

Műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) elemfelvételére

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Bevezetés, irodalmi áttekintés

Előző munkánkban bemutattuk az eltérő NPK-műtrágyázás hatását a borsó fejlődésére, gyomosodására, termésére, valamint a magfehérje aminosav összetételére. Vizsgáltuk a borsómag által előidézett testtömeg-gyarapodást és fehérjehasználást állattetési kísérletben (KÁDÁR et al., 2003). A továbbiakban az alábbi kérdésekre keressük a választ:

1. Hogyan változhat a borsó szerveinek ásványi összetétele, makro- és mikroelem tartalma a talaj NPK-kínálata függvényében?
2. Miként alakul a növény elemfelvétele és milyen fajlagos mutatókkal dolgozunk a szaktanácsadás a tervezett termés elemigényének számításakor?
3. Alkalmask lehetnek-e a kapott növényelemzési adatok diagnosztikai célokra, ill. a fiatal hajtás összetétele iránymutatóul szolgálhat-e a borsó tápláltsági állapotának megítélésében?
4. Mi történik a növényi felvételt meghaladó műtrágya eredetű nitrogénnel a talajban? Mennyiben mutatható ki $\text{NO}_3\text{-N}$ formában és milyen sebességgel mozoghat a talajvíz felé e termőhelyen?

A SPECTOR (1956) által összeállított Biológiai Adatok Kézikönyve szerint a fiatal hajtás–zöld mag–száraz mag összetétele az érés folyamán jelentősen módosulhat. A nitrogén és foszfor koncentrációja megnő, míg a K-, Ca-, Mg- és S-tartalom lecsökken a száradó magvakban. TÖLGYESI (1969) a borsó változékonny ásványianyag-tartalmát hangsúlyozza a termőhely függvényében. Szerinte a mag átlagosan 1,24% K-, 1,10% Ca-, 0,44% P-, 33 mg/kg Zn-, 15 mg/kg Mn- és 9 mg/kg Cu-készlettel rendelkezik. GYÓRI és BOCZ (1991, 1992) több éves műtrágyázási kísérletben igazolták, hogy a borsó szerveinek makro- és mikroelem-tartalma egyaránt tág határok között változhat az évek/időjárás és a trágyázás függvényében.

Ami a fajlagos, azaz az 1 t mag és a hozzá tartozó melléktermés elemkészletét illeti, viszonylag kevés adatot találunk a hazai irodalomban. IVÁNYINÉ (1973) 2 t mag + 3 t szalma termésnél 115 kg N, 31 kg P_2O_5 és 40 kg K_2O felvételével számolt, ami 57–16–20 kg N– P_2O_5 – K_2O /t fajlagos értéket jelent. A hazai szaktanácsadásban a borsóra 50–17–35–32–6 = N– P_2O_5 – K_2O –CaO–MgO kg/t tervezett fő-

termésre ajánlasként szerepel (BUZÁS et al., 1987; ANTAL, 1987). Saját kísérletünkben korábban kapott fajlagos N, P és K mutatók jól egyeztek a szaktanácsadási ajánlással, míg a meszes termőhelyen a Ca, Mg fajlagos értékek 30–40%-kal nagyobbak voltak (KÁDÁR et al., 2001).

A zöldborsó átlagosan 22, a száraz borsó 86% szárazanyagot tartalmaz és elemi összetételük is különbözhet. Ebből eredően a zöldborsó fajlagos mutatói eltérnek a száraz borsóétól. ANTAL (1987) az alábbi fajlagosokat közli zöldborsóra (kg/t szemtermésre és a hozzá tartozó melléktermésre számolva): 19–5,6–15–10–2 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO. A saját kísérletünkben kapott fajlagos N-, P- és K-tartalmak ehhez közelállónak bizonyultak, míg a CaO és MgO értékei 50–60%-kal nagyobbak voltak a meszes termőhelyet tükrözve (KÁDÁR et al., 2001). Megemlítjük, hogy a vizsgált Smaragd fajta 3,8 t szár + 1,1 t hüvely + 2,6 t mag, azaz összesen 7,5 t/ha légszáraz anyagot adott.

Ismert, hogy a fotoszintetizáló fiatal hajtás, vagy a virágzás kezdetén vett kifejlett levél összetétele iránymutatóul szolgálhat a tápláltsági állapot megítélésében. A hajtás és a levél elemtartalma ebben a korban közelálló. BERGMANN (1992) az alábbi optimumokat közli levélre: 3–4% N; 2,5–3,5% K; 0,5–2,0% Ca; 0,25–0,60% Mg; 0,25–0,50% P; 30–100 mg/kg Mn; 30–70 mg/kg B; 25–70 mg/kg Zn; 7–15 mg/kg Cu és 0,4–1,0 mg/kg Mo a szárazanyagban. Saját korábbi kísérletünkben végzett levélelemzés eredményei alapján ezeket az optimumokat megfelelőnek minősíthetjük a szaktanácsadás számára (KÁDÁR et al., 2001).

Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, az MTA TAKI Nagyhorcsöki Kísérleti Telepén. A termőhely löszön képződött meszes csernozjom talaja mintegy 5% CaCO₃-ot és 3% humuszt tartalmaz a szántott rétegben. A pH(KCl) 7,3, AL-oldható P₂O₅ 60–80, AL-K₂O 140–160, KCl-Mg 150–180, KCl+EDTA-Mn 80–150, KCl+EDTA-Cu 2–3, és KCl+EDTA-Zn 1–2 mg/kg értékkel jellemezhető. A MÉM NAK (Szerk. BUZÁS et al., 1979) által elfogadott határértékek alapján ezek az adatok a talaj igen jó Mn-, kielégítő Mg- és Cu-, közepes N- és K-, valamint gyenge P- és Zn-ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A P- és K-műtrágyákat, valamint a nitrogén felét őszi szántás előtt, másik felét tavasszal szórtuk ki 25–28%-os pétisó, 18%-os szuperfoszfát és 40–60%-os kálisó formájában. A N-műtrágyázás 0, 100, 200, ill. 300 kg/ha adagot jelentett évente. A P- és K-trágyázás 0, 500, 1000, ill. 1500 kg P₂O₅, ill. K₂O/ha feltöltő hatóanyaggal történt, későbbi években a PK-szintek fenntartására törekedtünk, 5–10 évente megismételve a feltöltést. A NPK-trágyákat 4–4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk 4×4×4=64 kezeléssel és 2 ismétléssel, összesen 128 parcellával. A parcellák mérete 6×6=36 m², a parcellák elrendezése kevert faktoriális. A kísérleti terv, ill. a felhasznált adagok lehetővé tették, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok

változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy előfordulhatnak a jövőben (KÁDÁR & ELEK, 1999).

A kísérlet 17. évében 1990-ben Újmajori fajtájú borsót termesztettünk. A vetés március 17-én történt gabona-sortávra 250 kg/ha vetőmag felhasználásával. A tenyészidő folyamán gyomfelvételezésre, állománybonítlásra, növény- és talajminta-vételre is sor került. Növénymintavétel 8–8 fm, azaz 1–1 m² föld feletti anyag begyűjtését jelentette parcellánként. Mértük a minták friss és légszáraz tömegét, valamint meghatároztuk makro- és mikroelem-tartalmukat cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ feltárást követően, ICP-technikát alkalmazva. A nitrogént a hagyományos módon, cc. H₂SO₄ + cc. H₂O₂ roncsolás után elemeztük.

Aratást követően parcellánként 20–20 lefűrásból átlagmintát képeztünk a szántott rétegből. A talajmintákban vizsgáltuk az oldható elemkészlet alakulását az ammónium-laktát (AL) EGNÉR és munkatársai (1960) szerint, NH₄-acetát + EDTA (LAKANEN & ERVIÖ, 1971), valamint a foszfor esetében NaHCO₃ (OLSEN et al., 1954) módszerrel is. Mivel nem ismert, hogy az egyoldalú és tartós NPK-műtrágyázás mennyiben változtathatja meg a talaj egyéb elemeinek oldható koncentrációit, a vizsgált elemek körét kiterjesztettük. Az NH₄-acetát + EDTA kivonatokban megmértük a Mg, Al, Fe, B, Ba, Na, Sr, Cu, Ni, Zn, Cr, Hg, Se és Mo elemek tartalmát is.

Ami a csapadékadatokot illeti, az alábbiakra utalunk: az 1990. év meglehetősen száraznak bizonyult, mindösszesen 498 mm eső hullott. Az elővetemény rostkender a talajt kiszárította, betakarítására 1989. augusztus 16-án került sor. A borsó vetéséig (1990. március 14.) eltelt 7 hónap alatt azonban a talaj vízkészlete a lehullott téli–tavaszi csapadék nyomán 185 mm-rel gazdagodhatott. A borsó 3,5 hónapos tenyészideje alatt az alábbi csapadékösszegeket kapta: március 15 mm, április 67 mm, május 39 mm, június 45 mm, azaz összesen 166 mm. Elméletileg tehát 351 mm vízkészlettel rendelkezhetett. A zöldérés június 8-án következett be, majd 18 nappal később a száraz borsót arattuk. A száraz május és június nem kedvezett a magképződésnek.

Megemlítjük, hogy a száraz borsó magtermése a trágyázatlan kontrolltalajon 1,48 t/ha, míg az optimális N₁P₁K₁-kezelésben 2,17 t/ha mennyiséget tett ki, a trágyahatás mértéke tehát 47%-nak adódott. A zöldborsó friss magtermése ugyanitt 3,41 t/ha és 5,20 t/ha között változott 23% körüli átlagos szárazanyag-tartalommal. A hüvely 0,50 és 0,82 t/ha, a szár 0,90 és 1,80 t/ha légszáraz tömeget produkált a kontroll- és az N₁P₁K₁-parcellákon. Az N₃P₃K₃-szinteken már 20–30%-os termés-csökkenés lépett fel (KÁDÁR et al., 2003).

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

Eredmények

Külön elemeztük a május 11-én virágzás előtt vett hajtást, a június 8-án mintázott zöldborsó, valamint a június 28-án betakarított száraz borsó szárát, hüvelyét és magját. A mintákat analízis előtt ismétlésenként egyesítettük, így összesen $64 \times 7 = 448$ db mintát vizsgáltunk 25 (hajtás, zöldborsó), ill. 9 (száraz borsó) elemre. Amint az 1. táblázatban látható, nitrogénben leggazdagabb volt a fiatal hajtás, valamint a száraz borsó és a zöldborsó magja. Az előregedő szár és hüvely N-készlete gyorsan csökkent.

Amint arra MÁRKUS és BÁRTFAINÉ (1953) részletes vizsgálatai rámutattak, a növekvő magba történik a nitrogén beáramlása, ahol erősödik a fehérjeszintézis. Az oldható N-vegyületek forrása a levélen, ill. leveles száron kívül a hüvely is. A hüvely N-készlete 20 nap alatt csaknem a felére (2,0%-ról 1,1%-ra) mérséklődött a kísérlet átlagában. Az 1. táblázatból az is megfigyelhető, hogy minden növényi szerv jól mutatja a N-trágyázás hatását. Kétségtelen, hogy a luxusfelvétel a fiatal hajtásban a leginkább kifejezett, ezért kiválóan alkalmas lehet a növény N-ellátottságának jellemzésére.

A foszfor főként a magban és a hajtásban akkumulálódott. Az előregedő szár, de leginkább a hüvely mutat gyors kiürülést, melynek P-készlete a magba vándorolt. A növekvő P-kínálattal a vegetatív növényi részek P-tartalma átlagosan megkétszereződik, de a magban is mintegy 50%-os növekedés tapasztalható a P-trágyázás nyomán. A vegetatív növényi szervekben javult a mangán felvétele a növekvő P-kínálattal. Az előregedő szár és hüvely Mn-készlete idővel 50–70%-kal emelkedett. A mangán tehát az előregedés elemeként jelenik meg és felvétele a foszforral szinergizmust mutat.

A cink esetében a kép eltér. Kifejezett a P–Zn antagonizmus, mely a korral erősödik ezen a Zn tápelemmel gyengén ellátott termőhelyen. A száraz borsó magtermésében a Zn-tartalom már a felére csökken a foszforral túltrágyázott parcellákon. A cink elsősorban a generatív szemtermésben halmozódott fel, míg a hüvely és részben a szár a legszegényebb ezen elemben. A cink jelenléte elengedhetetlen a fehérjeszintézisben és a szaporodásban. Sokoldalú élettani szerepe ad magyarázatot arra, hogy a szemtermésben egy minimális koncentrációban előforduljon. Megállapítható az is, hogy a P-túltrágyázás Zn-hiányhoz vezethet ezen a termőhelyen (1. táblázat).

A 2. táblázatban a K-ellátás hatását tanulmányozhatjuk a borsó szerveinek kation-összetételére. Káliumban leggazdagabb a hajtás, legszegényebb a száraz borsó magja. A K-luxusfelvétel szerve a szár, melyben 3-szoros különbségek is kialakulnak a K-trágyázás nyomán. A kalcium szintén a vegetatív részekben, főként a szárban mutat dús készletet, míg a magtermés nagyságrenddel szegényebb ezen elem-

1. táblázat

A talaj NPK-ellátottságának hatása a légszáraz borsó elemösszetételére 1990-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsök)

(1) Növényi szervek	(2) NPK-ellátottsági szintek				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	1	2	3		
<i>A. N% a N-szinteken (PK átlagai)</i>						
a) Hajtás ¹	3,75	4,76	4,83	5,30	0,25	4,66
b) Szár ²	2,05	2,40	2,61	2,70	0,17	2,44
b) Szár ³	1,19	1,58	1,85	1,91	0,16	1,63
c) Hüvely ²	1,40	1,89	2,27	2,43	0,14	2,00
c) Hüvely ³	0,87	1,05	1,15	1,29	0,10	1,09
d) Mag ²	3,50	4,27	4,52	4,71	0,18	4,25
d) Mag ³	3,69	4,39	4,58	4,75	0,16	4,35
<i>B. P% a P-szinteken (NK átlagai)</i>						
a) Hajtás ¹	0,21	0,31	0,37	0,41	0,03	0,32
b) Szár ²	0,08	0,13	0,17	0,19	0,02	0,14
b) Szár ³	0,10	0,12	0,14	0,18	0,02	0,13
c) Hüvely ²	0,09	0,16	0,21	0,22	0,03	0,17
c) Hüvely ³	0,07	0,10	0,11	0,12	0,02	0,10
d) Mag ²	0,34	0,43	0,48	0,53	0,03	0,44
d) Mag ³	0,34	0,44	0,49	0,52	0,02	0,45
<i>C. Mn (mg/kg) a P-szinteken (NK átlagai)</i>						
a) Hajtás ¹	40	41	45	47	4	43
b) Szár ²	50	64	66	69	5	62
b) Szár ³	94	103	101	101	14	100
c) Hüvely ²	13	15	16	16	1	15
c) Hüvely ³	26	27	25	26	5	26
d) Mag ²	14	15	15	16	1	15
d) Mag ³	14	15	15	15	1	15
<i>D. Zn (mg/kg) a P-szinteken (NK átlagai)</i>						
a) Hajtás ¹	20	17	15	14	2	16
b) Szár ²	18	13	10	10	3	13
b) Szár ³	24	16	15	13	3	17
c) Hüvely ²	11	9	8	7	1	9
c) Hüvely ³	13	12	10	8	3	11
d) Mag ²	32	25	21	18	2	24
d) Mag ³	31	21	17	14	2	20

¹: május 11-én, ²: zöldborsó június 8-án, ³: száraz borsó június 28-án

ben. Nyomon követhető a K–Ca antagonizmus, a K-túlkínálat akadályozza a kalcium beépülését még ezen a meszes talajon is.

A magnézium viszonylag egyenletesebb átlagos megoszlást jelez a növényi részek között és a koncentráció csökkenése is megfigyelhető. A hajtás és a fiatal szár

Mg-tartalma a mag felé haladva felére mérséklődik. A K–Mg antagonizmus pregnansabban kifejeződik, különösen a hajtásban, szárban. A K-túltrágyázás bizonyos esetekben tehát Mg-hiányt is indukálhat. Még inkább megjelenik a K–Na antagonizmus a két egy vegyértékű mobilis elem között. Elsősorban a fejlődés korai sza-

2. táblázat

A talaj K-ellátottságának hatása a légszáraz borsó elemösszetételére 1990-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Növényi szervek	(2) Ammónium-laktát- (AL-) oldható K ₂ O, mg/kg				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	125	186	332	466		
<i>K% (NP átlagai)</i>						
a) Hajtás ¹	1,93	2,19	2,78	3,02	0,26	2,48
b) Szár ²	0,69	1,58	2,00	2,21	0,14	1,62
b) Szár ³	0,56	1,04	1,43	1,57	0,19	1,15
c) Hüvely ²	1,04	1,40	1,50	1,54	0,07	1,37
c) Hüvely ³	0,79	1,28	1,50	1,51	0,14	1,27
d) Mag ²	0,98	1,05	1,08	1,13	0,05	1,06
d) Mag ³	0,85	0,89	0,91	0,90	0,03	0,89
<i>Ca% (NP átlagai)</i>						
a) Hajtás ¹	2,66	2,04	1,83	1,73	0,22	2,07
b) Szár ²	4,28	3,46	3,11	3,16	0,37	3,50
b) Szár ³	2,50	2,42	2,43	2,21	0,18	2,39
c) Hüvely ²	1,15	1,05	1,00	0,99	0,07	1,05
c) Hüvely ³	1,96	1,68	1,62	1,60	0,14	1,72
d) Mag ²	0,14	0,12	0,13	0,11	0,02	0,12
d) Mag ³	0,20	0,16	0,17	0,17	0,02	0,17
<i>Mg% (NP átlagai)</i>						
a) Hajtás ¹	0,45	0,32	0,30	0,29	0,03	0,34
b) Szár ²	0,77	0,42	0,35	0,34	0,04	0,47
b) Szár ³	0,47	0,33	0,30	0,27	0,03	0,34
c) Hüvely ²	0,34	0,30	0,29	0,29	0,02	0,31
c) Hüvely ³	0,30	0,26	0,24	0,24	0,02	0,26
d) Mag ²	0,17	0,17	0,17	0,18	0,02	0,17
d) Mag ³	0,15	0,14	0,14	0,14	0,01	0,14
<i>Na, mg/kg (NP átlagai)</i>						
a) Hajtás ¹	772	262	130	116	63	320
b) Szár ²	522	350	273	199	58	336
b) Szár ³	746	425	364	386	104	480
c) Hüvely ²	322	310	243	224	85	275
c) Hüvely ³	413	345	296	284	77	334
d) Mag ²	229	244	193	174	40	210
d) Mag ³	49	26	24	23	4	30

¹: május 11-én, ²: zöldborsó június 8-án, ³: száraz borsó június 28-án

kaszában, a hajtásban és a szárban, mely szervek mindkét elem raktárai. A mag nagyságrenddel kevesebb nátriumot épít testébe (2. táblázat).

Az NPK-ellátottság némileg módosította az egyéb mikroelemek mennyiségét is a vizsgált zöldborsóban. Így pl. a növekvő K-kínálat mérsékelte a bór, ill. növelte a bárium beépülését. A N-trágyázás hatására csökkent a réz és kifejezettebben a mo-

3. táblázat

A talaj NPK-ellátottságának hatása a légszáraz zöldborsó egyéb elemtartalmára 1990-ben (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsök)

(1) Növényi szervek	(2) NPK-ellátottsági szintek				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	1	2	3		
<i>B, mg/kg (K hatására)</i>						
a) Hajtás ¹	16,8	13,0	12,3	11,6	0,7	13,4
b) Hüvely ²	9,0	9,2	8,5	8,8	0,5	8,9
c) Mag ²	5,6	4,3	3,9	4,2	0,3	4,5
<i>Cu, mg/kg (N hatására)</i>						
a) Hajtás ¹	7,7	7,0	6,8	6,2	1,0	6,9
b) Hüvely ²	5,0	3,6	3,5	3,5	0,7	3,9
c) Mag ²	7,9	7,5	6,9	6,0	1,4	7,1
<i>Ba, mg/kg (K hatására)</i>						
a) Hajtás ¹	6,7	6,7	10,0	11,5	1,5	8,7
b) Hüvely ²	3,3	4,2	6,3	6,0	0,9	5,0
c) Mag ²	0,8	1,1	1,3	1,6	0,4	1,2
<i>Mo, mg/kg (K hatására)</i>						
a) Hajtás ¹	0,87	0,61	0,43	0,34	0,10	0,56
c) Mag	1,28	0,97	0,78	0,77	0,19	0,95
<i>Co, mg/kg (N hatására)</i>						
a) Hajtás ¹	0,09	0,09	0,11	0,15	0,05	0,11
<i>Cd, mg/kg (P hatására)</i>						
a) Hajtás ¹	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,03

¹: május 11-én, ²: zöldborsó június 8-án

libdén, valamint nőtt a hajtás kobalt koncentrációja. A réz és molibdén csökkenése a magban is igazolható volt. A Cd-tartalom emelkedését csak a hajtás jelezte (3. táblázat). Élettani-agronómiai szempontból a bemutatott változások közül főként azok lehetnek fontosak, melyek a magtermésben is érdemlegesek: Cu és Mo esszenciális elemekben való elszegényedés a N-túlkínálat esetén.

Látványosan módosult a borsó vizsgált szerveinek Sr-tartalma a P×K kölcsönhatások eredményeképpen. A Sr-tartalmú szuperfoszfát-kezelés növelte, míg a kation-antagonizmust kiváltó kálium csökkentette a stroncium beépülését. A P×K trágyázás 2,4-szeres különbségeket indukált a Sr-koncentrációban, melyek minden növényi részben kifejezettek. Az átlagos Sr-készlet a zöldborsó szárában 100, hüve-

lyében 46, míg magjában 5–6 mg/kg értéket mutatott a légszáraz anyagban. Jelenlegi ismereteink szerint e megnövelt Sr-mennyiség, amely a táplálékláncba kerülhet, érdemi élettani szerepet nem játszik az élő szervezetekben (4. táblázat).

4. táblázat

A talaj P×K-ellátottságának hatása a légszáraz borsó Sr-tartalmára (mg/kg) 1990-ben (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	(1) Ammónium-laktát- (AL-) oldható K ₂ O, mg/kg				(2) SzD _{5%}	(3) Átlag
	125	186	332	466		
<i>A. A hajtásban május 11-én</i>						
96	53	42	36	37	14	42
129	96	74	59	61		72
214	126	102	74	86		97
311	158	119	119	106		121
a) Átlag	108	84	68	72	7	83
<i>B. A szárban június 8-án</i>						
96	64	62	54	52	24	58
129	97	87	82	76		86
214	143	125	119	65		113
311	164	156	151	98		142
a) Átlag	117	108	102	73	12	100
<i>C. A hüvelyben június 8-án</i>						
96	31	30	29	30	8	30
129	44	38	38	40		40
214	56	50	47	50		51
311	76	61	61	58		64
a) Átlag	52	45	44	44	4	46
<i>D. A magban június 8-án</i>						
96	3,6	3,4	3,3	3,1	1,6	3,4
129	5,0	4,4	4,7	5,5		4,9
214	7,1	5,1	5,9	6,5		6,2
311	9,4	8,3	7,0	5,9		7,7
a) Átlag	6,3	5,3	5,2	5,3	0,8	5,5

A zöldborsó elemforgalmát átfogóan a hazai agrokémiai szakirodalom még nem taglalta hasonló trágyázási tartamkísérletben, ezért igyekeztünk a hagyományos makro- és mikroelemeken túl a ritkán vizsgált és részben toxikusnak tekintett nyomelemekre is kitérni. Erre az ICP-technika lehetőséget adott. Amint az 5. táblázatban megfigyelhető, a vegetatív szervek akkumulálták az Al, Fe, Si, B, Ba és Ti elemek nagyobb részét. A Cu, Ni, Mo és Cr elemek szerepe a magképződésben jelentős, mennyiségük eléri vagy meghaladja a melléktermését. Az As, Cd, Hg, Pb, Se és V elemek előfordulása a 0,1 mg/kg méréshatár alatt maradt.

5. táblázat
A zöldborsó szerveinek egyéb átlagos elemtartalma 1990-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

(1) Elem jele, mértékegység		(2) Hajtás május 11-én	(3) Szár	(4) Hüvely	(5) Mag
(6) zöldborsó június 8-án					
Al	mg/kg	332	334	280	222
Fe	mg/kg	125	226	59	77
Si	mg/kg	160	148	89	73
B	mg/kg	13	32	9	4
Ba	mg/kg	9	15	5	1
Cu	mg/kg	6,9	6,4	3,9	7,1
Ti	mg/kg	1,1	2,3	0,8	0,5
Ni	mg/kg	1,0	–	0,4	1,0
Mo	mg/kg	0,6	–	0,4	1,0
Cr	mg/kg	0,4	–	0,4	0,4

Megjegyzés: –: A méréshatár 0,1 mg/kg alatt (As, Cd, Hg, Pb, Se, V)

6. táblázat
A zöldborsó átlagos elemfelvétele 1990-ben (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

(1) Elem jele	(2) Mérték- egység	(3) Hajtás 0,67 t/ha	(4) Szár 1,16 t/ha	(5) Hüvely 0,58 t/ha	(6) Mag 1,18 t/ha	(7) Együtt* 2,92 t/ha
N	kg/ha	31	29	12	51	92
Ca	kg/ha	14	40	6	2	48
K	kg/ha	17	20	8	13	41
Mg	kg/ha	2	5	2	2	9
P	kg/ha	2	2	1	5	8
Al	g/ha	222	387	160	262	809
Na	g/ha	214	367	157	244	768
Fe	g/ha	84	262	34	91	387
Si	g/ha	107	172	52	86	310
Sr	g/ha	81	116	27	7	150
Mn	g/ha	29	74	9	18	101
Zn	g/ha	11	14	5	28	47
B	g/ha	9	37	5	5	47
Ba	g/ha	6	17	3	1	21
Cu	g/ha	5	7	3	8	17
Ti	g/ha	0,7	2,7	0,5	0,6	3,8
Ni	g/ha	0,7	–	0,2	1,2	1,4
Mo	g/ha	0,4	–	0,2	1,2	1,4
Cr	g/ha	0,3	–	0,2	0,6	0,8

Megjegyzés: A hajtás 11, a szár 19, a hüvely 14, a mag 23% szárazanyagot tartalmazott 4,5 t/ha átlagos zöldmag-terméssel, melynek nyersfehérje hozama 319 kg/ha volt. * Együtt: Szár, hüvely és mag aratáskor

Május 11. és június 8-a között a borsó föld feletti légszár az anyaghozama átlagosan mintegy a 4-szeresére nőtt. A 6. táblázat adatai szerint a felvett elemek mennyisége is általában 3–4-szeresére emelkedett. Az átlagok jelentős különbségeket takarnak. A zöldborsó szerveibe épült elemek minimumát általában a trágyázatlan kontroll-, maximumát az $N_3P_3K_3$ -kezelésekben mértük. A nitrogén esetében a szárban 19–37, a hüvelyben 6–16 kg/ha értéket mértünk, az összes felvett N 59–116 kg/ha értéket mutatott. A K-felvétel a szárban 6–30, hüvelyben 5–10, magban 1–2, azaz összesen 21–55 kg/ha; a P-felvétel hasonlóképpen a szárban 0,7–2,6, hüvelyben 0,4–1,5, magban 3,3–7,1, azaz összesen 4,4–11,2 kg/ha extrém értékekkel volt jellemezhető.

A mikroelemek felvételében ezek a nagy különbségek csak a mangán, cink és réz esetén voltak kifejezettek. A szár, hüvely, mag, ill. az összes beépült elem sorrendjét tekintve a mangán 44–94, 6–11, 14–21, ill. 64–126 g/ha; a cink 16–13, 5–4, 31–24, ill. 52–41 g/ha, míg a réz 5–9, 2–3, 6–8, ill. 13–20 g/ha extrém adatokat mutatott. A Sr-felvételben előforduló 3–4-szeres extrémításokat, minimum–maximum eltéréseket a P_0K_3 - és P_3K_0 -kezelések között találtuk. A 6. táblázat eredményeiből az is megállapítható, hogy a magtermés halmozta fel a N, P, Zn, Cu, Ni, Mo és Cr elemek nagyobb részét, míg a 12 kimutatott egyéb elem tárolója alapvetően a szár. Megnyugtató, hogy olyan, aggodalomra okot adó vagy nemkívánatosnak tekintett elemek felvétele, mint az As, Cd, Hg és Pb 0,1 g/ha alatt maradhatott.

A száraz borsó átlagos elemfelvétele nem tért el érdemben a zöldborsótól, legalábbis ami az összes felvételt illeti (7. táblázat). Változott azonban a felvett tápelemek megoszlása a szár, a hüvely és a magtermés között. A N-mennyiség például 11 kg-mal csökkent a melléktermésben és 33 kg-mal nőtt a magban. A Ca-, K- és Mg-felvétel is mérséklődött a szárban és kevésbé látványosan, de emelkedett a magtermésben. A Na, Mn, Zn elemek mennyisége viszont 30–50%-kal jelentősebbé vált a melléktermésben és nőtt a magtermés Mn- és Zn-készlete is. A száraz mag viszont

7. táblázat

A száraz borsó átlagos elemfelvétele 1990. június 28-án
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsók)

(1) Elem jele, mértékegység		(2) Szár 1,37 t/ha	(3) Hüvely 0,62 t/ha	(4) Mag 1,68 t/ha	(5) Együtt 3,67 t/ha
N	kg/ha	23	7	73	103
Ca	kg/ha	33	11	3	47
K	kg/ha	16	8	15	39
Mg	kg/ha	4	2	2	10
P	kg/ha	2	1	7	10
Na	g/ha	621	209	50	881
Mn	g/ha	137	16	25	178
Zn	g/ha	22	7	35	64
Cu	g/ha	8	2	12	22

elvesztette Na-tartalmának csaknem 4/5-ét, ill. mintegy 50%-kal növelte Cu-felvételét (7. táblázat).

A zöldborsó 1 t mag + a hozzá tartozó melléktermésének fajlagos elemtartalma a műtrágyázás függvényében az alábbiak szerint ingadozott: 17–22 kg N; 10–13 kg Ca (14–18 kg CaO); 6–11 kg K (7–13 kg K₂O); 1,7–2,9 kg Mg (3–5 kg MgO); 1,2–2,1 kg P (3–5 kg P₂O₅); 120–140 g Na; 19–24 g Mn; 8–15 g Zn; 4 g Cu. Bár a fajlagos mutatók tág határok között ingadozhatnak, átlagértékeik alkalmasak lehetnek a tervezett termés elemigényének megítélésére. Összességében a hazai szaktanácsadásban ajánlott irányszámok megfelelőek, közel állóak a kísérletben kapott értékekkel. Az emelkedett Ca- és Mg-tartalmak a termőhely meszes jellegét tükrözik.

A száraz borsó 1 t mag + melléktermésének fajlagos elemkészlete a műtrágyázás hatására hasonlóképpen jelentősen eltért: 47–70 kg N, 20–30 kg Ca (28–42 kg CaO), 15–30 kg K (18–36 kg K₂O), 5–7 kg Mg (8–11 kg MgO), 5–7 kg P (11–16 kg P₂O₅), 490–660 g Na, 80–120 g Mn, 30–50 g Zn, 14 g körüli Cu-mennyiséget mutatott. A mért fajlagosok általában jelentősen meghaladják a hazai szaktanácsadási ajánlásokat. Mindez részben az aszályos éven kapott kis termésekkel és emelkedett beltartalmi mutatókkal is magyarázható. A szaktanácsadásban elfogadott fajlagos irányszámok revíziója nem indokolt.

A borsó betakarítását követően 1990 júliusában került sor a mélységi mintavételekre is. A minták begyűjtése patronos kiemeléssel történt 20 cm-es rétegenként és 6 m mélységig terjedően a 0, 100, 200 és 300 kg N/ha/év kezelésekből. Parcelánszerűen 1–1 fűrészt ejtettünk. A két ismétlést figyelembe véve a 8 parcella egyenként 6 m×5 réteg = 30 réteg/lefűrés anyaga összesen 240 mintát adott. A mintákban a Fejér megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás a NO₂+NO₃-N összegét határozta meg rutin KCl-os kioldással. A jól szellőzött csernozjomon ez az érték gyakorlatilag a NO₃-N mennyiségének felelhet meg, ezért a továbbiakban az egyszerűség kedvéért NO₃-N-ről beszélünk (NÉMETH & KÁDÁR, 1999; NÉMETH, 1996).

A 8. táblázatban bemutatott összefoglaló adatok szerint a N-mérleg egyenlegeiben fennálló különbség 0, 1080, 2656, ill. 4180 kg N/ha értéket tett ki a kezelések között. Ugyanitt a talajszelvényben 0, 382, 1495, ill. 2613 kg/ha nitrogént találtunk a 6 m-es rétegben. A növényi felvételt meghaladó műtrágya-N mennyiségét tekintve közel 60% volt kimutatható NO₃-N formájában. A műtrágyázás mértékével nőtt a kimutatott NO₃-N aránya. A NO₃-N lemosódásának határa a kísérlet 17. éve után elérte az 5,0–5,5 m mélységet, mely mintegy 30 cm/év lefelé irányuló mozgásnak felelhet meg e termőhelyen. Mivel az 1 m alatti rétegek NO₃-N-készlete a legtöbb növény számára már kevésbé hasznosítható, ez N-szennyezésként jelenhet meg a talajvízben, amennyiben a talajvíz közel helyezkedik el.

8. táblázat
A kísérlet N-mérlegének becsült egyenlegei és a talajban talált NO₃-N 1990-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

(1) Mérleg tételei, talajmintavétel	(2) Évente adott N, kg/ha				(3) Átlag N 150 kg/ha
	0	100	200	300	
<i>A. N-mérleg, kgN/ha</i>					
a) Adott	0	1700	3400	5100	2550
b) Felvett	1557	2177	2301	2476	2128
c) Egyenleg	-1557	-477	1099	2623	422
d) Különbség	0	1080	2656	4180	
<i>B. Talajprofilban kimutatott NO₃-N, kg/ha</i>					
0–1 m	42	161	479	872	388
1–2 m	28	98	176	490	198
2–3 m	41	123	319	589	268
3–4 m	45	97	400	405	237
4–5 m	35	81	255	328	175
5–6 m	63	76	120	183	110
0–6 m	254	636	1749	2867	1376
d) Különbség	–	382	1495	2613	–

Megjegyzés: A kontrollhoz viszonyított N-mérleg többletek 35–56–63%-át mutattuk ki a talajprofilban NO₃-N formájában a 100–200–300 kg N/ha/év kezelésekből

Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályog talajon, egy műtrágyázási kísérlet 17. évében vizsgáltuk az eltérő N-, P- és K-ellátottsági szintek és kombinációik hatását az Új-majori fajtájú borsó fejlődésére, gyomosodására, termésére, valamint a szántott réteg oldható makro- és mikroelem-tartalmának alakulására. A termőhely talaja a szántott rétegben 3% humuszt, 5% CaCO₃-ot és 20% agyagot tartalmazott; P és Zn elemekkel gyengén, N és K elemekkel közepesen ellátottnak minősült. Kísérletünk 4N×4P×4K=64 kezelést és 2 ismétlést foglalt magában 128 parcellával. A műtrágyákat 25%-os N-tartalmú pétisó, 18%-os szuperfoszfát és 50%-os kálisó formájában adagoltuk. A talajvíz 15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. Főbb eredményeink:

– Ebben az aszályos évben trágyázás nélkül a száraz borsó 1,48 t mag, 0,50 t hüvely és 0,90 t szár; míg az optimális N₁P₁K₁-szinten 2,71 t mag, 0,85 t hüvely és 1,80 t szár légszáraz tömeget adott ha-onként. Az N₃P₃K₃-szinteken 20–30%-os terméscsökkenés lépett fel.

– A termésmaximumhoz kötődő és optimálisnak tekinthető N₁P₁K₁-ellátottságon a fiatal, virágzás előtti föld feletti hajtás 3–4% N, 2–3% K, 0,3–0,4% P elem-összetétellel, illetve 8–12 körüli N/P, 6–10 körüli K/P és 1–2 körüli N/K

arányal jellemezhető. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára, diagnosztikai célokra, a borsó tápláltsági állapotának jellemzésére.

– A zöldborsó fajlagos, 1 t mag + mellékterméssel felvett elemtartalma 17–27 kg N, 10–13 kg Ca (14–18 kg CaO), 6–11 kg K (7–13 kg K₂O), 1,7–2,9 kg Mg (3–5 kg MgO), 1,2–2,1 kg P (3–5 kg P₂O₅), 120–140 g Na, 19–24 g Mn, 8–15 g Zn és 4–5 g Cu mennyiséget tett ki a műtrágyázás függvényében. A fajlagos átlagértékek alkalmasak lehetnek a tervezett termés elemigényének számításánál és közel állóak a hazai szaktanácsadásban ajánlottakkal.

– A száraz borsó fajlagos elemtartalma szintén jelentősen ingadozott a műtrágyázás függvényében: 47–70 kg N, 20–30 kg Ca (28–42 kg CaO), 15–30 kg K (18–36 kg K₂O), 5–7 kg Mg (8–11 kg MgO), 5–7 kg P (11–16 kg P₂O₅), 490–660 g Na, 80–120 g Mn, 30–50 g Zn és 14 g Cu értékekkel. A fajlagos átlagértékek alkalmasak lehetnek a tervezett termés elemigényének számításánál és közel állóak a hazai szaktanácsadásban ajánlottakkal.

– A növényi felvételt meghaladó műtrágya-N átlagos mennyiségét tekintve 60%-a volt kimutatható NO₃-N formájában a 6 m-es talajszelvényben. A NO₃-N bemosódásának határa a kísérlet 17. évében elérte az 5,0–5,5 m mélységet, mely mintegy 30 cm/év lefelé irányuló mozgásnak felelhet meg e termőhelyen. Az 1 m alatti NO₃-N készlete döntően szennyezésként jelenhet meg a talajban ill. a talajvízben, amennyiben a talajvíz közel helyezkedik el.

Kulcsszavak: borsó, műtrágyázás, elemtartalom, lombdiagnózis, NO₃-N kilúgzása

Irodalom

- ANTAL J., 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BERGMANN, W., 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena–Stuttgart–New York.
- BUZÁS I. et al. (szerk.), 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- EGNÉR, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Lantbr. Högsk. Ann. **26**. 199–215.
- GYÖRI Z. & BOCZ E., 1991. A trágyázás és az öntözés hatása a borsó ásványi elemtartalmára és aminosav összetételére. I. Nitrogéntartalom és aminosav-összetétel. Növénytermelés. **40**. 509–518.
- GYÖRI Z. & BOCZ E., 1992. A trágyázás és az öntözés hatása a borsó ásványi elemtartalmára és aminosav-összetételére. II. Cink- és réztartalom. Növénytermelés. **41**. 67–76.
- IVÁNYI S.-NÉ, 1973. Étkezési szárazborsó. Vetőmagtermeltető és Értékesítő Vállalat. Budapest.
- KÁDÁR I. & ELEK É., 1999. A búza (*Triticum aestivum* L.) műtrágyázása vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. **48**. 311–322.

- KÁDÁR I., FEKETE S. & RADICS L., 2003. Műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) termésére és minőségére. *Növénytermelés*. **52**. 229–242.
- KÁDÁR I. et al., 2001. Mikroelem-terhelés hatása a borsóra karbonátos csernozjom talajon. II. Elemfelvétel, minőség és gyökér-szimbiózis. *Agrokémia és Talajtan*. **50**. 83–101.
- KRALOVÁNSZKY U. P., 1975. A fehérjeprobléma. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- KURNIK E., 1970. Étkezési és abraktakarmány-hüvelyesek termesztése. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LAKANEN, E. & ERVIÖ, R., 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. *Acta Agr. Fenn*. **123**. 223–232.
- MÁRKUS L. & BÁRTFAY T.-NÉ, 1953. A nitrogén megoszlása és az aminosav összetétel megváltozása a fejlődő borsómagban. *Növénytermelés*. **2**. 117–123.
- NÉMETH T., 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- NÉMETH T. & KÁDÁR I., 1999. Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. **48**. 377–386.
- OLSEN, S. R. et al., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. USDA Circ. No. 939. USDA. Washington, D. C.
- PATÓCS I. (szerk.), 1987. Új műtrágyázási irányelvek. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- SPECTOR, W. S., 1956. Handbook of Biological Data. Saunders. Philadelphia.
- TÖLGYESI GY., 1969. A növények mikroelem-tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

Érkezett: 2005. február 3.

Effect of Mineral Fertilization on the Nutrient Uptake of Pea (*Pisum sativum* L.)

I. KÁDÁR

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

Summary

The effect of various N, P and K supply levels and their combinations on the pea variety Újmajori was investigated in the 17th year of a long-term mineral fertilization experiment set up on loamy, calcareous chernozem soil. The experimental soil contained 3% humus, 5% CaCO₃ and 20% clay in the ploughed layer, and was supplied moderately well with N and K and poorly with P and Zn. The experiment included 4N×4P×4K = 64 treatments in two replications, giving a total of 128 plots. The mineral fertilizers were applied in the form of 25% calcium ammonium nitrate, 18% superphosphate and 50% potassium chloride. The groundwater was located at a depth of 15 m and the area was prone to drought.

The investigation sought answers to the following questions: 1. What changes were observed in the mineral composition (macro- and micronutrient content) of pea organs as a function of soil NPK supplies? 2. How did plant nutrient uptake change and what specific parameters should be used by the extension service when calculating the nutrient requirements of the planned yield? 3. Are the plant analysis data suitable for diagnostic purposes, i.e. does the composition of the young shoot serve as an indication of the nutrient status of pea? 4. What happens to nitrogen of mineral fertilizer origin in the soil if not taken up by the crop? How much of it can be detected in NO₃-N form and how rapidly does it migrate towards the groundwater at this location?

The major results were as follows:

– In this dry year the air-dry mass of dry pea was 1.48 t seed, 0.50 t pods and 0.90 t stalks without fertilization and 2.71 t seed, 0.85 t pods and 1.80 t stalks at the optimum fertilizer rate (N₁P₁K₁). A yield loss of 20–30% was recorded at the N₃P₃K₃ level.

– In the case of N₁P₁K₁, the optimum rate leading to the yield maximum, the young shoots, prior to flowering, contained 3–4% N, 2–3% K and 0.3–0.4% P, with nutrient ratios of approx. 8–12 N/P, 6–10 K/P and 1–2 N/K. The data could serve as the basis for fertilizer recommendations, for diagnostic purposes and for determining the nutrient status of pea.

– Depending on the rate of fertilization, the specific element content of 1 t green peas + by-products amounted to 17–27 kg N, 10–13 kg Ca (14–18 kg CaO), 6–11 kg K (7–13 kg K₂O), 1.7–2.9 kg Mg (3–5 kg MgO), 1.2–2.1 kg P (3–5 kg P₂O₅), 120–140 g Na, 19–24 g Mn, 8–15 g Zn and 4–5 g Cu. These mean specific values could be used to calculate the nutrient requirements of the planned yield and are close to those currently used by the extension service in Hungary.

– The specific nutrient content of dry peas also exhibited considerable fluctuations as a function of mineral fertilization, with values of 47–70 kg N, 20–30 kg Ca (28–42 kg CaO), 15–30 kg K (18–36 kg K₂O), 5–7 kg Mg (8–11 kg MgO), 5–7 kg P (11–16 kg

P₂O₅), 490–660 g Na, 80–120 g Mn, 30–50 g Zn and 14 g Cu. These mean specific values could be used to calculate the nutrient requirements of the planned yield and are close to those currently used by the extension service in Hungary.

– On average, 60% of the fertilizer N not taken up by the crop could be demonstrated in NO₃-N form in the 6 m soil profile. By the 17th year of the experiment the leaching of NO₃-N could be detected down to a depth of 5.0–5.5 m, indicating a downward migration rate of approx. 30 cm/year at this location. Any NO₃-N reserves at a depth of over 1 m may contaminate the soil, or the groundwater, if the groundwater is at around that depth.

Table 1. Effect of soil NPK supplies on the nutrient composition of air-dry pea in 1990 (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsök). (1) Plant organs. a) shoot; b) stalk; c) pod; d) seed. (2) NPK supply levels. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. N % at the N levels (averaged over PK). B. P % at the P levels (averaged over NK). C. Mn % at the P levels (averaged over NK). D. Zn (mg/kg) at the P levels (averaged over NK). Note: ¹: on May 11th, ²: green pea on June 8th, ³: dry pea on June 28th.

Table 2. Effect of soil K supplies on the nutrient composition of air-dry pea in 1990 (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsök). (1), (3)–(4) and Note: see Table 1. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg.

Table 3. Effect of soil NPK supplies on the composition of other nutrients in air-dry pea in 1990 (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsök). (1)–(4): see Table 1.

Table 4. Effect of soil P×K supplies on the Sr content (mg/kg) of air-dry pea in 1990 (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsök). (1) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg. (2) LSD_{5%}. (3) Mean. A. In the shoot on May 11th. B. In the stalk on June 8th. C. In the pod on June 8th. D. In the seed on June 8th.

Table 5. Mean contents of other nutrients in the organs of green pea in 1990 (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsök). (1) Element symbol, units. (2) Shoot on May 11th. (3) Stalk. (4) Pod. (5) Seed. (6) Green peas on June 8th. Note: –: below the 0.1 mg/kg detection limit (As, Cd, Hg, Pb, Se, V).

Table 6. Mean nutrient uptake of green pea in 1990 (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsök). (1) Element symbol. (2) Units. (3) Shoot, 0.67 t/ha. (4) Stalk, 1.16 t/ha. (5) Pod, 0.58 t/ha. (6) Seed, 1.18 t/ha. (7) Total, 2.92 t/ha. Note: Dry matter content was 1% in the shoot, 19% in the stalk, 14% in the pod and 23% in the seed for a mean green seed yield of 4.5 t/ha, giving a crude protein yield of 319 kg/ha. *Total: stalk, pod and seed at harvest.

Table 7. Mean nutrient uptake of dry pea on June 28th 1990 (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsök). (1) Element symbol, units. (2) Stalk, 1.37 t/ha. (5) Pod, 0.62 t/ha. (6) Seed, 1.68 t/ha. (7) Total, 3.67 t/ha.

Table 8. Estimated N balance in the experiment and the quantity of NO₃-N detected in the soil in 1990 (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsök). (1) Balance items, soil sampling. a) Amount applied; b) Uptake; c) Balance; d) Difference. (2) Annual applied N, kg/ha. (3) Mean N, 150 kg/ha. A. N balance, kg N/ha. B. NO₃-N detected in the soil profile, kg/ha. Note: N balance surpluses detected in NO₃-N form in the soil profile amounted to 35–56–63% compared to the control in the 100–200–300 kg N/ha/year treatments.