

A szója ásványi tápelemforgalma

KÁDÁR IMRE és MÁRTON LÁSZLÓ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Bevezetés

A szója sokoldalúan hasznosítható hüvelyes növény, mely emberi táplálkozásra, állati takarmányozásra és széles körű ipari feldolgozásra egyaránt alkalmas. Magja 36-42 % fehérjét, 18-22 % olajat, számos fontos vitamint és biológiailag aktív vegyületeket tartalmaz. A fehérjék közül az albuminok 5-7, a globulinok 60-70 %-ot képviselnek. A szójafehérje aminosav-összetétele alapján csaknem teljes értékű, mivel a legfontosabb aminosavak (mint a triptofán, lizin, cisztin, leucin stb.) hordozója. Olaja félig száradó, kiváló minőségű étolaj-, margarin-alapanyag (RADICS, 1994; FAUCONNIER, 1986).

Nemcsak a mag, hanem az egész növény gazdag fehérjében, így szál-, ill. tömegtakarmányként is termesztendő. Utóbbi esetben más növényekkel, mint pl. szójaszalamádé termesztjük. Honosításával már az 1870-es években foglalkozott Haberlandt Frigyes, később Cserhádi Sándor, az 1920-as években Gyárfás József, az 1930-as években Surányi János. Rendszeres termesztéséről hazánkban 1935 óta beszélhetünk. Vetésterülete világviszonylatban növekvő és az 5. legfontosabb kultúrává vált a búza, rizs, kukorica és az árpa után. A növekedés mintegy 40 %-ot tett ki 1970–1990 között és ma már meghaladja az 50 millió ha-t. A világtermelés több mint felét az USA adja, meghatározva a piaci viszonyokat is. A közelmúltban KURNIK és SZABÓ (1987), ill. BÓDIS és KRALOVÁNSZKY (1988) taglalták termesztésének és felhasználásának egyes aspektusait.

Ismert, hogy a szója jó előveteménynek számít, gazdagítja a talajt nitrogénben és javítja szerkezetét. Ha sikerül időben betakarítani, akkor pl. a búza vetése leegyszerűsödik és esetleg a direkt vetésre is sor kerülhet. Megtöri a gabonaforgót, korlátozza a gombabetegségek felszaporodását. Őshazája Délkelet-Ázsia, Kínában már több mint 4 ezer éve termesztik, főképpen emberi táplálkozásra, mert összetétele alapján helyettesítheti az állati húst, halat és tejtermékeket. Számunkra az olaj kinyerése után visszamaradó szójadara nélkülözhetetlen fehérjetakarmány, míg Európában elképzelhetetlen nélküle a modern állattenyésztés, hizlalás, az iparszerű hús- és tojástermelés. A hazai állattartás fajösszetétele és technológiája tekintetében is szójacentrikus. Mindezek

ellenére szójatermesztésünk elenyésző és a 90-es években a 80-as évekhez viszonyítva 1/4-ére, 15-20 ezer hektárra csökkent. Ennek oka részben az, hogy természeti körülményeink nem igazán elégítik ki e növény igényeit, ill. részben nem ismerjük eléggé a szója tápelem- és vízigényét, kevés szabatos kísérleti adattal rendelkezünk. A 2-3 t/ha szójatermés gazdaságosnak tekinthető, hiszen felvásárlási ára az étkezési búza 2-3-szorosát is elérheti.

A szója fejlődéséről és a környezettel szembeni igényéről. – Környezetével szemben igényes növény, különösen virágzás és magkötés idején. A nálunk termesztett korán érő fajták napfény- és hőigényét biztosítani tudjuk, a hőösszegek adottak, az érés szeptemberben következik be. A tenyészidő során 300-400 mm csapadék az optimum, június, július és augusztus első felében egyenletes eloszlásban 150-200 mm igény jelentkezik. Az eredményes termesztés alapvetően a virágzás és hüvelyképzés idején lehullott csapadéktól vagy az öntözéstől függhet. Ekkor a vízigény irodalmi adatok szerint a 4-8 mm/nap mennyiséget is elérheti (WALTER & SAMUEL, 1980).

Vetéstől az érésig a mérsékelt övezetben fajtától függően 100-150 nap a tenyészidő. Csírázástól az első virágok megjelenéséig mintegy 2 hónap telik el, amikor is már teljes talajfedettséget nyújthat 50 cm körüli sortávolságnál. Rövidnappalos lévén júliusban virágzik, amikor a napok rövidülni kezdenek. A virágzás 3-5 hétig is elhúzódhat. Ez már a kritikus szakasz, amikor a 27 °C feletti hőmérsékletet és a szárazságot nehezen viseli, csökken a képződő magok száma és súlya. Ha lerövidül ez a szemtelítődési periódus, nem jut elégséges idő a tápanyagok felvételére és a szembe való vándorlására. Ezért is fontos a vetésidő helyes megválasztása. A talajhőmérséklet ekkor 11-14 °C legyen, vethető tehát a kukorica előtt néhány nappal.

A vetés utáni első hónapban lassú a szárazanyag-képződés, ezt követően meggyorsul. A hajtás és a levélzet maximális tömegét kb. 3 hónapos korban éri el. A szemek tömege tovább nő a 4. hónapban, amikor is a levelek lehullanak. A virágzás kezdete és a szemtelítődés eleje közötti kritikus 60-90 napos korban napi 50-100 kg/ha száraz anyag képződhet. A tápelemfelvétel többé-kevésbé követi a szárazanyag-felhalmozást és ekkor a N- és K-akkumuláció maximuma 2-10 kg/ha napi mennyiségeket érhet el. Szemtelítődéskor kezdetben a víztartalom még 90 % körüli, mely fokozatosan 60-65 %-ra süllyed, majd a teljes éréskor 15 % körülire esik.

A szója képes mély gyökereket fejleszteni megfelelő talajon és így a talaj vízkészletét is jól hasznosítja, de a gyökér tömege a felső 30-40 cm rétegben található. Gyökerek a csírázást követő 2. hét után fertőződnek *Rhizobium japonicum* baktériummal. Ha a talaj steril, úgy az oltás eredményes lehet. Mivel a gyökérsűrűség csekély – BARBER (1966) szerint 1/5-e a kukoricáénak –, a P- és K-igénye kifejezettebb. Ideális a semleges vagy enyhén savanyú talaj, de meszes talajon is jól fejlődik. A 600-700 liter fajlagos vízigény 1 kg száraz anyag képződéséhez igen nagy, a kölesét pl. kétszeresen meghaladhatja. Ezért is fontos a megfelelő ásványi táplálás, mely a vízhasznosulást csökkenti. A ter-

més-potenciált tekintve FLANNERY (1982) öntözés nélkül 6,9 t/ha, öntözve 550 ezres állománysűrűségeknél 7,3 t/ha magtermést említ.

A szója ásványi összetétele és tápelemfelvétele. – A növény összetétele a termőhelytől, trágyázástól stb. függően változik, de optimális viszonyok között viszonylag állandó. Az 1. táblázatban a szója átlagos elemkészletét tanulmányozhatjuk 4 t/ha magtermés, ill. 8,8 t/ha összes gyökeres szárazanyaghozam esetén OHLROGGE et al. (1968) nyomán. Amint az adatokból látható, a C, H, O teszi ki a száraz anyag 92 %-át, a nitrogénnel együtt 96 %-ot. Ezek az elemek döntően nem a talajból, hanem a légkörből származnak, a CO₂ és a H₂O, ill. a levegő N₂-je szolgál forrásul. Nem képződhet azonban száraz anyag, amennyiben a 4 %-ot kitevő makro- és mikroelemek hiányoznak a talajból. Továbbiakban a nitrogénnel és a talajból eredő hamuelemekkel foglalkozunk.

A magba, ill. az egész aratáskori föld feletti növénybe épült makroelemek mennyiségéről tájékoztat a 2. táblázat 2, ill. 4 t/ha szemtermés esetén HANSON (1977) adatai alapján. A felvett nitrogén, foszfor és kálium zöme a magtermésben, míg a kalcium, magnézium és kén nagyobb része a melléktermésben

1. táblázat

A szója elemkészlete 4 t/ha magtermés, ill. 8,8 t/ha gyökeres összes szárazanyaghozam esetén OHLROGGE et al. (1968) szerint

(1) Elem	kg/ha	(1) Elem	kg/ha	(1) Elem	kg/ha
C	3920	Mg	40	Zn	0,2
O	3700	P	34	Cu	0,1
H	500	S	28	B	0,1
N	360	Cl	11	Mo	0,01
K	125	Fe	2	Co	0,006
Ca	90	Mn	0,7	a) Összesen	8811,116

2. táblázat

Makroelemek megoszlása a magban és az egész szójanövényben két eltérő termésszinten HANSON (1977) szerint

(1) Mag, ill. egész növény	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
kg/ha						
<i>A. 2 t/ha magtermésnél</i>						
a) Mag	116	16	41	4	4	6
b) Egész növény	176	21	77	18	9	20
<i>B. 4 t/ha magtermésnél</i>						
a) Mag	238	46	89	7	8	13
b) Egész növény	359	62	165	31	19	40

halmozódott fel. Megfigyelhető, hogy a nagyobb termés nagyobb fajlagos NPK-tartalmat mutatott, azaz az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés NPK elemigénye nőtt. Az említettekén túlmenően elkülönül a biológiai tápelemigény vagy elemforgalom, mely a gyökerek és az aratás idejére lehullott lomb elemeit is figyelembe veszi, melyek a táblán maradnak. Ez a maximális felvétel.

FAUCONNIER (1986) eredményei szerint, melyet a 3. táblázat tekint át, az aratás idején betakarított föld feletti termésben a kálium és cink mintegy 40, a nitrogén kereken 50, a foszfor 60 %-a található, összevetve a maximális fel-

3. táblázat

A szója elemforgalma 3,5 t/ha magtermésnél (FAUCONNIER (1986) nyomán)

(1) Elem jele	(2) Maximálisan felvett (gyökérrel, lombbal)		(3) Aratás idején felvett (föld feletti rész)*		(4) Magtermésben (kombájnnal betakarításnál)	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
N	481	100	250	52	206	43
P ₂ O ₅	152	100	90	59	59	39
K ₂ O	289	100	115	40	52	18
Zn	1,8	100	0,7	39	0,3	17

*gyökér és lehullott lomb nélkül

vétellel. Kombájnnal betakarításnál pedig a magterméssel a kálium és cink csupán 17-18, a nitrogén és foszfor 39-43 %-a távozott a tábláról, vagyis nagyobb része a talajon, talajban maradt. Agronómiai szempontból, a tartós gazdálkodás során az így ténylegesen előálló tápelemveszteségeket kell figyelembe vennünk. A nitrogén esetében természetesen a felvétel döntően a levegőből származhat, így a mérleg inkább pozitív, a talaj gazdagodik. Az adatokból a szója hatalmas elemforgalmáról is tájékozódhatunk. A felvett N-mennyiség elérheti az 500, K₂O-mennyiség a 300, a P₂O₅-felvétele a 150 kg/ha, azaz a három fő tápelem forgalma együttesen az 1000 kg/ha/év mennyiséget. A szója valóban tápelemigényes kultúra.

A lomb analízise értékes információt hordoz a növény tápláltsági állapotának megítélésében és a trágyaigény becslésénél. A diagnosztikai célú levélanalízis számára az éppen kifejtett, még nem öregedő levelek a legalkalmasabbak. A fiatal, fejlődő levélzet elemkoncentrációja változik, nőhet, míg az előregedő levelekből némely tápelem elvándorol a szembe, kiürül. Leginkább kedvező mintavételi időpont a virágzás kezdete és a hüvelyképzés közötti periódus. A két fenofázis jól felismerhető és ekkor a lomb összetétele viszonylag állandó, tükrözve az ellátottsági viszonyokat. A különböző szerzők által javasolt hüvelyképződés előtti alacsony, kielégítő és magas ellátottsági határkoncentrációkat a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat

Diagnosztikai célú levélanalízis határkoncentrációk értelmezése a szója tápláltsági állapotának megítélésére hüvelyképződés kezdetén (JONES, 1967; SMALL & OHLROGGE, 1973; BERGMANN & NEUBERT, 1976; KÁDÁR & ELEK, 1980)

(1) Elem	(2)	(3)	(4)
	Alacsony	Kielégítő	Magas
	tápláltsági szint		
N %	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-7,0
K %	1,2-1,7	1,7-2,5	2,5-2,8
Ca %	0,2-0,35	0,35-2,0	2,0-3,0
Mg %	0,1-0,25	0,25-1,0	1,0-1,5
P %	0,15-0,25	0,25-0,5	0,5-0,8
S %	0,15-0,2	0,2-0,4	0,4 felett
Fe, ppm	30-50	50-350	350-500
Mn, ppm	15-20	20-100	100-250
B, ppm	10-20	20-55	55-80
Zn, ppm	10-20	20-50	50-75
Cu, ppm	5-10	10-30	30-50
Mo, ppm	0,5-1	1-5	5-10

Liziméter kísérlet ismertetése

A Keszthelyi Agrártudományi Egyetem liziméter-állomásán kukorica elővetemény után, 1986 tavaszán, N-műtrágyázási kísérletet állítottunk be szója jelzőnövényvel. A szója korai érésű McCall fajta volt, erős lombhullató jelleggel. A liziméterek egyenként 4 m³ talajtérfogattal, ill. 4 m² szabad termőfelülettel rendelkeztek. A felhasznált Ramann-féle homokos vályog barna erdőtalaj jellemzői az alábbiak voltak: pH(H₂O) 7,2; pH(KCl) 7,0; CaCO₃ 2,1 %; humusz 1,3 %; AL-oldható P₂O₅ 80 ppm, AL-K₂O 100 ppm. A leiszapolható rész mintegy 28 %-ot tett ki a szántott rétegben. A kísérleti talaj tehát meszes, közepesen humuszos, felvehető foszfor- és káliumtartalma alapján inkább gyengén ellátottnak minősült a beállításkor.

Alapozó műtrágyázás 1985 őszén történt 100 kg/ha P₂O₅- és 120 kg/ha K₂O-adaggal, 18 %-os szuperfoszfát és 60 %-os kálisó formájában. A N-műtrágyákat NH₄NO₃-ként adtuk kádanként kézzel kiszórva és ásóval 25 cm-re beforgatva. Az első évben a N-adag 0, 40, 80, 120 kg/ha volt. Mivel a N-görbe leszálló ágát nem értük el, 1987. és 1988. években 0, 100, 150, 200 kg/ha N-szinteket alkalmaztunk. A 4 kezelést 3 ismétlésben állítottuk be és a 12 kádat sorban helyeztük el egymástól kb. 20-20 cm távolságban. A magvakat április 15-én 40 cm sortávra vetettük, kádanként 5 sor × 2 fm = 10 fm tenyészterülettel, fm-enként 35-40 maggal. A kelést követően a tőszámot 200 db/kád mennyiségben állí-

tottuk be, mely megfelel az üzemben szokásos 500 ezer db/ha növényállománynak. Vízellátás a szántóföldi vízkapacitás 70 %-át jelentette. A növényállomány jól beállt, egységesen fejlődött a kádakban. Talajoltást vagy előzetes magkezelést nem végeztünk. A betakarítás 1986. augusztus 28-án történt, tehát a tenyészidő 135 napot tett ki.

Betakarítás előtt a lizimétereket, ill. a vízellátást zártuk és mértük a növények főgyökér-, szár- és hüvelytermését. Analízis céljaira a gyökér, hüvely, szár és a cséplés utáni mag szolgált. Virágzás kezdetén és terméskötéskor is mintát vettünk: kádanként 6-6 átlagos növényt kinyűve a gyökér, szár, lomb tömegének vizsgálatára. A betakarításkori növényszám tehát $200 \cdot 12 = 188$ db volt kádanként. A kiegészítő terméskötéskori mintavétellel becsülhettük a lomb súlyát és elemtartalmát, aratás idejére ugyanis a lomb lehullott, csak a főgyökér, lombtalan szár és a szemes hüvely volt elkülöníthető. A kísérlet módszerét, talajvizsgálatok és a termés, valamint a N-forgalom eredményeit kezelésenként a korábbi munkánkban tárgyaltuk (MÁRTON et al., 1990), ezért most a szója tápelemfelvételét taglaljuk az 1986. évi részletes analízisadatok alapján. Elemzések az MTA Talajtani és Agrokémiail Kutató Intézetében folytak.

Kísérleti eredmények

Az 5. táblázatban áttekintést adunk a szója átlagos terméséről, N-tartalmáról és N-felvételéről 1986-1988. években. Az adatokból látható, hogy a főgyökér tömege, N %-a és N-felvétele elhanyagolható mennyiséget képvisel, a kísérlet hibahatárain belül marad. A szártermés tömege és N-tartalma, valamint N-felvétele drasztikusan nőtt az évekkel, többszöröződött. A lombtermés és a hüvely tömege és összetétele ugyanakkor lényegesen nem változott. A magtermése és N %-a is javult, a magban található nitrogén mennyisége így 2,5-szeres lett. A maximális (biológiai) N-felvétel 1988-ban megközelítette az 500 kg/ha mennyiséget. Az 1 t szem + a hozzátartozó szár + hüvely betakarított termés fajlagos N-tartalma 1986-ban 52, 1987-ben 71, 1988-ban 93 kg-ot tett ki, tehát jelentősen megemelkedett az évekkel és a nagyobb termésekkel. A biológiai maximális fajlagos N-felvétel 90-130 kg között változott 1986-1988 között.

A szója terméseleseit vizsgálva megállapítható, hogy az összes biológiai szárazanyag-produkció átlagai 11-19 t/ha között változtak az egyes években, melyben 2,4-4,0 t/ha, tehát durván 20 % volt a mag. Amennyiben a főgyökerek és az aratásig lehulló lomb mennyiségétől eltekintünk, a betakarított tömeg kb. 1/3-ával csökkent és 7-13 körül alakult, melynek 1/3-a a magtermés. Az 5. táblázatból az is igazolható, hogy a szója magja a leggazdagabb nitrogénben és a növény által felvett összes mennyiség mintegy fele itt található. A gyökér és lomb nélküli betakarított termést tekintve a mag-N részaránya átlagosan 80 % körülire emelkedett, tehát az aratáskori föld feletti termés N-készletének 4/5-ét a magtermés képviselte. Megemlíthető, hogy a korábban közölt vizsgálataink

5. táblázat

A szója átlagos termése, N-tartalma és N-felvétele 1986-1988. években
(Liziméter kísérlet, Ramann-féle homokos vályog erdőtalaj, Keszthely)

(1) Évek	(2) Főgyökér	(3) Szár	(4) Lomb*	(5) Hüvely	(6) Mag	(7) Összesen
<i>A. Átlagtermés, t/ha</i>						
1986	0,8	2,8	4,0	1,3	2,4	11,4
1987	0,8	3,2	3,1	2,4	4,0	13,4
1988	0,8	7,6	5,5	1,0	3,8	18,7
<i>B. N %-a, légszáraz súlyban</i>						
1986	0,4	0,4	2,1	1,0	4,2	1,9**
1987	0,6	0,6	2,2	0,5	6,3	2,7**
1988	0,8	1,1	2,4	1,6	6,7	2,6**
<i>C. Felvett N, kg/ha</i>						
1986	3	11	89	14	102	218
1987	4	19	71	13	253	360
1988	6	80	132	17	256	492

* Terméskötéskor; ** Átlagosan.

Megjegyzés: 1986-ban a magtermés 1,8-3,0, 1987-ben 2,7-5,4, 1988-ban 3,1-4,4 t/ha között ingadozott a N-ellátástól függően (MÁRTON et al., 1990)

szerint (MÁRTON et al. 1990) az első évbéli N-felvétel megegyezett a talaj + műtrágya-N kínálatával, míg a 3. évben kétszeresen meghaladta azt. A talaj ásványi-N-készlete ugyanakkor nem csökkent a kísérlet végén. Feltehetően a monokultúrás szója talaja fokozatosan elvesztette „steril” jellegét és előtérbe került a légköri/biológiai N-kötés.

A gyökér tömegére és N-tartalmára a N-kezelés nem gyakorolt egyértelmű hatást, bár tendenciájában nőtt a gyökérsúly a növekvő N-ellátással. A 6. táblázatban ezért csak a főgyökerek átlagos tömegét és elemtartalmát közöljük a 3 mintavétel idején. A bemutatott eredmények szerint a virágzás kezdete (júl. 4.) és a betakarítás (aug. 28.) között a főgyökerek tömege 2,5-szeresére nőtt, míg a

6. táblázat

A szója főgyökerének átlagos tömege és összetétele 1986-ban
(Liziméter kísérlet, Ramann-féle homokos vályog erdőtalaj, Keszthely)

(1) Időpont	(2) Tömeg t/ha	N	P	K	Ca	Mg	Na
		%					ppm
júl. 4.	0,29	0,74	0,22	1,15	0,23	0,37	246
júl. 29.	0,45	0,54	0,16	0,80	0,22	0,38	198
aug. 29.	0,78	0,40	0,06	0,40	0,23	0,14	170

kalcium kivételével az elemek koncentrációja lecsökkent. A kalcium az előregedés eleme, nem vándorol el az újonnan képződött szervekbe.

A föld feletti szártermés tömegét és összetételét a N-ellátás bizonyíthatóan befolyásolta. Nőtt a termés, valamint a N- és K-tartalom virágzás kezdetén és terméskötéskor. Betakarítás idején azonban már minden elem koncentrációja többé-kevésbé csökkenő tendenciát mutatott a növekvő N-ellátással, ill. termésel. A szár tápelemtartalmának hígulása kifejezett a korrallal is, melyet főként az átlagos N- és K-tartalmak tükröznek. A virágzás kezdetén mért átlagos 1,50 %-os N 0,39 %-ra, a K 2,15 %-a pedig 0,77 %-ra esik vissza a 7. táblázatban közölt adatok szerint.

A lomb tömege igazolhatóan nem változott a N-kezelések nyomán júl. 4-én, nőtt viszont a N és K %-a, valamint mérséklődött a Na-tartalom. Terméskötés idejére a lomb tömege megduplázódott, elsősorban a kielégítően ellátott N-szinteken. Ezzel együtt emelkedett a N és K, ill. a Ca %-a a levelekben. Itt is

7. táblázat

A nitrogén hatása a szója szárának termésére és összetételére
(Liziméter kísérlet, Ramann-féle homokos vályog erdőtalaj, Keszthely, 1986)

(1) Kezelés N, kg/ha	(2) Termés t/ha	N	P	K	Ca	Mg
		%				
<i>A. Virágzás kezdetén, július 4-én</i>						
0	0,84	1,18	0,28	1,91	0,97	0,61
40	1,52	1,19	0,27	2,20	1,01	0,57
80	1,57	1,87	0,31	2,28	1,02	0,62
120	1,48	1,77	0,29	2,24	0,95	0,59
a) SzD _{5%}	0,20	0,34	0,04	0,22	0,12	0,06
b) Átlag	1,35	1,50	0,28	2,15	0,98	0,59
<i>B. Terméskötéskor, július 29-én</i>						
0	1,07	0,59	0,23	0,73	0,76	0,59
40	2,03	0,62	0,21	0,88	0,63	0,50
80	2,31	0,62	0,19	0,71	0,66	0,49
120	2,44	0,80	0,24	1,02	0,72	0,56
a) SzD _{5%}	0,57	0,16	0,04	0,32	0,19	0,06
b) Átlag	1,96	0,65	0,21	0,84	0,69	0,53
<i>C. Betakarításkor, augusztus 28-án</i>						
0	1,87	0,53	0,32	0,76	0,66	0,51
40	2,41	0,39	0,31	0,82	0,66	0,50
80	3,04	0,33	0,27	0,85	0,67	0,51
120	3,88	0,34	0,19	0,68	0,53	0,38
a) SzD _{5%}	1,32	0,20	0,15	0,24	0,22	0,18
b) Átlag	2,80	0,39	0,27	0,77	0,63	0,47

Az átlagos Na-tartalom júl. 4-én 147, júl. 29-én 148, aug. 28-án 138 ppm volt.

általános jelenség a N- és K-tartalmak hígulása a korrallal, míg a Ca-koncentrációja növekvő az előregedő levelekben. A 8. táblázat lábjegyzetében Bergmann és Neubert összeállítása alapján közöljük azokat az ellátottsági koncentráció-tartományokat, melyek alapján a szója virágzás kori lombanalízis adatai értelmezhetők. Ezek lényegében nem térnek el a 4. táblázatban közölt hüvelyképződés kezdetére adott optimumoktól.

8. táblázat

A nitrogén hatása a szója lomb termésére és összetételére
(Liziméter kísérlet, Ramann-féle homokos vályog erdőtalaj, Keszthely, 1986)

(1) Kezelés N, kg/ha	(2) Ternés t/ha	N	P	K	Ca	Mg
		%				
<i>A. Virágzás kezdetén, július 4-én</i>						
0	2,40	2,95	0,35	1,31	2,25	0,71
40	2,15	3,70	0,35	1,55	2,24	0,52
80	1,84	4,49	0,37	1,54	2,30	0,62
120	2,10	4,69	0,37	1,55	2,32	0,64
a) SzD _{5%}	0,44	0,73	0,04	0,18	0,27	0,09
b) Átlag	2,12	3,95	0,36	1,48	2,27	0,62
<i>B. Terméskötéskor, július 29-én</i>						
0	2,55	1,37	0,30	0,73	1,88	0,48
40	3,70	1,65	0,25	0,92	2,05	0,36
80	5,24	2,13	0,26	0,97	2,21	0,45
120	4,70	3,17	0,29	1,11	2,40	0,55
a) SzD _{5%}	1,19	0,66	0,04	0,25	0,39	0,10
b) Átlag	4,04	2,08	0,27	0,93	2,13	0,46

Megjegyzés: Irodalmi optimum virágzás kezdetén (BERGMANN & NEUBERT, 1976):
N 4,0-5,5; P 0,3-0,5; K 1,8-3,4; Ca 0,4-1,8; Mg 0,3-1,3.
Az átlagos Na-tartalom júl. 4-én 261, júl. 29-én 98 ppm.

Az adatokból látható, hogy a növény N-igényét virágzás kezdetén csak a 80-120 kg/ha N-adagok fedezhették, terméskötéskor azonban már a N % e kezelésekben is az irodalmi optimum alatt maradt. Hasonlóképpen alacsony ellátottságról tanúskodnak a P, különösen pedig a K %-ok. A Ca-ellátás ezen a meszes talajon igen jónak, a Mg-ellátás is jónak mondható. Mivel a talaj nem képes elégséges nitrogént és káliumot szolgáltatni a gyors növekedéshez, a lomb N- és K-készlete gyorsan fogy, koncentrációja csökken, mert e tápelemek lassan a magba vándorolnak.

A zöldhüvelyes termés, valamint a betakarításkori hüvely- és maghozamról és összetételéről a 9. táblázat nyújt áttekintést. A N-ellátás javulása mindhárom terméselem mennyiségi növekedését eredményezte. Ami az elemösszetételt il-

leti, csak a N- és K-tartalom nőtt a zöldhüvelyes termésben, valamint a K %-a tendenciájában a betakarításkori hüvelyben. A magtermésben nem lehetett változásokat igazolni. A generatív szerv, a mag összetétele viszonylag állandónak bizonyult. A 4,2 % körüli N-tartalom minden bizonnyal ugyanakkor a magképződés N-igényének alsó limitjére utal, hiszen 1987-ben és 1988-ban 6-7 %-ra nőtt a mag N-készlete, amikor nőtt a N-adagja és feltehetően nőtt a légköri N-kötés az egymást követő kétévi szójatermesztés nyomán.

A 10. táblázat a szója makroelem felvételéről tájékoztat a N-kezelések átlagában. Látható, hogy a gyökér által felvett elemek alig 1-3 kg/ha mennyiséget jelentenek. A szár egy nagyságrenddel nagyobb, 10-30 kg/ha elemennyiségeket mutat. A lomb az összes felvett (NPKCaMg) makroelemek mintegy 1/3-át képviselheti. A hüvely K- és Mg-tartalmával tűnik ki, míg a mag ezzel részben ellentétben NPK elemekben gazdag és Ca, Mg elemekben szegény.

9. táblázat

A nitrogén hatása a szója hüvely- és magtermésére és összetételére
(Liziméter kísérlet, Ramann-féle homokos vályog erdőtalaj, Keszthely, 1986)

(1) Kezelés N, kg/ha	(2) Ternés t/ha	N	P	K	Ca	Mg
		%				
<i>A. Terméskötéskor, július 29-én (Zöldhüvelyes termés)</i>						
0	1,13	2,45	0,42	1,69	0,93	0,55
40	1,45	2,66	0,46	1,90	0,91	0,46
80	2,28	2,81	0,52	2,00	0,82	0,46
120	2,28	3,23	0,48	2,13	0,74	0,45
a) SzD _{5%}	0,64	0,34	0,10	0,12	0,09	0,03
b) Átlag	1,73	2,78	0,47	1,93	0,85	0,48
<i>B. Betakarításkor, augusztus 28-án (hüvely)</i>						
0	0,75	0,31	0,08	1,51	1,55	0,98
40	1,24	0,31	0,08	1,64	1,47	0,87
80	1,33	0,32	0,07	1,76	1,57	0,91
120	2,08	0,35	0,09	1,78	1,56	0,95
a) SzD _{5%}	0,96	0,14	0,07	0,18	0,39	0,22
b) Átlag	1,35	0,32	0,08	1,67	1,53	0,92
<i>C. Betakarításkor, augusztus 28-án (mag)</i>						
0	1,81	4,24	0,89	2,01	0,32	0,28
40	2,11	4,19	0,94	2,06	0,31	0,27
80	2,67	4,15	0,92	2,03	0,30	0,26
120	3,01	4,36	0,91	2,01	0,31	0,27
a) SzD _{5%}	0,74	0,16	0,06	0,07	0,02	0,01
b) Átlag	2,40	4,23	0,91	2,02	0,31	0,27

Az átlagos Na-tartalom a zöldhüvelyes termésben 183, aratáskori hüvelyben 52, magban 9 ppm

10. táblázat

A szója makroelem-felvétele a N-kezelések átlagában
(Liziméter kísérlet, Ramann-féle homokos vályog erdőtalaj, Keszthely, 1986)

(1) Idő- pont	(2) Termés t/ha	kg/ha				
		N	P	K	Ca	Mg
<i>A. Gyökér</i>						
júl. 4.	0,29	2,2	0,6	3,3	0,7	1,1
júl. 29.	0,45	2,4	0,7	-	1,0	1,7
aug. 30.	0,78	3,1	0,5	-	1,8	1,1
<i>B. Szár</i>						
júl. 4.	1,35	20	4	29	13	8
júl. 29.	1,96	13	4	16	14	10
aug. 30.	2,80	11	8	22	18	13
<i>C. Lomb</i>						
júl. 4.	2,12	84	8	31	48	13
júl. 29.	4,04	84	11	38	86	19
<i>D. Hüvely* és mag**</i>						
aug. 30. *	1,35	4	1	23	21	12
aug. 30.**	2,40	102	22	48	7	6
<i>E. Összes föld feletti termés</i>						
aug. 30. ¹	6,55	117	31	93	46	31
aug. 30. ²	11,37	201	42	131	132	50

¹ lomb nélkül; ² terméskötés kori lombbal együtt

11. táblázat

A szója elemforgalma 2,4 t/ha magtermésnél
(Liziméter kísérlet, Ramann-féle homokos vályog erdőtalaj, Keszthely, 1986)

(1) Elem jele	(2) Maximálisan felvett* (gyökérrel, lombbal)		(3) Aratás idején felvett (föld feletti rész)**		(4) Magtermésben (kom- bájn betakarításnál)	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
	N	201	100	114	57	102
P	42	100	31	74	22	52
K	131	100	93	71	48	37
Ca	132	100	44	33	7	5
Mg	50	100	30	60	6	12

* Gyökér + lomb együtt

** Gyökér és lomb nélkül

P x 2,29 = P₂O₅;

K x 1,20 = K₂O

A 11. táblázatban a szója elemforgalma tanulmányozható 2,4 t/ha magtermésnél. A maximális biológiai felvételhez viszonyítva az aratáskori föld feletti növény 30-40 %-kal kisebb NPKMg-, ill. 70 %-kal kisebb Ca-készletet mutat. Kombájn betakarításnál a nitrogén és foszfor 1/2, a kálium 1/3, a magnézium 1/8, a kalcium 1/20 részét vesszük csupán el a tábláról. A hazai szaktanácsadásban elfogadott fajlagos elemtartalmak iránymutatóként szolgálhatnak a növény tervezett trágyaigényének becsléséhez. A 12. táblázatban közölt fajlagos értékeket az egzakt liziméteres kísérlet eredménye is megerősíti.

12. táblázat

A szója fajlagos (1 t szem + a hozzátartozó föld feletti melléktermés) tápelem tartalma, kg

(1) Elem jele	(2) Hazai szaktanácsadás*	(3)	(4)
		Lomb nélkül	Lombterméssel
2,4 t/ha magtermésnél 1986-ban			
N	62	49	84
P	16	13	18
K	42	39	55
P ₂ O ₅	37	30	41
K ₂ O	51	47	66
Ca	29	19	55
Mg	21	13	21

* Műtrágyázási irányelvek (1978); ANTAL (1987); KÁDÁR (1992)

Összefoglalás

Ramann-féle homokos vályog, enyhén meszes, 1,3 % humuszt tartalmazó, tápelemekkel viszonylag gyengén ellátott talajjal 3 éven át liziméter kísérletet végeztünk. A liziméterek 4 m³ talajtérfogattal, ill. 4 m² termőfelülettel rendelkeztek. A 100 kg/ha P₂O₅, ill. 120 kg/ha K₂O alaptrágyázás után 0, 40, 80, 120 kg/ha N-kezeléseket alkalmaztunk 1986-ban NH₄NO₃ formájában. A 4 kezelés x 3 ismétlés = 12 kádat jelentett, az oltás nélkül vetett szója tőszámát 500 ezer db/ha mennyiségre állítottuk be. Az egyes növényi részeket (gyökér, szár, lomb, hüvely, mag) külön vizsgáltuk a főbb makroelemekre, hogy a növény tápelemfelvételét nyomon követhessük. Az 1986. évi főbb eredmények az alábbiakban foglalhatók össze.

A betakarításkori (gyökér és lomb nélküli) száraz anyagnak mintegy 1/3-át tette ki a szemtermés, mely 1,8-5,4 t/ha között ingadozott a kezeléstől és az évektől függően. N-tartalom főként a magban akkumulálódott és 7-10-szeresen meghaladó koncentrációt mutatott az aratáskori gyökér és a szár N %-ához viszonyítva. Az összes felvett N fele, 102-256 kg/ha évtől/kezeléstől függően a

magban volt található. A N-ellátással párhuzamosan nőtt a szár, lomb és a hüvely N és K %-a.

A 2,4 t/ha 1986. évi átlagos magtermésnél a maximális biológiai elemfelvétel (gyökérrel és lombbal együtt) 201 kg N, 96 kg P₂O₅, 157 kg K₂O, 132 kg Ca és 50 kg Mg körül alakult. Aratáskor a gyökérrel és a lehulló lombbal a talajon vagy talajban marad a felvett Ca mintegy 70, N és Mg 40, P és K 30 %-a. Kombájn betakarításnál átlagosan mindössze 102 kg N, 50 kg P₂O₅, 58 kg K₂O, 7 kg Ca és 6 kg Mg távozik a tábláról.

A hazai szaktanácsadásban elfogadott fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzátartozó betakarított melléktermés tápelemtartalma iránymutatóul szolgálhat a trágyaigény becsléséhez. Ezek a fajlagos tartalmak az egzakt liziméteres kísérletben megerősítést nyertek és jó átlagértéket, irányszámot képviselhetnek. A diagnosztikai levélanalitikai optimumok a növény tápláltsági állapotának megítélésére használhatók a tenyészidő folyamán. A szója terméspotenciálja csak a tápanyagokkal kielégítően ellátott, jó vízgazdálkodású talajon érvényesülhet, mert víz- és tápelemigénye kifejezetten nagy. Steril hazai talajokon oltásra szorul és még ekkor is célszerű N-igényének kb. 1/3-át trágyákkal fedezni, amennyiben a talaj ásványi-N-készlete alacsony.

Irodalom

- ANTAL J., 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BARBER, S. A., 1966. The role of root interception, mass flow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soil. Techn. Rep. Ser. Int. Atom Energy Ag. 65. 39-45.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P., 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BÓDIS L. & KRALOVÁNSZKY U. P., 1988. A szója. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- ELEK É. & KÁDÁR I., 1980. Álló kultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest.
- FAUCONNIER, D., 1986. Soya. Fertilisers for yield and quality. IPI Bulletin No. 9. Worblaufen-Bern. Switzerland.
- FLANNERY, R., 1982. New world record corn and soybean production. Champaign. Illinois. USA.
- HANSON, R. G., 1977. Know plant food your soybeans remove. Better Crops. 13-15. Winter.
- JONES, J. B., 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: Soil Testing and Plant Analysis. (Eds: WALSH, L. M. & BEATON, J. D.) 49-58. SSSA. Madison. Wisconsin. USA.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
- KURNIK E. & SZABÓ L., 1987. A szója. Magyarország kultúrflórája. III. kötet. 18. füzet. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- MÁRTON L., KISMÁNYOKI T. & KÁDÁR I., 1990. A szója N-ellátottságának és N-forgalmánának vizsgálata liziméterekben. Növénytermelés. 39. 55-64.
- Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer, 1978. MÉM NAK. Budapest.

- OHLROGGE, A. J. et al., 1968. Fertilizer use on soybeans. In: Changing Patterns in Fertilizer Use. (Ed.: NELSON, L. B.) Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32. 273–296.
- RADICS L. (Szerk.), 1994. Szántóföldi növénytermesztés. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem. Budapest.
- SMALL, H. G. & OHLROGGE, A. J., 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanut. In: Soil Testing and Plant Analysis. (Eds: WALSH, L. M. & BEATON, J. D.) 315–328. SSSA. Madison, Wisconsin, USA.
- WALTER, O. S. & SAMUEL, R. A., 1980. Modern soybean production. Champaign. Illinois. USA.

Érkezett: 1998. március 2.

Mineral Nutrient Cycle of Soya

I. KÁDÁR and L. MÁRTON

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

Summary

A lysimeter experiment was carried out over a period of three years on a slightly calcareous Ramann sandy-loam brown forest soil containing 1.3 % humus and fairly poorly supplied with nutrients. The lysimeters had a soil volume of 4 m³ and a growing surface of 4 m². After basic fertilization with 100 kg/ha P₂O₅ and 120 kg/ha K₂O, N treatments consisting of 0, 40, 80 and 120 kg/ha were applied in 1986 in the form of NH₄NO₃. There were thus 4 treatments × 3 replications = 12 lysimeters in all. The plant density of soya, sown without inoculation, was adjusted to 500,000 plants/ha. The individual plant parts (roots, stem, leaves, pod, seeds) were analyzed separately for the major macroelements in order to trace the nutrient uptake of the plants. The main results achieved in 1986 are summarized as follows:

The grain yield made up around 1/3 of the dry matter at harvest (without roots and leaves) and fluctuated between 1.8 and 5.4 t/ha, depending on the treatment and the year. Nitrogen was accumulated chiefly in the seeds, exhibiting a concentration 7-10 times greater than that of the roots and stem at harvesting. Half of the N taken up by the plant (102-256 kg/ha depending on the year and the treatment) was to be found in the seeds. The N and K % of the stem, leaves and pods increased with the size of the N supply.

At the mean seed yield of 2.4 t/ha achieved in 1986, the maximum biological element uptake (including roots and leaves) amounted to 201 kg N, 96 kg P₂O₅, 157 kg K₂O, 132 kg Ca and 50 kg Mg. At harvest around 70 % of the Ca, 40 % of the N and Mg, and 30 % of the P and K taken up by the plants remains in or on the soil in the roots and fallen leaves. When combine harvesters are used an average of only 102 kg N, 50 kg P₂O₅, 58 kg K₂O, 7 kg Ca and 6 kg Mg is removed from the field.

The specific nutrient content (i.e. that of 1 t seeds + the corresponding by-products) accepted by the Hungarian extension service could serve as a guideline for the estimation of fertilizer requirements. These specific contents were confirmed in the exact lysimeter experiment and represent a good mean value. Diagnostic leaf analysis optima can be used to judge the nutrient status of the plants during the vegetation period. The yield potential of soya can only be achieved on soil with good water management and a satisfactory supply of nutrients, as the crop has a very large demand for water and nutrients. On sterile soils in Hungary it requires inoculation and even then it is advisable to supply approx. 1/3 of its N requirements in the form of fertilizer if the mineral N reserves of the soil are low.

Table 1. Element contents of soya in the case of a 4 t/ha seed yield or 8.8 t/ha total dry matter yield (including roots) according to OHLROGGE et al. (1968). (1) Element. a) Total.

Table 2. Distribution of macroelements in the seed and the whole soya plant at two different yield levels according to HANSON (1977). (1) Seed or whole plant. a) Seed; b) Whole plant. A. For a seed yield of 2 t/ha. B. For a seed yield of 4 t/ha.

Table 3. Element cycle of soya for a seed yield of 3.5 t/ha (after FAUCONNIER, 1986). (1) Element. (2) Maximum uptake (including roots and leaves). (3) Uptake at harvest (in the aboveground part, without roots and fallen leaves). (4) In the seed yield (after combine harvesting).

Table 4. Interpretation of the limiting concentrations of diagnostic leaf analysis for the judgment of the nutrient status of soya at the beginning of pod formation (JONES, 1967; SMALL & OHLROGGE, 1973; BERGMANN & NEUBERT, 1976; KÁDÁR & ELEK, 1980). (1) Element. (2) Low. (3) Satisfactory. (4) High nutrient status.

Table 5. Average yield, N content and N uptake of soya in the years 1986-1988 (lysimeter experiment, Ramann brown forest soil, Keszthely). (1) Years. (2) Main root. (3) Stem. (4) Leaves. (5) Pods. (6) Seeds. (7) Total. A. Yield average, t/ha. B. N % in terms of air-dry mass. C. N uptake, kg/ha. *At seed setting. **On average. Note: The seed yield was 1.8-3.0 t/ha in 1986, 2.7-5.4 t/ha in 1987 and 3.1-4.4 t/ha in 1988, depending on the N supplies (MÁRTON et al., 1990).

Table 6. Average mass and composition of the main soya root in 1986 (lysimeter experiment, Ramann brown forest soil, Keszthely). (1) Date. (2) Mass, t/ha.

Table 7. Effect of nitrogen on the yield and composition of soya stems (lysimeter experiment, Ramann brown forest soil, Keszthely, 1986). (1) Treatment, N kg/ha. a) LSD_{5%}; b) Mean. (2) Yield, t/ha. A. At the beginning of flowering on 4 July. B. At seed setting on 29 July. C. At harvest on 28 August. Note: The average Na content was 147 ppm on 4 July, 148 ppm on 29 July and 138 ppm on 28 August.

Table 8. Effect of nitrogen on the yield and composition of soya leaves (lysimeter experiment, Ramann brown forest soil, Keszthely, 1986). (1)-(2) and A-B: see Table 7. Note: Literary optimum at the beginning of flowering (BERGMANN & NEUBERT, 1976): N 4.0-5.5; P 0.3-0.5; K 1.8-3.4; Ca 0.4-1.8; Mg 0.3-1.3. The average Na content was 261 ppm on 4 July and 98 ppm on 29 July.

Table 9. Effect of nitrogen on the yield and composition of soya pods and seeds (lysimeter experiment, Ramann brown forest soil, Keszthely, 1986). (1)-(2): see Table 7. A. At seed setting on 29 July (green pod yield). B. At harvest on 28 August (pods). C. At harvest on 28 August (seeds). The average Na content was 183 ppm in the green pod yield, 52 ppm in the pods at harvest and 9 ppm in the seeds at harvest.

Table 10. Macroelement uptake of soya over the average of the N treatments (lysimeter experiment, Ramann brown forest soil, Keszthely, 1986). (1) Date. (2) Yield, t/ha. A. Roots. B. Stem. C. Leaves. D. Pods* and seeds**. E. Total aboveground yield. ¹ without leaves; ² at seed setting, with leaves.

Table 11. Element cycle of soya at a seed yield of 2.4 t/ha (lysimeter experiment, Ramann brown forest soil, Keszthely, 1986). (1)-(4): see Table 3. *Including roots and leaves, ** Without roots and leaves.

Table 12. Specific (1 t seeds + the corresponding aboveground by-products) nutrient content of soya, kg. (1) Element. (2) Values recommended by the Hungarian extension service. (3) Without leaves. (4) With the leaves at a seed yield of 2.4 t/ha in 1986.