20135:1999) határoztuk meg. Az eredmények értékelésekor a talaj P- és K-ellátottságának megítélésére a szántott (30 cm-es) réteg értékeit használtuk fel. Az egyes kísérleti évek P- és K-ellátottságát az előző év őszének vizsgálati eredményével jellemeztük (2. táblázat).

A silócirok tápelem-felvételének vizsgálatához parcellánként 15 növényt gyűjtöttünk be a tenyészidő 30., 45., 60. és 75. napján, valamint viaszérettségben, a kísérleti évek átlagában a 100. napon. A tápelem-felvételi vizsgálatokhoz a 64 trágyázási kezelésből kilencet választottunk ki:  $\text{N}_0$ ,  $\text{N}_1$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_3$ ,  $\text{N}_1\text{P}_1$ ,  $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ ,  $\text{P}_3\text{K}_3$ ,  $\text{N}_2\text{P}_3$ ,  $\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_3$ . E kezelések N-, P- és K-ellátottsági szintjét a 2. táblázat tartalmazza.

A teljes földfeletti növényi részek szárított és ledarált mintáiból három kísérleti évben (2002–2004) vizsgáltuk a következő tápelemeket: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn és Cu. A N, P és K meghatározását a minták kénsavas, majd hidrogén-peroxidos roncsolása után a N és P vonatkozásában fotometriásan, a Kálium esetében lángfotométerrel végeztük az MSZ 08-1-1783-6:1983 és az MSZ 08-1783-28-29:1985 szabványok szerint. A Ca-, Mg-, Fe-, Mn-, Zn- és Cu-tartalmat sósavas ( $2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) hidrolízis után atomabszorpciós (AAS) készülékkel határoztuk meg (MSZ 08-1783-26-34:1985).

A silócirok tápelem-koncentráció értékei szárazanyagra vonatkoznak.

2. táblázat  
A talaj tápanyag-tartalma trágyázási kezelésként  
(Szarvas, 2002–2004)

(1) Kezelés jele	(2) Kísérleti évek		
	2002	2003	2004
<i>A. NO<sub>3</sub>-N a 0–60 cm-es talajrétegben vetés előtt, kg·ha<sup>-1</sup></i>			
N <sub>0</sub>	75	30	59
N <sub>1</sub>	135	35	97
N <sub>2</sub>	190	54	142
N <sub>3</sub>	247	62	195
<i>B. AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a művelt rétegben, mg·kg<sup>-1</sup></i>			
P <sub>0</sub>	120	128	139
P <sub>1</sub>	176	183	198
P <sub>2</sub>	195	195	222
P <sub>3</sub>	339	339	362
<i>C. AL-K<sub>2</sub>O a művelt rétegben, mg·kg<sup>-1</sup></i>			
K <sub>0</sub>	229	215	206
K <sub>1</sub>	334	347	321
K <sub>2</sub>	394	394	367
K <sub>3</sub>	465	465	453

A silócirok zöld- és szárazanyag-tömegének tenyészidő alatti változását a fent megadott kilenc kezelésben, öt fejlődési fázisban vizsgáltuk: 7–8 leveles állapotban a kelést követő 30. napon (GS3), a szár intenzív növekedésének fázisában a 45. napon (GS4), a bugahányás kezdetén a 60. napon (GS5–6), 50%-os virágzásban a 75. napon (GS6–7) és viaszérettségben a kísérleti évek átlagában a 100. napon (GS8–9). A fejlődési fázisok (GS) meghatározása a VANDERLIP és REEVES (1972) által javasolt módszertan szerint történt.

A vizsgált kilenc trágyázási kezelés kísérleti adatait egytényezős variancia-analízissel értékeltük SVÁB (1981) módszertana szerint.

### Vizsgálati eredmények értékelése, következtetések

#### Zöld- és szárazanyag-felhalmozás

A silócirok 7–8 leveles fejlettségében, a kelés utáni 30. napon az összes zöldtömegnek 29%-a halmozódott fel. E fejlődési fázisban a zöld növény szárazanyag-tartalma 10% volt és az összes szárazanyag-tömegnek csak 8%-át érte el a növény.

A következő 30 napos fejlődési szakaszban megkezdődött a cirok gyors növekedése, a zöldtömeg intenzív gyarapodása. A tenyészidő e periódusában a zöldtömeg 45%-kal növekedett és a kelést követő 60. napon, a bugahányás kezdetére, az összes zöldtömeg 74%-a kialakult. Ekkor a szárazanyag-felhalmozás még mérsékelt ütemű volt, az összes szárazanyag 30%-a épült be a 30 nap alatt, a zöld növény

szárazanyag-tartalma 18%-ra gyarapodott és a bugahányás kezdetére az összes száraztömeg 38%-a képződött. A bugahányás kezdetétől az 50%-os virágzási állapotig a zöldtömeg képződése továbbra is dinamikus volt, 15 nap alatt 24%-kal gyarapodott és kialakult a zöldtömeg 98%-a (3. táblázat).

3. táblázat

A tápanyag-ellátottság hatása a silócirok zöldtömeg- és szárazanyag-felhalmozására, t·ha<sup>-1</sup> (Szarvas, 2002–2004)

(1) Kezelés jele	(2) Zöldtömeg					(2) Szárazanyag				
	(3) Tenyészedő napja					30	45	60	75	100
	30	45	60	75	100					
N <sub>0</sub>	11,6	18,5	31,3	43,6	42,8	1,1	3,1	5,4	10,1	14,2
N <sub>1</sub>	14,8	24,6	38,2	51,4	51,0	1,3	4,0	7,0	11,0	18,3
N <sub>2</sub>	14,4	27,2	40,9	52,8	51,2	1,4	4,9	7,5	12,5	18,2
N <sub>3</sub>	15,3	27,7	41,8	51,6	52,1	1,6	5,1	7,8	13,6	18,8
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	15,2	24,0	37,8	49,6	51,4	1,4	4,2	6,5	11,4	19,3
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	16,2	26,3	38,8	52,7	56,0	1,4	4,8	6,8	12,4	19,4
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	13,6	22,2	29,0	41,0	42,4	1,3	3,7	5,2	9,9	14,4
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	15,8	25,5	40,7	54,0	58,1	1,4	4,7	7,6	11,8	21,2
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	14,7	24,9	39,1	50,3	49,2	1,6	4,5	7,3	12,0	17,2
a) SzD <sub>5%</sub>	2,4	3,8	4,9	5,4	5,1	0,3	0,7	0,9	1,3	1,7
b) Átlag	14,6	24,5	37,5	49,6	50,4	1,4	4,3	6,8	11,6	17,9
c) Felh. din., %*	29	49	74	98	100	8	24	38	65	100
d) Sz.a., %**	10	18	18	23	35					

Megjegyzés: \* Felhalmozás dinamika; \*\* Szárazanyag

A cirok szárazanyag képződése a bugahányás kezdetétől volt a legintenzívebb, mert a bugahányás és virágzás alatt az össze szárazanyagoknak mintegy 30%-a halmozódott fel és a zöldrészek szárazanyag-tartalma 27%-ot ért el. A zöldtömeg maximumát a viaszérettségben érte el, de a virágzás és a viaszérettség között a zöldtömeg növekmény már jelentéktelen volt, csupán 2%. Ezzel szemben a virágzás és a viaszérettség között a szárazanyag-felhalmozás dinamikája továbbra is intenzív volt, és e 25 napos periódusban az összes szárazanyag produkció 35%-a halmozódott fel. Viaszérettségben a szárazanyag-tömeg maximumán a teljes növény szárazanyag-tartalma 35%-ot ért el (3. táblázat).

Tápelem-tartalom

A silócirok teljes földfeletti növényi részei N-tartalmának tenyészedő alatti a változását a 4. táblázat adatai szemléltetik. A cirok 7–8 leveles fejlettségében, a tenyészedő 30. napján, a 2,8–3,2% humusztartalmú talajon, N-trágyázás nélkül a növény N-koncentrációja 3,15% volt, amit a N-trágyázás megbízhatóan nem növelt.

4. táblázat  
A tápanyag-ellátottság hatása a silócirok N-, P- és K-koncentrációjára, %  
(Szarvas, 2002–2004)

(1) Kezelés jele	(2) Tenyésztési napja				
	30	45	60	75	100
<i>A. N-koncentráció, %</i>					
N <sub>0</sub>	3,15	2,12	1,69	1,47	1,23
N <sub>1</sub>	3,31	2,44	1,88	1,52	1,39
N <sub>2</sub>	3,40	2,74	1,86	1,71	1,58
N <sub>3</sub>	3,34	3,13	1,92	1,76	1,55
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	3,33	2,74	1,94	1,53	1,55
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,94	2,65	1,79	1,61	1,36
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	2,85	2,25	1,72	1,52	1,32
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	3,28	2,84	1,94	1,77	1,52
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	3,06	2,87	2,04	1,72	1,43
a) SzD <sub>5%</sub>	0,42	0,46	0,21	0,20	0,20
b) Átlag	3,18	2,64	1,86	1,62	1,43
c) Konc. dinamika %*	100	83	58	51	45
<i>B. P-koncentráció, %</i>					
N <sub>0</sub>	0,55	0,40	0,35	0,32	0,33
N <sub>1</sub>	0,52	0,40	0,32	0,33	0,29
N <sub>2</sub>	0,52	0,37	0,33	0,32	0,31
N <sub>3</sub>	0,48	0,41	0,34	0,33	0,29
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	0,56	0,41	0,38	0,31	0,32
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0,58	0,43	0,35	0,35	0,33
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	0,65	0,44	0,39	0,34	0,35
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	0,65	0,47	0,40	0,38	0,34
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	0,61	0,40	0,39	0,36	0,32
a) SzD <sub>5%</sub>	NS	NS	0,06	0,06	NS
b) Átlag	0,57	0,41	0,36	0,34	0,32
c) Konc. dinamika, %*	100	72	63	60	56
<i>C. K-koncentráció, %</i>					
N <sub>0</sub>	4,18	3,56	2,69	2,03	1,20
N <sub>1</sub>	3,64	2,60	2,27	1,87	1,42
N <sub>2</sub>	4,12	3,20	2,67	2,15	1,46
N <sub>3</sub>	4,20	4,43	2,78	2,21	1,58
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	4,51	3,76	2,74	2,05	1,57
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	4,56	4,93	2,80	2,31	1,72
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	5,28	3,37	2,84	2,01	1,46
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	4,17	3,55	2,92	2,22	1,40
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	4,95	3,84	2,95	2,16	1,67
a) SzD <sub>5%</sub>	1,02	0,74	NS	NS	0,18
b) Átlag	4,40	3,69	2,74	2,11	1,50
c) Konc. dinamika, %*	100	84	62	48	34

Megjegyzés: \* Koncentráció dinamika

A tenyésztő későbbi periódusában az önmagában alkalmazott 80 kg·ha<sup>-1</sup>-os N-trágyázás a növény N-koncentrációját szignifikánsan nem növelte a trágyázás nélküli kezeléshez képest, míg a 160 és 240 kg·ha<sup>-1</sup>-os adagok igen. A 80 kg·ha<sup>-1</sup>-os N-adag P-trágyázással kiegészítve (N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>) azonban már megbízható nitrogénkoncentráció-növekedést eredményezett.

A talaj 195–222 mg·kg<sup>-1</sup> AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ellátottságánál a 80 kg·ha<sup>-1</sup>-nál nagyobb N-adag további szignifikáns nitrogéntartalom-növekedést nem váltott ki. A jó K-ellátottságú talajon a növekvő K-kínálat a cirok N-koncentrációját nem befolyásolta. A túlzott P- és K-ellátottság, 340 mg·kg<sup>-1</sup> AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és 450 mg·kg<sup>-1</sup> AL-K<sub>2</sub>O felett, a cirok N-tartalmát jelentősen nem módosítja. A trágyázási kezelések átlagában kimutatható, hogy a nitrogénkoncentráció-hígulás a tenyésztő alatt jelentős, a 7–8 leveles fejlettségben lévő növény 3,18%-os N-tartalma a viaszérettségre 1,43%-ra csökkent. A silócirok teljes földfeletti növényi részeinek P-tartalma a tenyésztő egyes fázisaiban a 4. táblázat alapján tekinthető át. A P-trágyázás nélküli kezeléshez képest, ahol a talaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -tartalma 120–139 mg·kg<sup>-1</sup> volt csak a túlzott P-ellátottság (340–360 mg·kg<sup>-1</sup> AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) okozott a bugahányás kezdetén és virágzás-kor jelentősebb P-tartalom növekedést. A tenyésztő többi fejlődési fázisában a tápanyag-ellátottság a cirok P-tartalmát szignifikánsan nem befolyásolta. A 7–8 leveles cirok P-tartalma a kezelések átlagában 0,57%, ami a viaszérettségre 0,32%-ra csökkent le.

A jó K-ellátottságú talajon csak a cirok 7–8 leveles fejlettségében és csak a túlzott K-ellátottság (450 mg·kg<sup>-1</sup> AL-K<sub>2</sub>O felett) eredményezett szignifikáns káliumkoncentráció-növekedést.

#### 5. táblázat

A silócirok Na-, Ca-, Mg- és mikroelem-tartalma a tenyésztő alatt, a trágyázási kezelések átlagában (Szarvas, 2002–2004)

(1) Tápelem	(2) Mérték- egység	(3) Tápelem-koncentráció				
		(4) Tenyésztő napja a keléstől				
		30	45	60	75	100
Na	%	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
a) Koncentráció dinamika	%	100	100	100	88	88
Ca	%	0,42	0,41	0,37	0,32	0,27
a) Koncentráció dinamika	%	100	98	88	76	64
Mg	%	0,41	0,41	0,37	0,31	0,26
a) Koncentráció dinamika	%	100	100	90	76	63
Fe	mg·kg <sup>-1</sup>	247	172	154	154	103
a) Koncentráció dinamika	%	100	70	62	62	42
Mn	mg·kg <sup>-1</sup>	62	69	74	56	52
a) Koncentráció dinamika	%	84	93	100	76	70
Zn	mg·kg <sup>-1</sup>	38	33	29	24	19
a) Koncentráció dinamika	%	100	87	76	63	50
Cu	mg·kg <sup>-1</sup>	10	8	8	7	6
a) Koncentráció dinamika	%	100	80	80	70	60



A 80 kg·ha<sup>-1</sup>-os N-trágyázás a virágzásig csökkentette a növény K-tartalmát a trágyázás nélküli kezeléshez képest. Viaszérettségben minden tápanyag-ellátottsági szinten szignifikánsan nagyobb volt a cirok K-koncentrációja, mint a trágyázás nélküli kezelésben. A trágyázás nélküli kezelésben az alsó levelek élettani előregedése, elhalása gyorsabb és a K kiürülése is fokozottabb volt a vegetatív részekből. A tenyészidő alatti tápelemkoncentráció-hígulás a K esetében volt a legjelentősebb, mert a 7–8 leveles fejlettségre jellemző átlagos 4,40%-os K-tartalom a viaszérettségre 1,50%-ra csökkent (4. táblázat).

A cirok Na-tartalma jelentősen függ a talaj Na-tartalmától. KÁDÁR (2013) mészlepedékes csernozjom talajon a leveles hajtásban átlagosan 53 mg·kg<sup>-1</sup> Na-tartalmat mutatott ki. Kísérleteinkben, a mélyben szolonyeces csernozjom réti talajon, ahol a talaj AL-oldható Na-tartalma 212 mg·kg<sup>-1</sup> volt, a cirok vegetatív részeinek Na-tartalma nagyságrenddel nagyobb értéket, 0,08%-ot ért el, mely a tenyészidő végéig jelentősen nem csökkent.

A cirok teljes földfeletti tömegének Ca- és Mg-tartalma lényegében azonos volt az egész tenyészidő alatt, ami a 7–8 leveles 0,41–0,42%-os koncentrációról a viaszérettségre 0,26–0,27%-ra csökkent le. A Fe-, Mn-, Zn- és Cu-tartalom a cirok 7–8 leveles fejlettségében 247, 62, 38 és 10 mg·kg<sup>-1</sup>, mely a betakarításra 103, 52, 19 és 6 mg·kg<sup>-1</sup> értékre csökkent (5. táblázat).

#### *Tápelem-felvétel*

A trágyázási kezelések átlagában elért 50 kg·ha<sup>-1</sup>-os zöld- és 18 kg·ha<sup>-1</sup>-os szárazanyag-terméssel a cirok kereken 260 kg N-t vett fel hektáronként. A N-felvétel dinamikáját vizsgálva megállapítható, hogy a bugahányás kezdetére, a tenyészidő 60. napjáig a N-nek mintegy 50%-a épült be a növénybe és ekkor a szárazanyag-felhalmozás 38%-os szintet ért el. A bugahányást követő generatív fázisban volt a legintenzívebb a N-felvétel, mert 40 nap alatt halmozódott fel az összes nitrogénnek 50%-a. A legnagyobb termést (56–58 t·ha<sup>-1</sup> zöld) adó kezelésekben a virágzás fázisára a nitrogénnek 65–70%-át vette fel a növény és a szemképződésre esett az összes N-felvétel közel 1/3-a. N-trágyázás nélkül 50%-os virágzásban az összes nitrogénnek már 80–85%-a beépült a növénybe. Viaszérettségben a legnagyobb szárazanyagtermés (21,2 t·ha<sup>-1</sup>) 322 kg·ha<sup>-1</sup> N-felvétellel párosult (5. táblázat).

A P-felvétel dinamikája mérsékelt ütemű volt, mint a N-felvételé, mert a trágyázási kezelések átlagában a bugahányás kezdetére, a tenyészidő 60. napjára az összes foszfornek 43%-át vette fel a cirok. Legintenzívebb volt a P-felvétel a virágzás és szemképződés fázisában, amikor az összes foszfornek 57%-a épült be. A túlzott N-ellátás (240 kg·ha<sup>-1</sup>) intenzívebb P-felvételt okozott. Az 50 t·ha<sup>-1</sup>-os zöldterméssel a cirok átlagosan 57 kg P-t vett fel, míg a legnagyobb zöldtömeget (56–58 t·ha<sup>-1</sup>) adó kezelésekben a P-felvétel 64–72 kg·ha<sup>-1</sup>-t ért el (5. táblázat).

A cirok K-felvétele a tenyészidő első felében lényegesen intenzívebb ütemű volt, mint a N- és P-felvétel. A trágyázási kezelések átlagában a tenyészidő 45. napjára már az összes K-nak 60%-a beépült a növénybe, holott a szárazanyag-felhalmozás még csak 24%-át érte el az összes biomasszának. Virágzásban a K-felhalmozás már meghaladta az összes K-felvétel 90%-át.

6. táblázat  
A tápanyag-ellátottság hatása a silócirok N-, P, és K-felvételére,  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$   
(Szarvas, 2002–2004)

(1) Kezelés jele	(3) Tenyésztő napja				
	30	45	60	75	100
<i>A. N-felvétel, <math>\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}</math></i>					
N <sub>0</sub>	35	66	91	148	175
N <sub>1</sub>	43	98	132	167	254
N <sub>2</sub>	48	134	140	214	288
N <sub>3</sub>	53	160	150	239	291
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	47	115	126	174	299
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	41	127	122	188	264
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	37	83	89	150	190
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	46	133	147	209	322
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	49	129	149	206	246
a) SzD <sub>5%</sub>	7	13	15	19	31
b) Átlag	44	116	127	188	259
c) Felvétel dinamika, %	17	45	49	73	100
<i>B. P-felvétel, <math>\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}</math></i>					
N <sub>0</sub>	6,0	12,4	18,9	32,3	46,8
N <sub>1</sub>	6,7	16,0	22,4	36,3	53,0
N <sub>2</sub>	7,2	18,1	24,7	40,0	56,4
N <sub>3</sub>	7,6	20,9	26,2	44,8	54,5
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	7,8	17,2	24,7	35,3	61,7
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	8,1	20,6	23,8	43,4	64,0
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	8,4	16,2	20,2	33,6	50,4
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	9,1	22,0	30,4	44,8	72,0
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	9,7	18,0	28,4	43,2	55,0
a) SzD <sub>5%</sub>	1,6	3,5	3,9	4,8	6,5
b) Átlag	7,8	17,9	24,4	39,3	57,0
c) Felvétel dinamika, %	14	31	43	69	100
<i>C. K-felvétel, <math>\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}</math></i>					
N <sub>0</sub>	46	110	145	205	170
N <sub>1</sub>	47	104	159	206	260
N <sub>2</sub>	58	156	200	269	266
N <sub>3</sub>	67	225	217	300	297
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	63	158	178	234	303
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	64	237	190	286	334
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	69	125	148	199	210
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	58	167	222	262	297
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	79	173	215	259	287
a) SzD <sub>5%</sub>	12	29	33	40	32
b) Átlag	61	162	186	247	269
c) Felvétel dinamika, %	23	60	69	92	100

Trágyázás nélkül a K-felvétel virágzásban már elérte a maximumot és betakarításra a növényben foglalt kálium 17%-kal csökkent. Az önmagában adott nagyadagú 160, 240 kg N·ha<sup>-1</sup> trágyázásnál a K-felvétel maximuma virágzásban jelentkezett és viaszérettségre is ezen a szinten maradt. A többi tápanyag-ellátottsági szinten a K-felvétel maximuma a viaszérettségre esett. Az 50 t·ha<sup>-1</sup>-os zöldterméssel a cirok átlagosan 269 kg K-t vett fel, míg a legnagyobb zöldtömeget (56–58 t·ha<sup>-1</sup>) adó kezelésekben a K-felvétel 334, 297 kg·ha<sup>-1</sup>-t ért el (6. táblázat).

## 7. táblázat

A silócirok Na-, Ca-, Mg- és mikroelem-felvétele a tenyészidő alatt, a trágyázási kezelések átlagában (Szarvas, 2002–2004)

(1) Tápelem		(2) Tápelem-felvétel				
		(3) Tenyészidő napja a keléstől				
		30	45	60	75	100
Na	kg·ha <sup>-1</sup>	1	3	5	8	13
a) Na-felvétel dinamika	%	8	23	38	62	100
Ca	kg·ha <sup>-1</sup>	6	18	25	37	48
b) Ca-felvétel dinamika	%	13	38	52	77	100
Mg	kg·ha <sup>-1</sup>	6	18	25	36	47
c) Mg-felvétel dinamika	%	13	38	53	77	100
Fe	g·ha <sup>-1</sup>	346	740	1047	1786	1844
d) Fe-felvétel dinamika	%	19	40	57	97	100
Mn	g·ha <sup>-1</sup>	87	297	503	650	930
e) Mn-felvétel dinamika	%	9	32	54	70	100
Zn	g·ha <sup>-1</sup>	53	142	197	278	340
f) Zn-felvétel dinamika	%	16	42	58	82	100
Cu	g·ha <sup>-1</sup>	14	34	54	81	107
g) Cu-felvétel dinamika	%	13	32	50	76	100

A cirok Ca- és Mg-felvételének dinamikája közel azonos volt. A bugahányás kezdetére, a tenyészidő 60. napjáig, a Ca-nak és a Mg-nak mintegy 52%-a épült be a növénybe és maximumát a viaszérettségben érte el, amikor az 50 t·ha<sup>-1</sup> zöldtermésben 48 kg Ca és 47 kg Mg halmozódott fel. A Fe-, Mn-, Zn- és Cu-felvételének ütemében még jelentős eltérés nem volt a bugahányás kezdetén, mert ekkorra az 54–58%-át vette fel a cirok ezen mikroelemek összes mennyiségének. A Fe-felvétele virágzásban szinte már elérte a maximumot, míg a Mn-, Zn- és Cu-felvétel 70, 82, illetve 76%-os szinten volt. Viaszérettségben az 50 t·ha<sup>-1</sup> zöldtermésben a beépült Fe, Mn, Zn és Cu mennyisége 1844, 930, 340, illetve 107 g volt hektáronként (7. táblázat). A silócirok fajlagos tápelem-felvétele pedig a tápanyag-ellátottságtól függően N-ből 40–58 kg, P-ből 10–12 kg (23–28 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) és K-ből 40–60 kg (48–72 kg K<sub>2</sub>O) között változott 10 t zöldtermésre vonatkoztatva. A legnagyobb zöld- (56–58 t·ha<sup>-1</sup>) és szárazanyagtermés (19–21 t·ha<sup>-1</sup>) fajlagos N-felvétele 57 kg, míg P-felvétele 12 kg (28 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), K-felvétele pedig 55 kg (66 kg K<sub>2</sub>O) volt 10 t zöldtermésre számítva (8. táblázat).

## 8. táblázat

A tápanyag-ellátottság hatása a silócirok fajlagos N-, P- és K-felvételére (kg),  
10 t zöldtermésre vonatkoztatva (Szarvas, 2002–2004)

(1) Kezelés jele	(2) Fajlagos tápelem-felvétel, kg (10 t zöldtermésre vonatkoztatva)				
	N	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	K <sub>2</sub> O
N <sub>0</sub>	40,8	10,9	25,0	39,7	47,6
N <sub>1</sub>	49,8	10,2	23,3	50,9	61,0
N <sub>2</sub>	56,2	11,0	25,1	51,9	62,2
N <sub>3</sub>	55,8	10,4	23,8	57,0	68,4
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	58,1	12,0	27,5	58,9	70,7
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	47,1	11,4	26,1	59,6	71,5
P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	44,8	11,8	27,0	49,5	59,4
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	55,4	12,3	28,1	51,1	61,3
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	50,0	11,1	25,4	58,3	70,0
a) Átlag	50,8	11,2	25,7	53,0	63,6

A trágyázási kezelések átlagában 10 t zöldtermés elemfelvétele az alábbiak szerinti volt: 2,6 kg Na, 9,5 kg Ca (13 kg CaO), 9,3 kg Mg (15 kg MgO), 388 g Fe, 185 g Mn, 67g Zn és 21 g Cu.

ANTAL (2000) a silócirok fajlagos tápelem-igényét 10 t zöldtermésre a következőkben adja meg N: 31 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:14 kg, K<sub>2</sub>O: 32 kg, CaO: 15 kg és MgO: 5 kg. BUZÁS (1983), MÉM NAK (1987) csak N-ből közöl magasabb fajlagos értéket, 42 kg N·10 t<sup>-1</sup> zöldtermésre. Kísérleti eredményeinket összehasonlítva a hazai szaktanácsadásban használt fajlagos értékekkel megállapítható, hogy e korábbi fajlagos tápelem-felvételi értékek jelentősen alulbecsültek a Ca kivételével minden makroelemre vonatkozóan.

### Összefoglalás

Kísérleti munkánk célja volt, hogy műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáljuk a N-, P- és K-ellátottság hatását a silócirok szárazanyag-felhalmozására és tápelem-felvételére, a silócirok trágyázási szaktanácsadásának fejlesztéséhez. A műtrágyázási tartamkísérletet 1989-ben állítottuk be mélyben karbonátos csernozjom réti talajon, 4-4 N-, P- és K-ellátottsági szinten, teljes kezelés-kombinációban, 64 kezeléssel. A tápelem-felvételi vizsgálatokra kilenc kezelést választottunk ki. Jelen dolgozatban a 2002 és 2004 között végzett kísérletek eredményei szerepelnek, melyek alábbiakban foglalhatók össze:

A silócirok 7–8 leveles fejlettségében, a kelés utáni 30. napig (GS3) az összes zöldtömegnek 29%-a, míg a szárazanyagtömegnek 8%-a halmozódik fel. Az ezt követő intenzív növekedési periódusban a bugahányásig (GS5-6) a zöldtömegnek 74%-a, a szárazanyagtömegnek csak 38%-a alakul ki. Viaszérettségben (GS9) a zöldtömeg eléri maximumát. A szárazanyag-felhalmozás mintegy 60%-a a generatív fázisra esik.

A 2,8–3,2% humusztartalmú talajon az önmagában alkalmazott  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  adagú N-trágyázás a cirok N-tartalmát szignifikánsan nem növelte a trágyázás nélküli kezeléshez képest, de a P-kiegészítés jelentősebb nitrogénkoncentráció-növekedést eredményezett. A talaj  $195\text{--}222 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  ellátottságánál a  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ -nál nagyobb N-adag további szignifikáns nitrogéntartalom-növekedést nem váltott ki. A túlzott P- és K-ellátottság,  $340 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  és  $450 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  AL- $\text{K}_2\text{O}$  felett, a cirok N-tartalmát jelentősen nem módosítja.

A P-trágyázás nélküli kezeléshez képest, ahol a talaj AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  -tartalma  $120\text{--}139 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  volt, csak a túlzott P-ellátottság ( $340\text{--}360 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ ) okozott a bugahányos kezdetén és virágzáskor jelentősebb foszfortartalom-növekedést.

A jó K-ellátottságú talajon csak a cirok 7–8 leveles fejlettségében és csak a túlzott K-ellátottság ( $450 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  AL- $\text{K}_2\text{O}$  felett) eredményezett szignifikáns káliumkoncentráció-növekedést.

A legnagyobb termést ( $56\text{--}58 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  zöld) adó kezelésekből a virágzás fázisára (GS6–7) a N-nek 65–70%-át veszi fel a cirok és a szemképződésre esik az összes N-felvétel közel 1/3-a. A P-felvétel dinamikája mérsékeltebb ütemű, mint a N-felvétel. Legintenzívebb a P-felvétel a virágzás és szemképződés fázisában, amikor az összes P-nak 57%-a épült be. A cirok K-felvétele a tenyészidő első felében lényegesen intenzívebb ütemű, mint a N- és P-felvétel. Virágzásban a K-felhalmozás már meghaladja az összes K-felvétel 90%-át. A vegetatív fázisban, a bugahányás kezdetéig az összes Ca-nak és Mg-nak 52%-a, míg a Fe-nak, a Mn-nak, a Zn-nek és a Cu-nak 54–58%-a halmozódik fel.

A legnagyobb zöld- ( $56\text{--}58 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) és szárazanyagtermés ( $19\text{--}21 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) fajlagos N-felvétele  $57 \text{ kg}$ , P-felvétele  $12 \text{ kg}$  ( $28 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ ) és K-felvétele  $55 \text{ kg}$  ( $66 \text{ kg K}_2\text{O}$ )  $10 \text{ t}$  zöldtermésre számítva. A trágyázási kezeléseknél átlagában  $10 \text{ t}$  zöldtermés elemfelvétele Na-ból  $2,6 \text{ kg}$ , Ca-ból  $9,5 \text{ kg}$  ( $13 \text{ kg CaO}$ ), Mg-ból  $9,3 \text{ kg}$  ( $15 \text{ kg MgO}$ ), Fe-ből  $388 \text{ g}$ , Mn-ből  $185 \text{ g}$ , Zn-ből  $67 \text{ g}$  és Cu-ból  $21 \text{ g}$ .

**Kulcsszavak:** silócirok, tápanyag-ellátottság, szárazanyag-felhalmozás, tápelem-felvétel

## Irodalom

- ANTAL J., 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- BARABÁS Z. & BÁNYAI L., 1985. A cirok és a szudánifű, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, *S. sudanense* (Piper) Stapf. Magyarország Kultúrflórája. IX. kötet, Pázsitfűfélék II., 10–11. füzet.
- BUZÁS I., 1983. A növénytáplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- ESPINOZA, L. & KELLEY, J., 1998. Grain sorghum production handbook. University of Arkansas Division of Agriculture. Marion. USA
- FAGERIA, N. K., BALIGAR, V. C. & JONES, C. A., 1997. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. 2<sup>nd</sup> ed. Marcel Dekker Inc. New York. NY.

- JACQUES, G. L., VANREDLIP, R. L. & WHITNEY, D. A., 1975a. Growth and nutrient accumulation and distribution in grain sorghum. I. Dry matter production and Ca and Mg uptake and distribution. *Agronomy Journal*. **67**. 607–611.
- JACQUES, G. L., VANREDLIP, R. L. & ROSCOE ELLIS, JR., 1975b. Growth and nutrient accumulation and distribution in grain sorghum. II. Zn, Cu, Fe and Mn uptake and distribution. *Agronomy Journal*. **67**. 612–616.
- KÁDÁR I. & RADICS L., 2005. A műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare* Pers.) fejlődésére és termésére. *Növénytermelés*. **54**. 77–87.
- KÁDÁR I., 2013. A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai 1984–2000. Magyar Tudományos Akadémia ATK Talajtani és Agrokémiai Intézete. Budapest.
- LÁSZTITY B., 1995. A szemes cirok fejlődése és a makro elemtartalmak változása a tenyészidő folyamán N, P, K kísérletben. *Növénytermelés*. **44**. 293–298.
- LÁSZTITY B., 2006. Az ásványi tápelemek felhalmozása gabonafélékben. Műegyetemi Kiadó. Budapest.
- MÉM NAK, 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. Budapest.
- PAL, W. R., UPADHAY, U. C., SINGH, S. P. & UMRANI, N. K., 1982. Mineral nutrition and fertilization response on grain sorghum in India. A review over the last 25 years. *Fertilizer Research*. **3**. 141–159.
- RAO, S. S., ELANGO VAN, M., UMAKANTH, A.V. & SEETHARAMA, N. S., 2008. Characterizing phenology and growth stages of sorghum hybrids. In: *Sorghum improvement in the new millennium*. (Eds.: REDDY BELUM, V. S., RAMESH, S., ASHOK KUMAR, A. & GOWDA, G. L. L.) 16–22. Patancheru. India.
- ROY, R. N. & WRIGHT, B. C., 1974. Sorghum growth and nutrient uptake in relation to soil fertility. II. N, P and K uptake pattern by various plant parts. *Agronomy Journal*. **66**. 5–10.
- SVÁB J., 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- VANDERLIP, R. L., 1972. How a sorghum plant develops. Cooperativ Extension Service, Kansas State University. Manhattan. USA.
- VANDERLIP, R. L. & REEVES, H. E., 1972. Growth stages of sorghum. *Agronomy Journal*. **64**. 13–16.

*Érkezett: 2015. október 22.*

## Dry matter accumulation and nutrient uptake of forage sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

<sup>1</sup>Z. IZSÁKI and <sup>2</sup>T. NÉMETH

<sup>1</sup>Institute of Agricultural Science and Rural Development, Faculty of Economic, Agricultural and Health Science, Szent István University, Szarvas

<sup>2</sup>Breeding Station, KWS Hungary Ltd., Murony

### Summary

The aim of the work was to study the effect of N, P and K supply levels on the dry matter accumulation and nutrient uptake of forage sorghum in order to develop fertilisation recommendations for sorghum. The long-term fertilisation experiment was established in 1989 on a chernozem meadow soil calcareous in the deeper layers and involved all possible combinations of 4 levels each of N, P and K, giving a total of 64 treatments. Nine treatments were selected for the present study. The main results of experiments performed between 2002 and 2004 can be summarised as follows:

1. By the 7–8-leaf stage, 30 days after emergence (GS3), the forage sorghum had accumulated 29% of the total green mass and 8% of the total dry matter. During the subsequent intensive growth period, till the beginning of heading (GS5–6), 74% of the total green mass and only 38% of the total dry matter was accumulated. The green mass reached its maximum at physiological maturity (GS9). Approximately 60% of the dry matter accumulation occurred in the generative stage.

2. On chernozem meadow soil with 2.8–3.2% humus content the application of 80 kg·ha<sup>-1</sup> N fertiliser alone did not result in a significant increase in the N content of the sorghum compared to the unfertilised treatment, but if P was added there was a significant increase in the N concentration.

In soil with a P-supplying capacity of 195–222 mg·kg<sup>-1</sup> AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no further significant N increase was observed at N application rates of over 80 kg·ha<sup>-1</sup>. Excessive levels of soil P and K, above 340 mg·kg<sup>-1</sup> AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 450 mg·kg<sup>-1</sup> AL-K<sub>2</sub>O, had no significant influence on the N content of the plants.

3. Compared to the treatment without P fertiliser addition, where the AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content of the soil was 120–139 mg·kg<sup>-1</sup>, only an excessive level of P (340–360 mg·kg<sup>-1</sup> AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) resulted in a significant increase in plant P content at the beginning of heading and at flowering.

4. On the soil with good K supplies a significant increase in the K concentration of sorghum plants was only observed at the 7–8-leaf development stage in the case of excessive K status (450 mg·kg<sup>-1</sup> AL K<sub>2</sub>O).

5. In the fertilisation treatments with the highest yield (56–58 t·ha<sup>-1</sup> green mass) 65–70% of the total N was taken up by the flowering stage (GS6–7) and almost 1/3 during seed formation. The dynamics of P uptake was more moderate than that of N. P accumulation was most intensive during flowering and seed formation, when 57% of the total P was incorporated. The K accumulation of sorghum was more intensive in the first half of the growing season than the N and P accumulation. Over 90% of the total K accumulation had taken place by the flowering stage.

In the vegetative phase, up till the boot stage, 52% of the total Ca and Mg and 54–58% of the total Fe, Mn, Zn and Cu were accumulated.

6. The specific nutrient content in treatments with the highest fresh ( $56\text{--}58\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and dry matter yield ( $19\text{--}21\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), calculated in terms of 10 t fresh mass, amounted to 57 kg N, 12 kg P (28 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) and 55 kg K (66 kg  $\text{K}_2\text{O}$ ). Averaged over the fertilisation treatments the specific nutrient content in 10 t fresh mass amounted to 2.6 kg Na, 9.5 kg Ca (13 kg CaO), 9.3 kg Mg (15 kg MgO), 388 g Fe, 185 g Mn, 67 g Zn and 21 g Cu.

*Table 1.* Weather data for the experimental location during the period tested (Szarvas, 1901–1975, 2001–2004). (1) Year. (2) Summer period (Apr.–Sep.). (3) Winter period (Oct.–Mar.). (4) Annual total and mean. A) Precipitation (mm). B) Mean temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ). a) Average of 1901–1975.

*Table 2.* Soil nutrient content in each fertilisation treatment (Szarvas, 2000–2004). (1) Treatment. (2) Year. A)  $\text{NO}_3\text{-N}$  in the 0–60 cm soil layer before sowing,  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . B) AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  in the cultivated layer,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . C) AL- $\text{K}_2\text{O}$  in the cultivated layer,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

*Table 3.* Effect of nutrient supplies on the fresh and dry matter accumulation of forage sorghum,  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Szarvas, 2002–2004). (1) Treatment code. (2) Fresh mass. (3) Dry matter. (4) Day of growing season. a)  $\text{LSD}_{5\%}$ ; b) Mean; c) Accumulation dynamics, %; d) Dry matter content, %.

*Table 4.* Effect of nutrient supplies on the N, P and K concentration of forage sorghum, % (Szarvas, 2002–2004). (1) Treatment. (2) Day of growing season. A) N concentration, %. B) P concentration, %. C) K concentration, %. a)  $\text{LSD}_{5\%}$ ; b) Mean; c) Concentration dynamics, %.

*Table 5.* Na, Ca, Mg and microelement content of forage sorghum during the growing season, averaged over the fertilisation treatments (Szarvas, 2002–2004). (1) Nutrient. (2) Unit. (3) Nutrient concentration. (4) Day of growing season from emergence. a) Concentration dynamics.

*Table 6.* Effect of nutrient supplies on the N, P and K uptake of forage sorghum,  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Szarvas, 2002–2004). (1) Treatment. (2) Day of growing season. A) N uptake. B) P uptake. C) K uptake. a)  $\text{LSD}_{5\%}$ ; b) Mean; c) Uptake dynamics, %.

*Table 7.* Na, Ca, Mg and microelement uptake of forage sorghum during the growing season, averaged over the fertilisation treatments (Szarvas, 2002–2004). (1) Treatment. (2) Nutrient uptake. (3) Day of growing season. a) Na uptake dynamics, %; b) Ca uptake dynamics, %; c) Mg uptake dynamics, %; d) Fe uptake dynamics, %; e) Mn uptake dynamics, %; f) Zn uptake dynamics, %; g) Cu uptake dynamics, %.

*Table 8.* Effect of nutrient supplies on the specific N, P and K uptake of forage sorghum, kg of 10 t fresh yield (Szarvas, 2002–2004). (1) Treatment. (2) Specific nutrient uptake, kg of 10 t fresh yield. a) Mean.