

Szója tápláltsági állapotának vizsgálata tenyészedény-kísérletben

BALIKÓ KRISZTINA és SÁRDI KATALIN

Pannon Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely

Bevezetés

Kultúrnövényeink ásványi tápelem igényének pontos megismeréséhez nélkülözhetetlen a tápelem-koncentrációk, tápelemarányok, valamint a növények által felvett abszolút tápelemmennyiségek ismerete (FRAGERIA et al., 1995; KÁDÁR, 1992).

A növények tápláltsági viszonyainak jellemzésére a növényben mérhető tápelem-koncentrációk és ezek egymáshoz viszonyított arányai szolgálnak. Az egységnyi szárazanyagra vonatkoztatott tápelemtartalom a tápláltság mennyiségi viszonyait jellemzi, és alkalmas a tápelem-ellátottság diagnosztizálására (FRAGERIA et al., 1995). Ha a növényben a tápelemek koncentrációja ismert, az ezekből számítható tápelemarányok a növény tápláltságának minőségét jellemzik (BUZÁS, 1983), nem adnak azonban tájékoztatást az elemek abszolút mennyiségéről (SUMNER, 1978).

A tápelemfelvétel (a tápelem-koncentráció és a szárazanyag-tömeg szorzata) a növény által talajból felvett tápelemek abszolút mennyiségét adja meg. Fontos információkkal szolgál a talaj termékenységének fenntartása, valamint a hozam növelése érdekében (FRAGERIA et al., 1995). Nem alkalmas ugyan közvetlenül a tápláltsági állapot jellemzésére, de nélkülözhetetlen a tápanyag-utánpótlás hosszabb távú tervezéséhez.

A növények ásványi összetételét, a tápelem-koncentrációt és -felvételt a *termőhely* (környezeti viszonyok, évjáráthatás, talajtulajdonságok), a *termesztett fajta*, a *hozamszint* és az *agrotechnikai gyakorlat* befolyásolja, valamint számottevően változik a *tenyészidő* folyamán is (FRAGERIA et al., 1995; SÁRDI & SISÁK, 1996; KÁDÁR & MÁRTON, 1999). CROZAT és munkatársai (1992) megfigyelései szerint a talaj tömörítése csökkentette, az öntözés növelte a *borsó* növények tápelemfelvételét.

A tápelemek koncentrációja a növény korának előrehaladtával csökken (CHAPMAN, 1966; EPSTEIN, 1972 stb.). Ez a jelenség megfigyelhető CROZAT és munkatársai (1992) borsóval végzett kísérleteiben is.

A *szója* tápelem felvétele többé-kevésbé követi a szárazanyag-felhalmozás ütemét. A szár tápelemtartalmának kifejezett hígulása jellemző a növekvő N-ellátással, ill. terméssel, valamint a növény korával is (KÁDÁR & MÁRTON, 1999).

Az intenzív tápanyagfelvétel idején, a vegetációs periódus kezdetén annak a tápelemnek az akkumulációja, melyből a legtöbbet igényli az adott kultúra, meghaladja a többi elem felvételének ütemét (pl. a kukorica K-akkumulációjának sebessége a vizsgálatok szerint meghaladja a nitrogénét és foszforét (ARNON, 1975).

Kísérletünk fő célja a szójahajtás tápelem-koncentrációinak, -arányainak és a hajtásban akkumulált abszolút tápelemmennyiségek megállapítása, valamint ezek tenyészidő során bekövetkező változásainak tanulmányozása különböző műtrágyakombinációk mellett. A kapott eredmények értékelésével a szója számára optimális tápanyagellátás részleteinek megismerésére törekszünk.

Anyag és módszer

Kísérletünket 2004-ben állítottuk be üvegházi körülmények között szója növénnyel (*Glycine max* (L.) Merrill) a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Talajtan és Agrokémia Tanszékén. Az alkalmazott korai érésű Boróka fajta (Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt.) 2001-ben került állami elismerésre. A növényeket tenyészedeényekben neveltük egy gyenge foszfor- és kálium-ellátottságú agyagbemosódásos barna erdőtalajon, melynek főbb jellemzői az alábbiak: származási hely: Nagyrécse (Zala megye); szántóföldi termőhelyi kategória: II.; humusz (N-ellátottság): 3,06% (jó); AL-P₂O₅ (P-ellátottság): 31,67 mg/kg (gyenge); AL-K₂O (K-ellátottság): 134 mg/kg (gyenge); K_A: 48; CaCO₃: 0,34%; VK (vízkapacitás): 41,71%; pH(H₂O): 6,6.

A szükséges talajmennyiséget 2003 őszén a felső 30 cm-es rétegből vettük, homogenizáltuk, légszárazra szárítottuk és rostáltuk.

A trágyázatlan kontrollon kívül 10 kezeléskombinációt alkalmaztunk lépcsőzetesen növekvő tápanyagadagok kijuttatásával (1. táblázat). A műtrágyaigényt a MÉM NAK (1979) szerint becsültük. Az alkalmazott egyszeres N-, P- és K-adagok egymáshoz viszonyított aránya (0,5:1:1,07) a kísérleti talaj tápanyag-ellátottsági jellemzői alapján a szója számára biológiailag szükséges tápelemarányokhoz igazodik (MÉM NAK, 1979; ANTAL, 1999). A pétisó (27%), szuperfoszfát (19%) és kálisó (60%) műtrágyák szükséges mennyiségét porítottuk, és egyenletesen a talaj teljes mennyiségébe kevertük.

A kísérletet 2004. május 13-án állítottuk be 6 kg-os Mitscherlich-típusú lyuggatott, tálcás műanyag tenyészedeényekben, kavicságyon. Edényenként 25 magot vettünk 2–3 cm mélységbe, kelés után a tőszámot 15 db/tenyészedeényre állítottuk be. A vízellátást napi öntözéssel, valamint heti egyszer a maximális vízkapacitás 70%-ára történő súlyra öntözéssel biztosítottuk.

Szem előtt tartva azt a tényt, hogy a tápelem-koncentrációk, -arányok, valamint a tápelemfelvétel üteme időben változik, a kísérletet három párhuzamban állítottuk be ugyanazon feltételek mellett 4–4–4 ismétlésben (összesen 132 tenyészedeényben). A párhuzamok lebontását különböző fejlődési stádiumokban végeztük: 1. lebontás virágzás kezdetén, vetés után 43 nappal, 2004. június 25-én; 2. lebontás hüvelytelítődés kezdetén, vetés után 61 nappal, 2004. július 13-án; 3. lebontás teljes éréskor, vetés után 110 nappal, 2004. augusztus 31-én történt.

A vizsgált fejlődési stádiumokban kezelésként 4–4 ismétlést teljesen lebontottunk, tenyészedényenként mind a 15 növényt a talaj felszíne felett 1 cm-rel ollóval levágtuk, így egy minta 15 növényegyedből állt. A mintákat légszárazra szárítottuk és őröltük.

A vizsgálatok során a következő paramétereket határoztuk meg: száraztömeg (g/edény); a hajtás N-, P- és K-koncentrációja (%); N/P, N/K és K/P arányok; a hajtásban akkumulált N-, P- és K-mennyiség (mg/kg talaj); a termés mennyiségi jellemzői (hüvelytömeg/edény, hüvelyszám/edény).

A minták tápelemtartalmát kénsavas roncsolást követően határoztuk meg. Az összes-N-tartalom megállapítása Kjeldahl módszerrel, a P-koncentráció mérése spektrofotometriával, a K-tartalomé lángfotometria segítségével történt.

A kísérleti eredmények statisztikai értékeléséhez varianciaanalízist és szignifikáns differencia (SzD_{5%}) számítását végeztünk.

Eredmények

Várakozásunkkal ellentétben a hajtás *szárazanyag produkciója* (1. táblázat) az 1. (N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}) és a 2. (N₁P_{0,5}K₁) kezelések hatására a kielégítőnek tartott 4. (N₁P₁K₁) kezeléshez hasonló értéket mutatott. Ugyanezt tapasztaltuk teljes éréskor a teljes föld feletti rész szárazanyag-tartalmát vizsgálva. E kezeléseknél szignifikánsan magasabb értékeket csak többszörös műtrágyaadagokkal, azaz nagyobb költségekkel értünk el.

1. táblázat

A kezelések hatása a szójahajtás szárazanyag-termelésére három különböző fejlődési stádiumban, valamint a hüvelytömeg alakulására

(1) Kezelés- kombinációk*	(2) Szójahajtás szárazanyag-termelés, g/edény			(6) Hüvely- tömeg, g/edény
	(3) Virágzás kezdetén 2004. jún. 25.	(4) Hüvelytelítődés kezdetén 2004. júl. 13.	(5) Teljes éréskor 2004. aug. 31.	
a) Kontroll (N ₀ P ₀ K ₀)	8,77	11,4	4,82	7,16
1. N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	9,84	14,2	6,18	8,29
2. N ₁ P _{0,5} K ₁	9,71	12,8	6,23	8,74
3. N _{0,5} P ₁ K _{0,5}	8,50	15,2	5,57	6,80
4. N ₁ P ₁ K ₁	9,73	14,6	6,44	6,72
5. N ₂ P ₁ K ₂	9,60	15,0	9,10	9,04
6. N ₁ P ₂ K ₁	10,50	17,4	8,20	8,00
7. N ₂ P ₂ K ₂	10,59	18,3	8,32	8,39
8. N ₄ P ₂ K ₄	10,37	18,5	9,97	8,62
9. N ₂ P ₄ K ₂	11,79	18,9	10,46	9,38
10. N ₄ P ₄ K ₄	11,18	18,8	8,98	9,85

Megjegyzés: * N₁= 50 mg N/kg talaj, P₁= 100 mg P₂O₅/kg talaj, K₁= 107 mg K₂O/kg talaj, a többi műtrágya-hatóanyag mennyiség a fenti értékek 0,5-, 2-, ill. 4-szerese

2. táblázat

A szójahajtás N-, P- és K-koncentrációjának, valamint N/P, N/K és K/P arányának alakulása a kezelések hatására három különböző fejlődési stádiumban

(1) Kezelés- kombináció	N %	K %	P %	N/P	N/K	K/P
<i>A. Virágzás kezdetén, 2004. jún. 25.</i>						
Ø (N ₀ P ₀ K ₀)	1,67	1,39	0,14	11,9	1,20	9,9
1. N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	2,49	1,80	0,14	17,3	1,38	12,5
2. N ₁ P _{0,5} K ₁	3,09	1,94	0,14	21,5	1,60	13,4
3. N _{0,5} P ₁ K _{0,5}	3,03	2,29	0,18	16,8	1,32	12,7
4. N ₁ P ₁ K ₁	3,30	2,48	0,20	16,7	1,33	12,6
5. N ₂ P ₁ K ₂	3,99	3,01	0,21	19,1	1,32	14,4
6. N ₁ P ₂ K ₁	3,39	3,15	0,25	13,4	1,07	12,5
7. N ₂ P ₂ K ₂	3,85	3,54	0,26	14,9	1,09	13,7
8. N ₄ P ₂ K ₄	4,08	3,72	0,24	16,7	1,10	15,3
9. N ₂ P ₄ K ₂	3,90	3,75	0,32	12,4	1,04	12,0
10. N ₄ P ₄ K ₄	3,81	3,67	0,34	11,3	1,04	10,8
a) SzD _{5%}	0,203	0,140	0,019	0,826	0,075	0,989
<i>B. Hüvelytelítődéskor, 2004. júl. 13.</i>						
Ø (N ₀ P ₀ K ₀)	1,59	1,23	0,11	14,6	1,29	11,29
1. N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	2,39	1,27	0,12	19,31	1,88	10,26
2. N ₁ P _{0,5} K ₁	3,08	1,26	0,13	24,4	2,44	10,00
3. N _{0,5} P ₁ K _{0,5}	2,48	1,42	0,15	16,5	1,75	9,41
4. N ₁ P ₁ K ₁	3,00	1,55	0,17	18,1	1,94	9,34
5. N ₂ P ₁ K ₂	3,45	1,66	0,16	21,2	2,09	10,23
6. N ₁ P ₂ K ₁	2,81	1,74	0,18	15,4	1,61	9,62
7. N ₂ P ₂ K ₂	3,42	1,91	0,18	18,9	1,79	10,59
8. N ₄ P ₂ K ₄	3,95	2,25	0,17	23,2	1,75	13,26
9. N ₂ P ₄ K ₂	3,56	2,32	0,24	14,9	1,53	9,70
10. N ₄ P ₄ K ₄	4,13	2,74	0,27	15,3	1,51	10,15
a) SzD _{5%}	0,239	0,123	0,016	0,959	0,137	0,942
<i>C. Teljes éréskor, 2004. aug. 31.</i>						
Ø (N ₀ P ₀ K ₀)	0,64	1,23	0,07	9,43	0,51	18,5
1. N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	0,96	1,43	0,10	9,47	0,67	14,2
2. N ₁ P _{0,5} K ₁	1,51	1,24	0,12	12,63	1,22	10,4
3. N _{0,5} P ₁ K _{0,5}	1,20	1,76	0,10	12,09	0,69	18,1
4. N ₁ P ₁ K ₁	1,62	1,62	0,09	17,57	1,00	17,5
5. N ₂ P ₁ K ₂	1,89	1,49	0,10	19,21	1,26	15,2
6. N ₁ P ₂ K ₁	1,23	1,72	0,10	12,37	0,71	17,4
7. N ₂ P ₂ K ₂	2,31	1,81	0,08	28,18	1,28	22,0
8. N ₄ P ₂ K ₄	2,92	1,97	0,08	38,39	1,50	25,6
9. N ₂ P ₄ K ₂	2,32	1,83	0,11	21,78	1,27	17,2
10. N ₄ P ₄ K ₄	2,75	2,07	0,11	25,44	1,33	19,1
a) SzD _{5%}	0,189	0,150	0,014	3,894	0,145	2,913

A kezelések hatására a trágyázatlan kontrollhoz képest szinte kivétel nélkül statisztikailag igazolhatóan különböző értékeket kaptunk mind a tápelem-koncentrációk és -arányok, mind a tápelemek hajtásban akkumulált mennyisége tekintetében.

A különböző fejlődési stádiumokban mért növényi N-, P- és K-koncentrációkat és ezek arányait (2. táblázat), valamint e tápelemek hajtásban akkumulált mennyiségét (4. táblázat) vizsgálva nyilvánvaló, hogy kísérletünk során a szója tápelemfelvételét elsősorban a kijuttatott műtrágya-hatóanyag mennyiségek határozták meg. Az eredményeken felfedezhető azonban a nitrogén–foszfor antagonizmus, valamint a kálium–foszfor szinergizmus növényi tápelemfelvételre gyakorolt módosító hatása is.

Virágzás kezdetén átlagosan 109, hüvelytelítődés kezdetén 103%-kal nőtt a szójahajtásban mért N-koncentráció a kezelések hatására. Teljes éréskor – kezeléstől függően – 150–458% növekedés következett be. A P-koncentráció az első két lebonthatókor 163–163%-kal nőtt átlagosan a trágyázatlan kontrollhoz képest, teljes éréskor az átlagos növekedés 145%-ot tett ki. A hajtás százalékos K-tartalma a kezelések átlagában virágzás kezdetén 111, hüvelytelítődés kezdetén 48, teljes éréskor 38%-kal nőtt a kontrollhoz viszonyítva. Az értékek az egyes kezeléseknél kapott különböző mértékű, legtöbb esetben szignifikáns növekedések átlagából adódtak. Statisztikailag nem igazolható mértékű növekedés a $P_{0,5}$ -ös szinten fordult elő a P- és a K-koncentrációknál, valamint teljes éréskor a 7. ($N_2P_2K_2$) és 8. ($N_4P_2K_4$) kezeléseknél a P-koncentrációban.

A szójahajtás virágzás kezdetekor mért N-koncentrációja a hüvelytelítődés kezdetére 0,5–18%-os csökkenést mutatott. Teljes érésre további 26–60%-os csökkenés következett be. A P-koncentráció a virágzás kezdetétől hüvelytelítődésig 12–30%-kal, hüvelytelítődéstől teljes érésig 5–60%-kal csökkent. Az első két vizsgált fejlődési stádium között 12–46%-os csökkenés volt kimutatható a K-koncentrációban, teljes érésig azonban kezeléstől függően 1–25%-os csökkenést, ill. 4–24%-os emelkedést tapasztaltunk.

A kísérleti növények hajtásában mért N-, P- és K-koncentrációkat összehasonlítottuk a hazai és nemzetközi szakirodalomban az általunk vizsgált mintavételi időpontokra, ill. ahhoz közeli fejlődési stádiumokra közölt értékekkel (3. táblázat). Elemzésünkben saját kísérletünknel a MÉM NAK (1979) alapján kiegyensúlyozottnak tartott $N_1P_1K_1$ -kezelést, a szakirodalomban a „kiegyensúlyozott” tápelemellátottsági kategóriára leírt adatokat vettük alapul. Az áttekinthetőség kedvéért szerzőnként csupán egy átlagos értéket tüntettünk fel. Törekedtünk arra is, hogy eredményeinket hajtás-, ill. levélminták vizsgálati eredményeivel hasonlítsuk össze. Ezért KÁDÁR és MÁRTON (1999) szárra, ill. lombra megadott értékeiből – azok száraztömegét figyelembe véve – súlyozott átlaggal kiszámítottuk a hajtás tápelemkoncentrációit.

A táblázatban feltüntetett szerzők közül mindhárom általunk vizsgált fejlődési stádiumra csak a hazaiak (KURNIK, 1976; KÁDÁR & MÁRTON, 1999) közöltek adatokat, így eredményeinket a továbbiakban csak az általuk leírtakhoz hasonlítjuk. Azt tapasztaltuk, hogy bár az értékek számértékileg többnyire nem esnek egybe, a koncentrációváltozás tendenciája az általuk leírtakhoz hasonló (1. ábra). A szója-

3. táblázat

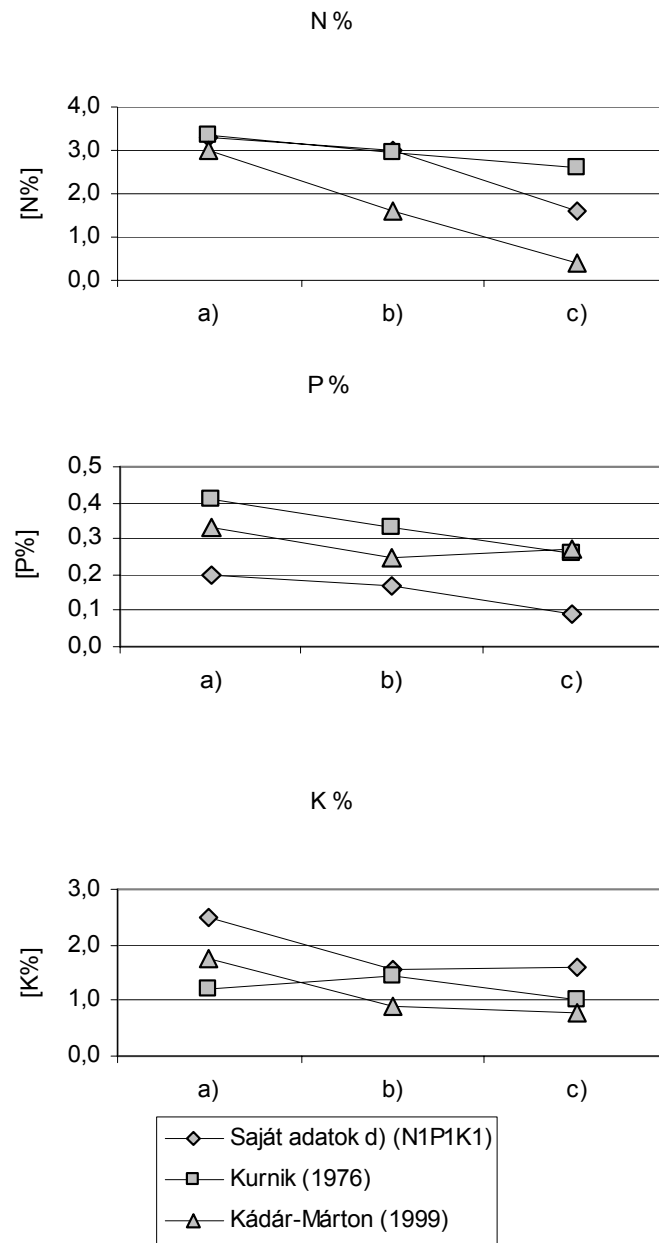
A szójahajtás N-, P- és K-koncentrációja virágzás kezdetén (1.), hüvelytelítődés kezdetén (2.) és teljes éréskor (3.) különböző szerzők alapján

(1) Növényi rész, szerző	N%			P%			K%		
	(2) Fejlődési stádium								
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
a) Hajtás, saját kísérlet									
N ₁ P ₁ K ₁	3,30	3,00	1,62	0,20	0,17	0,09	2,48	1,55	1,62
N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	2,49	2,39	0,96	0,14	0,12	0,10	1,80	1,27	1,43
N ₁ P _{0,5} K ₁	3,09	3,08	1,51	0,14	0,13	0,12	1,94	1,26	1,24
b) Hajtás (KURNIK, 1976)	3,36	2,95	2,60	0,41	0,33	0,26	1,20	1,43	1,03
c) Szár és lomb (KÁDÁR & MÁRTON, 1999)*	3,00	1,61	0,39	0,33	0,25	0,27	1,74	0,90	0,77
d) Legfiatalabb kifejlett levél (REUTER & ROBINSON, 1988)	4,80	4,75		0,31	0,38		2,70	2,18	
e) 25 db kifejlett levél (MILLS & JONES, 1996)		4,75			0,38			2,10	
f) Kifejlett levél									
JONES (1967)		4,88			0,38			2,11	
CHAPMAN (1966)		4,80			0,38			2,61	

Megjegyzés: * súlyozott átlag

hajtás N-koncentrációja a három vizsgált fejlődési stádium között kifejezett csökkenést mutat. A változás mértéke és üteme KURNIK (1976) adatai szerint viszonylag kicsi, KÁDÁR és MÁRTON (1999) kísérleteiben jóval nagyobb. Saját kísérletünkben a virágzás kezdetétől a hüvelytelítődés kezdetéig enyhébb, utóbbtól a teljes érésig jelentősebb csökkenés volt mérhető. Míg vizsgálatunk során a szójahajtás P-tartalmának folyamatos enyhe csökkenését tapasztaltuk, KURNIK (1976) erőteljesebb csökkenésről, KÁDÁR és MÁRTON (1999) hüvelytelítődésig csökkenésről, ezt követően enyhe emelkedésről számolt be. Az 1. ábrán jól látszik, hogy a szójahajtás K-koncentrációjának változását jellemző három különböző adatsor eltérően alakult. KÁDÁR és MÁRTON (1999) értékei saját méréseinkhez hasonlóan csökkentek a hüvelytelítődés kezdetéig, míg KURNIK (1976) erre az időszakra vonatkozóan növekedésről tesz említést. Ezt követően mindkét hazai irodalomban a K-koncentráció csökkenéséről olvashatunk, míg saját eredményeink enyhe növekedést mutattak a teljes érésig.

Az irodalmi adatokkal való összevetés alapján nem lehet egyértelműen állást foglalni az élettani optimumokról, de még a szójahajtásban a tenyészidő folyamán lezajló változásokról sem. Kísérleti eredményeink nemzetközi adatokkal való összehasonlítása során ismételtelen beigazolódott, hogy az eltérő környezeti viszonyok között végzett kísérletek adatai a hazai körülményekre nem adaptálhatók. Az összevetés során jelentősen eltérő értékeket kaptunk a Magyarországon végzett vizsgálatok eredményei között is.



1. ábra

A szójahajtás N-, P- és K-koncentrációjának (%) alakulása a virágzás kezdetén (a), a hüvelytelítődés kezdetén (b) és teljes éréskor (c) KURNIK (1976), KÁDÁR és MÁRTON (1999), valamint saját kísérletünk N₁P₁K₁-kezelése alapján

Az alkalmazott kezeléskombinációk mindhárom fejlődési stádiumban szignifikánsan növelték (12–307%-kal) a szójahajtás N/P arányát a trágyázatlan kontrollhoz képest (2. táblázat). Az N/K arányt vizsgálva a kezelések sorrendjében az 5. kezelésig ($N_2P_1K_2$) szignifikáns növekedést, a 6. ($N_1P_2K_1$) kezeléstől viszont szignifikáns csökkenést tapasztaltunk a kontrollhoz viszonyítva a virágzás kezdetén. A hüvelytelítődés kezdetén 16–88, teljes éréskor 29–191%-os szignifikáns növekedés volt kimutatható. A K/P arány az első lebontáskor átlagosan 131%-kal nőtt a kezeléshatásnak köszönhetően, ám a második és harmadik vizsgált fejlődési stádiumban néhány kivételtől eltekintve 12, ill. 15%-os csökkenést figyeltünk meg.

A virágzás kezdeti koncentrációkból számított N/P és N/K arányok 108–139, ill. 108–164%-osra nőttek a hüvelytelítődés kezdetére, míg a K/P arány – a kontrollkezelést kivéve – 8–29%-kal visszaesett. Teljes érésre azonban a kisebb adagú kezeléseknél (1–6. kezelés) 0,49–0,97-szeresére csökkent, a nagyobb műtrágyaadagok (7–10. kezelés) hatására 1,46–1,66-szorosára nőtt a hajtás N/P aránya a hüvelytelítődés kezdetéhez képest. A N/K arányok tekintetében a kor előrehaladtával további 12–65%-os csökkenést, míg a K/P arányt vizsgálva 4–108%-os csökkenést tapasztaltunk.

A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva virágzás kezdetén 166–291, hüvelytelítődés kezdetén 188–432, teljes éréskor 192–940%-osra nőtt a hajtásban akkumulált nitrogén mennyisége a kezelések hatására (4. táblázat). A hajtásban mért abszolút P-mennyiség az első, második és harmadik lebontáskor 14–208, 31–311, ill. 68–240%-os növekedést mutatott a kontrollhoz képest. A kijuttatott adagtól és a vizsgált fejlődési stádiumtól függően minimum 1,55-szörösére, maximum 3,69-szere-

4. táblázat

A szójahajtás N-, P- és K-akkumulációjának alakulása a kezelések hatására három különböző fejlődési stádiumban

(1) Kezelés- kombináció	(2) Virágzás kezdetén, 2004. jún. 25.			(3) Hüvelytelítődés kezdetén 2004. júl. 13.			(4) Teljes éréskor, 2004. aug. 31.		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
	(5) abszolút mennyiség, mg/kg talaj								
Ø ($N_0P_0K_0$)	146,6	12,3	122,0	180,5	12,4	140,0	31,0	3,3	59,6
1. $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$	244,8	14,2	177,0	339,5	17,6	180,2	59,3	6,3	88,7
2. $N_1P_{0,5}K_1$	300,3	14,0	188,1	394,3	16,2	161,6	94,2	7,5	77,10
3. $N_{0,5}P_1K_{0,5}$	257,4	15,3	195,0	375,8	22,8	214,6	67,0	5,5	97,63
4. $N_1P_1K_1$	321,3	19,2	241,5	439,2	24,4	227,6	103,5	5,9	103,8
5. $N_2P_1K_2$	382,2	20,0	288,7	516,4	24,4	249,0	172,2	9,0	136,1
6. $N_1P_2K_1$	355,4	26,5	331,0	484,8	31,4	301,7	100,7	8,2	141,3
7. $N_2P_2K_2$	407,4	27,5	374,9	625,0	33,1	350,3	192,2	6,9	150,2
8. $N_4P_2K_4$	422,7	25,3	386,1	732,0	31,5	418,2	291,1	7,8	197,1
9. $N_2P_4K_2$	459,9	37,1	441,3	672,8	45,3	439,1	242,5	11,2	191,7
10. $N_4P_4K_4$	425,9	37,9	410,2	778,9	50,8	515,9	247,5	9,8	186,6
a) SzD _{5%}	23,51	2,04	20,74	49,74	2,48	32,28	20,62	1,35	19,80

sére nőtt a hajtás abszolút K-tartalma. A növekedés a $P_{0,5}$ -szinten előforduló néhány kivételtől eltekintve 5%-os szinten szignifikáns.

A hajtásban akkumulált nitrogén és foszfor abszolút mennyisége a virágzás kezdetén kapott eredményekhez képest a hüvelytelítődés kezdetére 1,23–1,83, ill. 1,15–1,49-szeresére növekedett. A felvett kálium mennyisége ez idő alatt alig változott; csak a nagyon kis (K_0 ; $K_{0,5}$) és a nagyon nagy (K_4) K-adagok okozták a kálium további felvételét a két mintavétel között. Ehhez viszonyítva azonban a teljes érésre a hajtásban akkumulálódott nitrogén és foszfor abszolút mennyisége 60–83%-kal, a káliumé 45–64%-kal esett vissza. A kezelések sorrendjében a 6. ($N_1P_2K_1$) kezelésig legsúlyosabb mértékben a felvett nitrogén, az ennél nagyobb adagú kezeléseknél a hajtásban akkumulálódott foszfor értéke esett vissza. A legkisebb mértékű csökkenést a hajtásban felhalmozott kálium esetében tapasztaltuk.

Teljes érés előtt a N-, P- és K-koncentrációk és a hajtásban akkumulált tápelem-mennyiségek változása egyaránt csökkenő tendenciát mutatott. Attól függően, hogy adott kezeléskombináció hatására mely tápelem százalékos mennyisége milyen mértékben esett vissza, a hajtásban lévő tápelemek arányai pozitív, ill. negatív irányban változtak. A tápelem-koncentrációk, valamint a tápelemek abszolút mennyiségének csökkenése feltehetően a termésbe történő tápelem-transzportra vezethető vissza.

A *termésmennyiséget* vizsgálva a szárazanyag-produkcionál tapasztaltakhoz hasonló eredményekre jutottunk, azzal a különbséggel, hogy a szója a már említett 1. ($N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$) és 2. ($N_1P_{0,5}K_1$) kezelések hatására a 4. ($N_1P_1K_1$) kezelésnél statisztikailag igazolhatóan nagyobb hüvelytömeget volt képes produkálni (1. táblázat). Az 1. ($N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$) kezelés szignifikánsan megnövelte a hüvelyszámot is a kielégítőnek tartott $N_1P_1K_1$ kombinációhoz viszonyítva.

A hajtás, ill. a teljes föld feletti rész szárazanyag-tartalmát, valamint a termés-eredményeket vizsgálva a 4. ($N_1P_1K_1$) kezeléshez képest a kijuttatott hatóanyagok egymáshoz viszonyított arányától függetlenül a legnagyobb dózisok mellett sem lépett fel termésdepresszió.

A kísérletünkben mért kiemelkedően magas szárazanyag-produkció és hozam miatt számításba vettük, hogy a szója számára talán kedvezőbb az 1. ($N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$) és 2. ($N_1P_{0,5}K_1$) kezeléskombináció, ezért ezek N-, P- és K-koncentráció adatait is összevetettük az említett szerzők értékeivel (3. táblázat). Ez az összehasonlítás sem hozott azonban számottevő eltérést a koncentrációértékek és a koncentrációváltozás tendenciájának alakulásában. Jelentősen eltérő különbség csak a 2. ($N_1P_{0,5}K_1$) kezeléskombináció hatására kapott növényi K-koncentráció esetén volt tapasztalható, ahol a hüvelytelítődés és a teljes érés közötti időszakban a szakirodalomban leírtakhoz hasonlóan enyhe csökkenés mutatkozott.

Összefoglalás

Kísérletünk során üvegházi körülmények között szójanövényeket neveltünk agyagbemosódásos barna erdőtalajon. Három különböző fejlődési stádiumban vizsgáltuk a N-, P- és K-koncentrációk, -arányok és a hajtásban akkumulált abszolút tápelemmennyiségek alakulását lépcsőzetesen növekvő adagú kezeléskombinációk hatására.

A N-, P- és -koncentrációk, -arányok, valamint a hajtásban akkumulált tápelemmennyiségek azt mutatták, hogy a kísérleti szójanövények a kijuttatott műtrágya-hatóanyag mennyiségek arányában vették fel a tápelemeket.

Jól nyomon követhető volt a N–P antagonizmus, valamint a K–P szinergizmus tápelemfelvételt módosító hatása.

A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva a kezelések hatására szinte kivétel nélkül statisztikailag igazolható változást tapasztaltunk mind a tápelem-koncentrációkat és -arányokat, mind a tápelemek hajtásban akkumulált mennyiségét tekintve.

A szójahajtás N-koncentrációja 148–457, P-koncentrációja 102–248, K-koncentrációja akár 269%-kal nőtt a kontrollhoz képest. A N/P arány átlagosan 157%-kal nőtt, a N/K arány 152%-os átlagos növekedést mutatott, míg a K/P arány változása -44 és +54% között alakult. A hajtásban akkumulált tápelemek változása volt a legkifejezettebb, 14–840%-os növekedést tapasztaltunk fejlődési stádiumtól és kezeléstől függően.

A tápelem-ellátottságot jelző paraméterek jelentős változásokat mutattak a vegetációs periódus során.

Virágzás kezdetétől hüvelytelítődés kezdetére a tápelem-koncentrációk 0,5–46%-kal csökkentek. Ettől számítva teljes éréssig a N- és P-koncentráció 5–60%-kal esett vissza, míg a K-koncentráció 1–25%-kal csökkent, ill. emelkedett. Hüvelytelítődésig a N/P és N/K arányokban 108–164%-os növekedés, a K/P arányokban 8–29%-os csökkenés következett be. Teljes éréssre a N/K arány, valamint a kisebb adagú kezeléseknél kapott N/P arány 3–65%-kal csökkent, a K/P arány és a nagyobb adagú kezelések N/P aránya 4–108%-kal nőtt. A hajtásban akkumulált N- és P-mennyiség akár 83%-kal nőtt az első időszakban, a kálium abszolút mennyisége kezeléstől függően nőtt, ill. csökkent. A vegetációs időszak végére mindhárom vizsgált tápelem hajtásban akkumulált mennyisége csökkent 45–83%-kal. A növényi tápelem-koncentrációk és a hajtásban mért abszolút N-, P- és K-mennyiségek csökkenése a tenyésztési folyamán feltételezhetően a termésbe történő tápelem-transzporttal magyarázható.

A hajtás, valamint a teljes föld feletti rész szárazanyag-tartalma és a terméshozam alakulásából arra következtettünk, hogy a szója számára a $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$ - és a $N_1P_{0,5}K_1$ -kezelések a legkedvezőbbek a műtrágyázási költség szempontjából. Szabadföldi kísérletek eredményeiből megállapítható lesz, hogy a szója számára indokolt lehet-e a kijuttatott műtrágya-hatóanyag mennyiségek csökkentése.

Kísérletünkben a kielégítőnek tartott $N_1P_1K_1$ -, valamint a kiemelkedő eredményt produkáló $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$ - és $N_1P_{0,5}K_1$ -kezeléseknél kapott koncentrációkat szakirodalmi adatokkal összehasonlítva megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált fejlődési stádiumokra vonatkozóan a hazai és nemzetközi adatbázis hiánypótlásra és pontosí-

tásra szorul. A meglévő adatsorok közül KURNIK (1976), valamint KÁDÁR és MÁRTON (1999) adataival összevetve a koncentrációváltozás tendenciája tápelemtől és fejlődési stádiumtól függően ugyan eltér, ám többnyire az általuk leírtakhoz hasonló.

A produkciós mutatók kísérletünkben kapott értékeinek hazai és nemzetközi szakirodalmi adatokkal való összehasonlítása alapján azok tápelem-ellátottsági kategóriákba sorolása kérdéses. Bízunk azonban abban, hogy kísérleteinkkel hozzá tudunk járulni a szója tápelem-ellátottsági kategóriáinak hazai kísérleti adatokra épülő, megbízható meghatározásához.

Kulcsszavak: szójahajtás, NPK-koncentrációk, tápelemarányok, tápelem-akkumuláció

Irodalom

- ANTAL J., 1999. Szántóföldi növények trágyázása. In: Tápanyag-gazdálkodás (Szerk.: FÜLEKY GY.). 326–327. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- ARNON, I., 1975. Mineral Nutrition of Maize. International Potash Institute. Switzerland.
- BUZÁS I., 1983. A növénytáplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- CHAPMAN, H. D. (Ed.), 1966. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Riverside Div. Agric. Sci., University of California. Berkely, USA.
- CROZAT, Y., GILLET, J. P. & TRICOT, F., 1992. Effects of soil compaction on root distribution, N, P, K uptakes and growth of the pea crop. In: Proc. Root Ecology and its Practical Application, 3rd ISRR Symposium, Wien. 411–414.
- EPSTEIN, E., 1972. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Wiley & Sons. New York.
- FRAGERIA, N. A., BALIGAR, N. C. & JONES, CH., 1995. Soybean. In: Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. (Ed.: BOWKER, R. R.) 1–11. Marcel Dekker Inc. New York.
- JONES, J. B., 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: Soil Testing and Plant Analysis. Part II. Plant Analysis. 49–58. Soil Science Society of America. Madison, Wisc.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- KÁDÁR I. & MÁRTON L., 1999. A szója ásványi tápelemforgalma. Agrokémia és Talajtan. **48.** 67–82.
- KURNIK E., 1976. Nagyüzemi szójatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MÉM NAK, 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- MILLS, H. A. & JONES, J. B. JR., 1996. Utilization of Plant Tissue Analysis. In: Plant Analysis Handbook II. 155–184. MicroMacro Publishing. USA.
- REUTER, D. J. & ROBINSON, J. B. (Eds.), 1988. Plant Analysis. Inkata Press. Melbourne, Australia.

- SÁRDI, K. & SISÁK, I., 1996. Relationship between dry matter production and plant nutrient accumulation as affected by soil properties of long-term fertilization trials. In: Proc. 4th ESA Congress, 7–11 July 1996, Veldhoven-Wageningen, The Netherlands. (Eds.: VAN ITTERSUM, M. K. et al.) 272–273.
- SUMNER, M. E., 1978. Interpretation of nutrient ratios in plant tissue. Commun. Soil Sci. Plant Anal. **9**, (4) 335–345.

Érkezett: 2007. március 14.

Evaluation of the nutrient status of soybeans in a pot experiment

K. BALIKÓ and K. SÁRDI

Georgikon Faculty of Agricultural Sciences, Pannon University, Keszthely (Hungary)

Summary

Soybean plants were grown under greenhouse conditions in a lessivated brown forest soil (Luvic phaeosem according to the FAO taxonomy) from Nagyrécsce (Zala county, W. Hungary). The soil properties were as follows: humus (level of N supply): 3.06% (good); AL-P₂O₅ (level of P supply): 31.67 mg/kg (poor); AL-K₂O (level of K supply): 134 mg/kg (poor); K_A (soil plasticity index): 48; CaCO₃: 0.34%; WHC (water holding capacity): 41.71%; pH(H₂O): 6.6. The NPK concentrations and ratios, and the absolute nutrient quantities accumulated in shoots were recorded at three growth stages (beginning of flowering, beginning of pod filling and full maturity) in response to ten fertilizer combinations.

The NPK concentrations and ratios and the absolute nutrient quantities accumulated in shoots indicated that the nutrient uptake of soybean plants was proportional to the rates of fertilizers applied. The modifying effect of N–P antagonism and K–P synergism on nutrient uptake could be clearly observed.

Compared with the unfertilized control, significant changes were found for all the treatments in terms of both the concentrations and ratios of nutrients and the quantities of nutrients accumulated in shoots.

Increases in nutrient concentrations in soybean shoots ranged between 148–457% for N, 102–248% for P and up to 269% for K. The average increase in the nutrient ratios was 157% for N/P and 152% for N/K, while the change in the K/P ratio ranged from -44 to +54%. The change in the quantity of nutrients accumulated in shoots was the most pronounced, with increases of 14–840%, depending on the growth stage and treatment.

Parameters characterizing nutrient status showed considerable changes during the vegetation period. Nutrient concentrations declined by 0.5–46% from the beginning of flowering to the beginning of pod filling. The N and P concentrations decreased by a further 5–60% up to full maturity, while the K concentration decreased or increased by 1–25%. Up to the beginning of pod filling the N/P and N/K ratios increased by 108–164%, while the K/P ratio decreased by 8–29%. By full maturity there was a drop of 3–65% in the N/K ratio and in the N/P ratio recorded for low fertilizer rates, while the K/P ratio and the N/P ratio for the higher rates of fertilizers increased by 4–108%. The N and P quantities accumulated in the shoots rose by up to 83% during the first period, while the absolute quantity of potassium increased or decreased, depending on the treatment combination. By the end of the vegetation period the quantity of all three macronutrients accumulated in the shoots had declined by 45–83%. This decline in the plant nutrient concentrations and in the absolute N, P and K quantities recorded in the shoot can be attributed to the nutrient transport towards the seed at the final part of the vegetation period.

It can be concluded from the dry matter content (shoot and whole aboveground parts) and the yield that the N_{0.5}P_{0.5}K_{0.5} and N₁P_{0.5}K₁ treatments were the most favour-

able from the economical aspect. Field experiments will be required to establish the reasonable reduction of fertilizer rates to be applied for soybeans.

A comparison of data from the literature and the concentrations recorded for the $N_1P_1K_1$ treatment, considered as a satisfactory level, and for the $N_{0.5}P_{0.5}K_{0.5}$ and $N_1P_{0.5}K_1$ treatments, which gave the best results, revealed that, for the growth stages investigated, the databases available in Hungary and in international literature should be complemented and revised. Among the data series available, those of KURNIK (1976) and KÁDÁR and MÁRTON (1999) revealed similar tendencies in nutrient concentrations, despite certain differences occurring depending on the nutrient and growth stage.

Yield parameters studied in our present experiment and their comparison with data from Hungarian and international literature suggest that the nutrient supply categories need to be revised. The present results may contribute to the determination of nutrient supply categories for soybeans, based on the data of experiments carried out in Hungary.

Table 1. Effect of treatments on the dry matter production of soybean shoots in three growth stages, and on the pod mass. (1) Treatment combinations. a) Control. (2) Dry matter production of soybean shoots, g/pot. (3) At the beginning of flowering, 25 June 2004. (4) At the beginning of pod filling, 13 July 2004. (5) At full maturity, 31 August 2004. (6) Pod mass, g/pot. *Note:* $N_1 = 50$ mg N/kg soil, $P_1 = 100$ mg P_2O_5 /kg soil, $K_1 = 107$ mg K_2O /kg soil; other fertilizer active agent quantities are 0.5-, 2- and 4-times these values.

Table 2. Trends in the N, P and K concentrations of soybean shoots and in the N/P, N/K and K/P ratios in three growth stages in response to the treatments. (1) Treatment combinations. a) $LSD_{5\%}$. A. At the beginning of flowering, 25 June 2004. B. At the beginning of pod filling, 13 July 2004. C. At full maturity, 31 August 2004.

Table 3. N, P and K concentrations of soybean shoots at the beginning of flowering (1.), at the beginning of pod filling (2.) and at full maturity (3.) according to various authors. (1) Plant part, literature reference. a) Shoot, present experiment; b) shoot (KURNIK, 1976); c) stem and foliage (KÁDÁR & MÁRTON, 1999) (weighted mean); d) youngest fully developed leaf (REUTER & ROBINSON, 1988); e) 25 fully developed leaves (MILLS & JONES, 1996); f) fully developed leaf. (2) Development stage.

Table 4. Trends in the N, P and K accumulation of soybean shoots in three growth stages in response to the treatments. (1) Treatment combinations. a) $LSD_{5\%}$. (2) At the beginning of flowering, 25 June 2004. (3) At the beginning of pod filling, 13 July 2004. (4) At full maturity, 31 August 2004.

Fig. 1. Trends in the N, P and K concentrations (%) of soybean shoots at the beginning of flowering (a), at the beginning of pod filling (b) and at full maturity (c), based on the data of KURNIK (1976), KÁDÁR and MÁRTON (1999) and the $N_1P_1K_1$ treatment of the present experiment.