

Műtrágyázás hatása a borsóra (*Pisum sativum* L.) karbonátos homoktalajon

KÁDÁR IMRE–NÉMETH TAMÁS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Összefoglalás

Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajon 1970-ben beállított NPK műtrágyázási szabadföldi tartamkísérletünk 35. évében, 2005-ben vizsgáltuk a kezelések hatását a borsó termésére, ásványi összetételére, elemfelvételére, valamint a feltalaj és a 2 m-es talajprofil jellemzőire. A termőhely feltalajában 7 körüli $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, 1% körüli humusz és 5–10% körüli agyagtartalom található. A talajvíz 5–7 m mélyen található, a terület aszályérzékeny, oldható tápelemekkel (N,P,K) gyengén ellátott. A kísérletből levonható tanulságok:

1. A talajgazdagító PK trágyázás nyomán az ammóniumlaktát-ecetsav (AL) oldható PK készletek felhalmozódtak a szántott rétegben elérve a 150–200 mg/kg „kielégítő” tartományt, vagy esetenként meghaladva azt. A 120 kg/ha/év P_2O_5 -adagok hatására a 20–40 cm réteg AL- P_2O_5 tartalma is megötszöröződött. A K vertikális elmozdulása a 40–60 cm réteg AL- K_2O tartalmát 6,5-szeresére növelte.
2. A borsó aktív tenyészideje alatt mindössze 137 mm csapadékot kapott. Virágzás idején az időjárás szárazzá és forróvá vált. A magtermést a mérsékelt NP trágyázás 0,4 t/ha-ról 0,7 t/ha-ra növelte. Földfeletti légszáraz aratáskori biomasz tömege mindössze 2,26 t/ha volt, melynek 28%-át a magtermés tette ki.
3. A kis termésben az ásványi elemtartalom feldúsult. Az 1 t szem és a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemtartalma 112 kg N, 71 kg Ca (99 kg CaO), 52 kg K (62 kg K_2O), 13 kg P (29 kg P_2O_5), 11 kg Mg (19 kg MgO), 6–7 kg S, 1–2 kg Fe és Al, 600–700 g Mn és Sr, 111 g Zn, 100 g B és Na, ill. 16 g Cu mennyiségnek adódott. A P és K fajlagosok 1,7; a N 2,2; a Ca és Mg 3,1-szeresen múlja felül a hazai szaktanácsadásban elfogadott irányszámokat. A mikroelem-tartalmakban általában nagyságrendbeli lehet a túllépés.

4. Az itt kapott fajlagos értékek félrevezetőek lehetnek a tervezett termés elemszükségletének megállapításakor, és túltrágyázásra ösztönöznek. Valójában a kapott csekély termés a trágyákat az adott évben nem volt képes hasznosítani. Tehát a trágyaigény a következő évben csökkenhet, mert azok utóhatásával is számolhatunk.

Kulcsszavak: borsó, műtrágyázás, homoktalaj

The effect of fertilisation on pea (*Pisum sativum* L.) on calcareous sandy soil

I. KÁDÁR–T. NÉMETH

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

Summary

In the 35th year of the long-term NPK fertilisation field experiment established on carbonated sandy soil in the Danube-Tisza mid-region in 1970, the effect of the treatments on the yield, mineral composition, element uptake of pea, as well as the characteristics of the upper soil and the 2 m soil profile were examined in 2005. The pH(H₂O) value of the upper soil of the production site is approximately 7, with 1% humus content and 5–10% clay content. Soil water can be found 5–7 m deep, the area is drought-sensitive and weakly supplied with soluble nutrients (N, P, K). Conclusions from the experiment are as follows:

1. As a result of the soil-enriching PK fertilisation, ammonium lactate – acetic acid (AL) soluble PK stock was accumulated in the ploughed layer, thereby reaching, sometimes even exceeding the "satisfactory" 150–200 mg kg⁻¹ range. As a result of the 120 kg P₂O₅ dose per ha per year, the AL-P₂O₅ content of the 20–40 cm soil layer also increased fivefold. The vertical movement of K increased the AL-K₂O content of the 40–60 layer 6.5 times.
2. Only 137 mm precipitation was measured during the active growing season of pea. The weather became dry and hot during flowering. The moderate NP fertilisation increased grain yield from 0.4 t ha⁻¹ to 0.7 t ha⁻¹. The above-ground air-dry biomass weight at harvest was 2.26 t ha⁻¹, 28% of which was grain yield.

3. Mineral element content was enriched in the small yield. The specific element content of the 1 t grain yield and its associated secondary yield was 112 kg N, 71 kg Ca (99 kg CaO), 52 kg K (62 kg K₂O), 13 kg P (29 kg P₂O₅), 11 kg Mg (19 kg MgO), 6–7 kg S, 1–2 kg Fe and Al, 600–700 g Mn and Sr, 111 g Zn, 100 g B and Na, and 16 g Cu. The specific P and K values exceed the values accepted in the Hungarian technical advisory system 1.7 times, whereas this excess is 2.2 in the case of N and 3.1 in the case of Ca and Mg. The level of excess in the case of microelement contents can usually be one order of magnitude.
4. These specific values can be misleading when determining the element need of the planned yield and they could drive one to overfertilisation. In reality, the small obtained yield was unable to utilise fertilisers in the given year. Therefore, fertilisation need could decrease in the following year, since fertiliser after-effects should also be taken into consideration.

Key words: pea, fertilisation, calcareous sand

Влияние искусственных удобрений на горох (*Pisum sativum* L.) на карбонатной песчаной почве

И. КАДАР–Т. НЕМЕТ

Исследовательский Институт Почвоведения и
Агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

В 2005 году, на 35-ый год продолжительного опыта, начатого в 1970 году на карбонатной песчаной почве междуречья Дуная-Тиссы, исследовали влияние обработок искусственными удобрениями NPK на урожай гороха, состав минеральных элементов, на приём элементов, а также на характеристики пахотного слоя и 2-ух метрового почвенного профиля. В пахотном слое места выращивания около 7 рН(H₂O), около 1% гумус и около 5–10% глины. Почвенные воды расположены на глубине 5–7 м, территория чувствительна к засухе, растворимыми питательными элементами (N,P,K) слабо обеспечена. Из опыта можно извлечь следующие выводы:

1. После обогащающего почву удобрения РК в вспаханном слое накопились аммоний лактат-уксуснокислотные (AL) растворимые запасы РК, достигнув 150–200 mg/kg „удовлетворительного” уровня, или в отдельных случаях превысили это. Под влиянием 120 kg/ha/год доз P_2O_5 содержание AL- P_2O_5 слоя 20–40 см увеличилось в пять раз. Вертикальное движение К в шесть с половиной раз увеличило содержание AL- K_2O в слое 40–60 см.
2. Горох за активный вегетационный период получил всего 137 mm осадков. Во время цветения погода стала сухой и жаркой. Урожай семян умеренное удобрение NP увеличило с 0,4 t/ha до 0,7 t/ha. Вес сухой биомассы над поверхностью земли при уборке был всего 2,26 t/ha, из чего 28% составил урожай семян.
3. В маленьком урожае содержание минеральных элементов стало больше. Удельное содержание элементов 1 t семян и относящегося к нему побочного урожая получилось в количестве 112 kg N, 71 kg Ca (99 kg CaO), 52 kg K (62 kg K_2O), 13 kg P (29 kg P_2O_5), 11 kg Mg (19 kg MgO), 6–7 kg S, 1–2 kg Fe и Al, 600–700 g Mn и Sr, 111 g Zn, 100 g B и Na, и 16 g Cu. Удельные P и K в 1,7; N в 2,2; Ca и Mg в 3,1 раза превысили принятые в венгерской профессиональной консультации показатели. Обычно в содержании микро-элементов увеличение может быть многократным.
4. Полученные здесь удельные величины могут ввести в заблуждение при определении потребности в питательных элементах планированного урожая, и стимулируют передозировку удобрений. В действительности полученный небольшой урожай в данном году не был способен использовать удобрения. Значит потребность в удобрении в следующем году может сократиться, поскольку надо учитывать и их последствия.

Ключевые слова: горох, удобрение, песчаная почва

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A borsót étkezési szárazborsónak, zölden friss fogyasztásra cukorborsónak vagy konzervipari célra, ill. abrak vagy zöldtakarmányként egyaránt hasznosítják. A szélsőséges, extrém savanyú vagy szikes, ill. a levegőtlen agyag, vagy a sülévényes homoktalajok kivételével mindenütt termesztendő. Ideális termőhelye a karbonátos csernozjom, a löszhátak. *Kurník* (1970) szerint közepes termésnél a talaj 70–140 kg/ha nitrogénnel gazdagodhat és 1 t/ha körüli búza terméstöbbletre számíthatunk. *Kralovánszky* (1975) a fehérjehozam és az át-

lagtermés összefüggéseit vizsgálva megállapítja, hogy a 600 kg/ha fehérjét 2 t szója, 2,5–3,0 t borsó, 4 t lucernaszéna, 6 t árpa vagy 8 t kukorica magterméssel biztosíthatjuk.

Mivel a borsó gyökere nem hatol mélyre és rövid a tenyészideje, trágyaigényesnek minősül. Különösen a P és K igénye kifejezett. N-gyűjtő, de tavasszal N-t is igényelhet, amikor a baktériumok tevékenysége még szünetel. Amennyiben a N-ellátás bőséges, a N-kötés elmarad, a borsó a talaj N-készletét hasznosítja. Termésingadozása, környezeti érzékenysége kifejezett. Kritikusnak minősül a virágzás és a hüvelyképződés periódusa, amennyiben az időjárás forróvá és aszályossá válik. A növény vízszükséglete közepesnek mondható, de az eloszlásra érzékeny. Az évenkénti termésingadozások döntően az időjárási tényezőkre vezethetők vissza (Láng 1976, Ács és Kurnik 1980, Husti 1984, Sárvári 2005).

Általánosan elfogadott, hogy a N-trágyázással nőhet a növényi szervek N, ill. nyersfehérje készlete. A csapadékos évvárattal vagy a PK-trágyázással előidézett termésnövekedés (hígulási effektus) viszont mérsékelheti a fehérje felhalmozását. Győri és Bocz (1991, 1992) pl. megállapítja, hogy a borsó N és nyersfehérje forgalma „...abban az esetben magasabb, ha a májusi és júniusi csapadék a sokévi átlagnál kevesebb.” A szerzők műtrágyázási kísérleteiben az aminosavak összetétele érdemben nem módosult, változott viszont a borsó szerveinek mikroelem tartalma.

A Biológiai Adatok Kézikönyve (Spector 1956) szerint a fiatal hajtás/zöld mag/száraz mag összetétele az érés folyamán jelentősen módosulhat. A magvakban a nitrogén és a foszfor tartalma megnő, míg a K, Ca, Mg, S készlete lecsökken az éréskor. Tölgyesi (1969) a borsó változékonny elemösszetételét hangsúlyozza a termőhely függvényében. Szerinte a mag átlagosan 1,24% K, 0,11% Ca, 0,44% P, 33 mg/kg Zn, 15 mg/kg Mn, és 9 mg/kg Cu elemet tartalmaz. Győri és Bocz (1991, 1992) többéves műtrágyázási kísérletben szintén igazolták, hogy a borsó szerveinek elemkészlete az évek (időjárás), valamint a trágyázás függvényében egyaránt tág határok között ingadozhat. Ami a fajlagos, az 1 t szem és a hozzátartozó melléktermés elemtartalmát illeti, viszonylag kevés adatot találunk a hazai irodalomban. Iványiné (1973) 2 t mag + 3 t szalma termésnél 115 kg N, 31 kg P₂O₅, és 40 kg K₂O felvétellel számolt, ami 57–16–20=N–P₂O₅–K₂O kg/t fajlagos tartalomnak felel meg. A hazai szaktanácsadásban a borsóra 50–17–35–32–6=N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO kg/t tervezett főtermésre ajánlás szerepel (Antal 1987).

Az eltérő NPK-kínálat hatását a borsó termésére és összetételére egy 17 éves műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáltuk 1990-ben, egy aszályos évben. A borsó fajlagos elemtartalma a kezelések függvényében az alábbiak szerint ingadozott: 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, 13–15 g Cu. A mért értéket a N és Mg esetében általában meghaladják a szaktanács irányszámain, míg a P és K esetében alatta maradnak a kicsi termékkel előálló töményedési effektus ellenére. Ismert, hogy a talaj P- és K-formái szárazságban nehezebben oldódnak, ill. nehezebben felvehető. A száraz magtermés itt 1,68 t/ha mennyiséget tett ki (Kádár 2005).

Teszteltük 1994-ben a borsó talajszennyezéssel szembeni reakcióját is mezőföldi karbonátos csernozjom talajon. A 13 vizsgált mikroelemből az As, Cr és Se bizonyult toxikusnak a borsóra. Szennyezetlen talajon 2,5 t/ha légszáraz magtermést kaptunk, mely a maximális As-terhelés nyomán 0,4 t/ha, a maximális Cr-terheléssel 1,6 t/ha mennyiségre csökkent. A 270 és a 810 kg/ha Se-terhelés a borsó és a gyomok teljes pusztulását eredményezte a kísérlet 4. évében. Megállapításaink szerint a Se-szennyezés olyan mérvű K-hiányt okozott a borsó szerveiben, mely a növény elszáradásához és pusztulásához vezetett (Kádár 2001).

Jelen munka célja vizsgálni a borsó trágyareakcióját, termésének elemösszetételének és elemfelvételének alakulását egy NPK műtrágyázási kísérletben Duna-Tisza közti homoktalajon. Különösen az extrém K-hiány és a K-túlsúly sokoldalú, talajra és növényre gyakorolt hatását igyekszünk figyelemmel kísérni a kísérlet 35. évében.

Anyag és módszer

Az MTA TAKI Órbottyáni Kísérleti Telepe a Duna-Tisza közti homokhátság északi részén, a Gödöllői-dombság pereméhez közel helyezkedik el. A talajvíz tükre 5–10 m mélyen található, a talajképződési folyamatokat, ill. a trágyahatásokat nem befolyásolja. A termőhely a homoktalajokra jellemzően rossz vízgazdálkodású, aszályérzékeny, heterogén tulajdonságú és NPK tápelemekben szegény. A műtrágyázási kísérletet eredetileg Kozák Mátyás 1970 őszén állította be 10 kezeléssel és 4 ismétléssel, azaz összesen 40 db egyenként 12 × 4,2 = 50,4 m²-es parcellával, kéttényezős véletlen blokk elrendezésben (Kozák 1977, Kozák és Szemes 1984).

A vizsgált kísérlet talaja csernozjom jellegű humuszos homok 60–70 cm humuszos szinttel. A szántott réteg CaCO_3 - és humusztartalma 1%, az altalaj erősen karbonátos. A $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 7,3; a $\text{pH}(\text{KCl})$ 7,0 átlagosan. A P- (0, 60, 120 kg P_2O_5 /ha/év) és K-műtrágyákat (0, 100, 200, 300, 400 kg K_2O /ha/év), valamint a N (0, 80, 160 kg N/ha/év) felét ősszel szántás előtt, a másik felét tavasszal szórtuk ki 25%-os pétisó, 18%-os szuperfoszfát, és 50%-os kálisó formájában. A kísérlet különösen a K-hatásgörbék tanulmányozására alkalmasak kétféle NP-szinten.

A 34. év után, 2004-ben talajmintavételre került sor a szántott rétegből, az átlagminták 20–20 lefűrés anyagát tartalmzták parcellánként. E mintákban mértük a könnyen oldható PK-tartalmakat *Egnér et al.* (1960) által ajánlott AL-módszerrel. A növényminták elemtartalmát $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ roncsolást követően határoztuk meg ICP technikát alkalmazva. A N-t a hagyományos $\text{cc.H}_2\text{SO}_4 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ feltárással *Kjeldahl* (1891) módszere szerint vizsgáltuk.

A vetés 2005. április 8-án történt gabona sortávolságra Rajnai törpe fajtával 25 db/fm, ill. 300 kg/ha vetőmaggal 4–6 cm mélyre vetve. Az elővetemény 4 éven át lucerna volt. Május 22-én végzett bonitálásunk szerint a trágyázatlan kontroll és a K-hiányos kezelésekben az állomány 20 cm körüli magasságot ért el, világoszöld színt mutatott, kb. 10% virágzott és 20–30%-ban elgyomosodott. A bőséges és teljes NPK kezelésekben 30–40 cm magas, 30–40%-ban virágzó, sötétzöld és 10% alatti gyomborítást mutató állományt találtunk. Az aratásra június 13-án került sor parcellánként kézzel $2 \times 1 \text{ m}^2$ mintaterületen a földfelletti rész begyűjtésével. A mintavételeket elcsépeeltük, megállapítottuk a mag, hüvely és a szár légszáraz tömegét, majd finomra darálást követően a laboratóriumba szállítottuk.

Csapadékelátottság: januárban 7, februárban 52, márciusban 8, áprilisban 96, májusban 41, júniusban 48 mm eső hullott. A virágzás idején az időjárás szárazzá és forróvá vált. Május 22-től 28–33 °C közötti hőmérsékleti maximumokat mértünk május végéig csapadék nélkül. Először június 8-án és 9-én esett 17 és 24 mm, melyet már a borsó nem tudott hasznosítani.

Kísérleti eredmények

Kezelések hatását a talaj szántott rétegének AL-PK tartalmára az 1. táblázat foglalja össze. Az adatokból látható, hogy a 34 éve trágyázásban nem részesült kontroll talajon mind az AL- K_2O , mind az AL- P_2O_5 tartalom rendkívül kicsi.

Korábbi vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy hasonló meszes homoktalaj kielégítően ellátottnak minősülhet, ha az AL-P₂O₅ készlete a 150–200 mg/kg, az AL-K₂O tartalma pedig a 100–150 mg/kg tartományba esik (Kádár 1992).

1. táblázat. *Műtrágyázási kezelések és a szántott réteg AL-PK tartalma 2004-ben (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)*

Kezelés NPK (1)	1971–1989 között kg/ha/év (2)			1990 óta kg/ha/év (3)			AL-oldható mg/kg (4)	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
000	0	0	0	0	0	0	46	71
110	80	60	0	80	60	0	40	171
111	80	60	40	80	60	100	124	176
112	80	60	80	80	60	200	152	175
113	80	60	120	80	60	300	223	146
220	160	120	0	160	120	0	58	249
221	160	120	40	160	120	100	116	287
222	160	120	80	160	120	200	155	282
223	160	120	120	160	120	300	234	231
224	160	120	160	160	120	400	264	247
SzD _{5%} (5)	-	-	-	-	-	-	58	55
Átlag (6)	-	-	-	-	-	-	141	207

Table 1. Fertiliser treatments and the AL-PK content of the ploughed layer in 2004 (calcareous sandy soil in the Danube-Tisza region, Órbottyán). (1) NPK treatment, (2) Between 1971–1989, kg ha⁻¹ year⁻¹, (3) Since 1990, kg ha⁻¹ year⁻¹, (4) AL soluble, mg kg⁻¹, (5) LSD_{5%}, (6) Average.

A kísérlet első 19 éve alatt 1971–1989. között a K₂O adagok 0, 40, 80, 120, 160 kg/ha/év mennyiséget jelentettek. Ezt követően az adagokat 2,5-szeresére növeltük, hogy a talajgazdagító K-szintek hatása szabatosan megnyilvánulhasson és a K-igényes kultúrák optimumait, ill. a K-túlsúly esetleges negatív hatásait is megismerjük. Az 1. táblázat eredményei szerint a feltalaj K-ellátottsága a 34. év végére a kielégítő tartományba kerülhetett a pozitív K-mérleggel rendelkező K kezelésekben. A szántott réteg alatti talaj is gazdagodhatott itt K-ban, hiszen hasonló talajon a K bemosódása, vertikális elmozdulása nem kizárt. A

feltalaj AL-P készlete látványosan emelkedett már a 60 kg/ha/év P_2O_5 adaggal, a 120 kg/ha/év trágyázás nyomán pedig a kívánatos „kielégítő” szintet is meghaladta.

A borsó aratása után újra talajmintavételre került sor a szántott rétegből 2005. június 13-án. A 2004. és a 2005. évi analízis eredményei összességében jó egyezést mutattak, bár 2005-ben a trágyázatlan kontroll talajon emelkedettebb AL- K_2O és AL- P_2O_5 értékeket kaptunk. A borsó szár, hüvely és mag tömegét döntően a mérsékelt NP-trágyázás növelte. A K-hatások elmaradtak, ill. a nagyobb NP-trágyázás depresszív hatását volt képes a pótlólagos K-kínálat ellensúlyozni. A teljes földfeletti légszáraz biomassza átlagosan mindössze 2,26 t/ha mennyiséget tett ki, melyből a magtermés csupán 28%-ban részesedett (2. táblázat).

2. táblázat. NPK műtrágyázás hatása a szántott réteg AL-PK tartalmára és a zöldborsó termésére 2005. 06. 13-án
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Kezelés NPK (1)	AL- K_2O mg/kg (2)	AL- P_2O_5 mg/kg (3)	Légszáraz termés t/ha (4)			
			Szár (5)	Hüvely (6)	Mag (7)	Összesen (8)
000	72	89	0,80	0,26	0,38	1,46
110	70	197	1,40	0,44	0,60	2,54
111	137	240	1,20	0,36	0,72	2,16
112	167	222	1,40	0,47	0,70	2,57
113	220	173	1,50	0,50	0,70	2,70
220	51	243	1,03	0,27	0,60	1,90
221	101	234	1,22	0,33	0,65	2,25
222	143	258	1,24	0,38	0,68	2,32
223	266	230	1,34	0,38	0,65	2,32
224	297	271	1,40	0,38	0,62	2,38
SzD _{5%} (9)	82	77	0,30	0,15	0,18	0,70
Átlag (10)	152	216	1,25	0,38	0,63	2,26

Szár 25%, hüvely 14%, mag 24% átlagos nedvességtartalommal.

Table 2. The effect of NPK fertilisation on the AL-PK content of the ploughed layer and pea yield on 13/06/2005 (calcareous sandy soil in the Danube-Tisza region, Órbottyán). (1) NPK treatment, (2) AL- K_2O mg kg⁻¹, (3) AL- P_2O_5 , mg kg⁻¹, (4) Air-dry yield, t ha⁻¹, (5) Stem, (6) Legume, (7) Grain, (8) Total, (9) LSD_{5%}, (10) Average. Average moisture content: Stem: 25%, legume: 14%, grain: 24%.

Az ugyancsak aszályos 1990-es évben a mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon termesztettünk borsót. A virágzás és a magképződés idején itt mérsékelt 24–26 °C maximális hőmérséklet uralkodott és a 39 mm májusi csapadékösszeg eloszlása is egyenletesebb volt 5 időpontban. Az optimális NPK kezelésben 2,7 t mag + 0,8 t hüvely és 1,8 t szár légszáraz tömeg képződött hektáronként. A borsó elemösszetétele viszonylag tág határok között változott az NPK kezelések függvényében. Az aratáskori földfeletti biomassza mintegy a felét a magtermés adta (Kádár 2005).

Amennyiben a borsó szerveinek átlagos elemtartalmát összevetjük az említett mezőföldi csernozjom termőhellyel, azt találjuk, hogy a homoki termőhely kis termésében pl. a Mg 15, Zn 24, Ca 28, K, 30, N 52, P 85%-kal volt több. A Sr és Mn viszont már 2,7–2,8-szorosan haladta meg a csernozjomon termett szár összetételét. A hüvelyben a töményedés még kifejezettebb. A Mg 27, K 39%-kal mutat többet, míg a N 2,7-szerese, a Sr és Zn 3,3-szorosa, a Mn 3,9-szerese a csernozjomon termettnek. A magban a N és a Ca nem tér el érdemben a két termőhelyen. Homokon a mag 14%-kal több Mg, 28%-kal több K, és 31%-kal több P elemet akkumulált. A Mn, Sr, Zn mikroelemekből viszont 2,4–2,7-szeres mennyiséget találunk a homokon képződött magtermésben.

A 3. táblázatban a kezelések hatását tanulmányozhatjuk a borsó szerveinek elemösszetételére. A vegetatív szár és hüvely a trágyahatásokat kifejezettebben tükrözte, mint a generatív mag. Az NP-kezelésekben megemelkedett a kontrollhoz képest a szár és a hüvely N, P, S, Mn és Sr készlete, ill. mérséklődött a Mo tartalma. A növekvő K-kínálattal viszont gátlást szenvedett a Ca Mg, Sr, Zn kationok, valamint az anion-felvétellel jellemzett P és Mo beépülése. Az említett változások általában statisztikailag igazolhatók. A magtermésben 10–15%-kal nőtt a kontrollhoz viszonyítva a K tartalma; NP-kezelésekben 10–20%-kal emelkedett a P és S készlete, míg az NPK kezelésekben a Mo koncentrációja mintegy a felére zuhant (3. táblázat). Az egyes növényi részek elemtartalmát összehasonlítva megállapítható, hogy N, P, S, Zn, Cu, Ni és Mo elemekben leggazdagabb a mag. A felsorolt elemek tehát a magképződés tényezői. A szár viszont a Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Sr, B, Ba, Pb, Cr, As, és Co elemeket akkumulálta főképpen. A hüvelyben találjuk a K, Na és Cd elemtartalom maximumait. A 0,6 mg/kg, Hg 0,12 mg/kg kimutatási határ alatt maradt minden vizsgált növényi részben. Ami a felvett elemek mennyiségeit illeti látható, hogy a mérsékelt termésével a felvett elemek tömege is mérsékelt maradt. A kísérlet átlagában a N 71, Ca 45, K 33, P 8, Mg 7, S 4 kg/ha felvételt mutatott (4. táblázat).

3. táblázat. *Kezelések hatása a légszáraz borsó elemtartalmára aratáskor 2005-ben
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)*

Kezelés NPK (1)	N	Ca	K	Mg	P	S	Mn	Sr	Zn	Mo
	%						mg/kg			
Szár (2)										
000	2,09	3,63	0,80	0,48	0,17	0,10	195	159	25	0,15
110	2,44	3,38	0,87	0,48	0,24	0,18	374	313	26	0,12
111	2,36	3,12	1,43	0,40	0,20	0,17	378	277	22	0,12
112	2,59	3,11	1,64	0,40	0,20	0,17	337	278	22	0,13
113	2,61	2,48	2,15	0,32	0,21	0,17	390	260	21	0,08
220	2,59	3,10	0,75	0,48	0,37	0,22	253	331	23	0,13
221	2,45	3,38	1,27	0,38	0,26	0,24	192	309	15	0,12
222	2,54	3,38	1,78	0,36	0,25	0,19	252	311	18	0,16
223	2,60	2,57	2,26	0,27	0,28	0,20	272	263	18	0,10
224	2,51	2,57	2,09	0,31	0,27	0,21	252	248	18	0,13
SzD _{5%} (5)	0,24	0,54	0,30	0,06	0,05	0,05	138	57	4	0,08
Átlag (6)	2,48	3,07	1,50	0,39	0,24	0,18	289	275	21	0,12
Hüvely (3)										
000	2,74	1,48	1,33	0,36	0,29	0,11	57	77	40	1,06
110	3,09	1,25	1,34	0,36	0,35	0,17	136	141	46	0,50
111	2,86	1,36	1,61	0,32	0,29	0,16	117	139	34	0,46
112	2,96	1,42	1,99	0,35	0,31	0,17	117	167	40	0,42
113	3,04	1,23	2,02	0,30	0,30	0,16	136	153	36	0,34
220	3,31	1,50	1,41	0,36	0,45	0,22	93	169	40	0,49
221	2,93	1,40	1,68	0,31	0,35	0,18	84	162	30	0,46
222	2,88	1,30	1,83	0,31	0,36	0,18	84	180	31	0,45
223	2,97	1,22	2,20	0,27	0,32	0,18	101	178	34	0,37
224	3,01	1,30	2,17	0,29	0,35	0,19	85	166	35	0,40
SzD _{5%} (5)	0,25	0,18	0,27	0,04	0,05	0,05	44	38	12	0,09
Átlag (6)	2,98	1,34	1,76	0,33	0,34	0,17	101	153	37	0,49
Mag (4)										
Átlag (6)	4,53	0,18	1,14	0,16	0,59	0,21	40	16	47	0,7

Megjegyzés: K-trágyázással 10–15%-kal nőtt a K-tartalom; NP-trágyázással 10-20%-kal emelkedett a P és S, ill. megkétszereződött a Sr-készlet, míg a Mo-tartalom felére csökkent a kontrollhoz viszonyítva.

Table 3. The effect of treatments on the element content of air-dry pea at harvest in 2005 (calcareous sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán). (1) NPK treatment, (2) Stem, (3) Legume, (4) Grain, (5) LSD_{5%}, (6) Grain. Note: K content increased by 10–15% as a result of K fertilisation; NP fertilisation caused 10–20% increase in P and S content, whereas it doubled the Sr stock and halved Mo content in comparison with the control treatment.

4. táblázat. *A borsó elemtartalma és elemfelvétele 2005-ben*
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Elem jele	Mérték egység	Szár (3)	Hüvely (4)	Mag (5)	Mérték egység	Szár (3)	Hüvely (4)	Mag (5)	Összes (6)
(1)	(2)	Elemtartalom (7)			(2)	Elemfelvétel (8)			
N	%	2,48	2,98	4,53	kg/ha	31,0	11,3	28,5	71
Ca	%	3,07	1,34	0,18	kg/ha	38,4	5,1	1,1	45
K	%	1,50	1,76	1,14	kg/ha	18,8	6,7	7,2	33
Mg	%	0,39	0,33	0,16	kg/ha	4,9	1,3	1,0	7
P	%	0,24	0,34	0,59	kg/ha	3,0	1,3	3,7	8
S	%	0,18	0,17	0,21	kg/ha	2,2	0,6	1,3	4
Al	mg/kg	670	51	7	g/ha	838	19	4	861
Fe	mg/kg	663	117	64	g/ha	829	44	40	917
Mn	mg/kg	289	101	40	g/ha	361	38	25	424
Sr	mg/kg	275	153	16	g/ha	344	58	10	412
B	mg/kg	37	28	12	g/ha	46	11	8	65
Na	mg/kg	22	47	23	g/ha	28	18	14	60
Zn	mg/kg	21	37	47	g/ha	26	14	30	70
Ba	mg/kg	20	9	2	g/ha	25	3	1	29
Cu	mg/kg	4	5	6	g/ha	4	2	4	10
Ni	mg/kg	1,10	1,85	2,46	g/ha	1,4	0,7	1,5	3,6
Pb	mg/kg	0,85	<0,30	<0,30	g/ha	1,1	<0,1	<0,2	1,1
Cr	mg/kg	0,75	0,22	<0,10	g/ha	0,9	0,1	<0,1	1,0
As	mg/kg	0,58	<0,40	<0,40	g/ha	0,7	<0,2	<0,3	0,7
Co	mg/kg	0,32	0,20	0,14	g/ha	0,4	0,1	0,1	0,6
Mo	mg/kg	0,12	0,49	0,74	g/ha	0,2	0,2	0,5	0,9
Cd	mg/kg	0,08	0,65	<0,02	g/ha	0,1	0,2	0,0	0,3

Megjegyzés: Se 0,60; Hg 0,12 mg/kg kimutatási határ alatt. Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés elemtartalma: 112 kg N, 71 kg Ca (99 kg CaO), 52 kg K (62 kg K₂O), 13 kg P (29 kg P₂O₅), 11 kg Mg (19 kg MgO), 6–7 kg S, 1–2 kg Al és Fe, 600–700 g Mn és Sr, 111 g Zn, 100 g B és Na, 16 g Cu.

Table 4. Element content and element uptake of pea in 2005 (calcareous sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) Stem, (4) Legume, (5) Grain, (6) Total, (7) Element content, (8) Element uptake. Note: Se 0.60; Hg 0.12 mg kg⁻¹ under the detection limit. Element content of 1 t grain and its associated secondary yield: 112 kg N, 71 kg Ca (99 kg CaO), 52 kg K (62 kg K₂O), 13 kg P (29 kg P₂O₅), 11 kg Mg (19 kg MgO), 6–7 kg S, 1–2 kg Al and Fe, 600–700 g Mn and Sr, 111 g Zn, 100 g B and Na, 16 g Cu.

Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemtartalma 112 kg N, 71 kg Ca (99 kg CaO), 52 kg K (62 kg K₂O), 13 kg P (29 kg P₂O₅), 11 kg Mg (19 kg MgO), 6–7 kg S, 1–2 kg Fe és Al, 600–700 g Mn és Sr, 111 g Zn, 100 g B és Na, és 16 g Cu mennyiségnek adódott. A kis termés ásványi elemekben betöményedett. A P és a K fajlagosok 1,7-szeresen, a N 2,2-szeresen, míg a Ca és Mg 3,1-szeresen múlják felül a hazai szaktanácsadásban elfogadott irányszámokat. A tervezett termés elemigényeinek számításakor ezek a fajlagosok félrevezetőek lehetnek, műtrágyázásra ösztönözhetnek a szaktanácsadásban. Annál is inkább, hisz a növény az előző évben, vagy a tavasszal adott trágyákat sem hasznosíthatta, azok utóhatásával is számolni szükséges.

Július 15-én mélyfúrásokat végeztünk 20 cm rétegenként 200 cm mélységig gépi technikával. A talajmintavétel a fúrólyukakból patronos kiemeléssel történt, 4–4 fúrást ejtettünk parcellánként. A két-két fúrás anyagát szintenként egyesítettük a helyszínen az analízis céljából. Így parcellánként a 10 szintet figyelembe véve 20 mintát mértünk. Mivel a kezelések 4 ismétlésben lettek beállítva, a kontroll és a maximális N₂P₂K₄ kezelésben is 80–80 mintát gyűjtöttünk. Összesen 160 mintának mértük a nedvességtartalmát, majd laboratóriumi előkészítés után meghatároztuk a talajok alapvizsgálati jellemzőit és az AL-oldható Ca, P, K készleteit.

A mélyfúrás előtti napokon 49 mm csapadék hullott (július 11-én és 12-én). Amint az 5. táblázatban látható, a felső 0–40 cm réteg 9%, míg az 1 m alatti talajprofil 3% körüli nedvességtartalommal rendelkezett. Az NO₃-N viszonylag egyenletesen oszlott el a profilban. Átszámítva az 1 m gyökérjárta réteg és az alsó 1 m réteg is 70–80 kg/ha NO₃-N készlettel rendelkezett. Az NH₄-N forma a feltalajban dúsult. A feltalaj már mészhányossá vált. Megemlítjük, hogy a kísérlet beállításakor 35 évvel ezelőtt Kozák (1977) még 1% körüli CaCO₃ tartalomról számolt be. Az 1 m alatti rétegek 18–19% CaCO₃-tartalommal rendelkeznek. A humusz mennyisége a feltalajban is 1% alatt marad.

Az AL-oldható Ca-készlet jó összefüggést mutat a Scheibler-féle CaCO₃ tartalommal, és arra is utal, hogy a feltalaj még nem teljesen mészhányos. Az AL-oldható P-tartalom a felső 0–40 cm rétegben dúsult a P-trágyázás nyomán, a kontroll AL-oldható készlete megötszöröződött a 35 éven át folytatott talajgazdagító P-adagolással. Az AL-oldható K készlete a 0–60 cm rétegben jelez akkumulációt. Ez már nem vezethető vissza az esetleges, mélyebb talajkeveredésre a szántás, ill. az eke munkájára. A kolloidszegény homoktalajon a K kilúgzása szembeűnő. A szántott réteg alatti 20–40 cm gazdagabb AL-P tartalomban,

mint a 0–20 cm feltalaj. Sőt, a 40–60 cm réteg is némileg meghaladja a feltalaj készletét (6. táblázat).

5. táblázat. *Talajszelvény alapvizsgálatainak főbb eredményei 2005. 07. 15-én*
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Mintavétel mélysége cm (1)	Nedvesség % (2)	NO ₃ -N mg/kg	NH ₄ -N mg/kg	pH(H ₂ O)	CaCO ₃ % (3)	C szerves % (4)	Humusz % (5)
0–20	9,4	6,8	11,7	6,9	0	0,44	0,8
20–40	9,3	6,3	5,9	7,0	0	0,40	0,7
40–60	7,6	4,1	4,1	7,5	1	0,46	0,8
60–80	5,2	4,1	5,4	8,1	4	0,43	0,7
80–100	3,9	4,5	6,8	8,4	13	0,24	0,4
100–120	3,3	6,3	7,7	8,6	18	0,12	0,2
120–140	3,3	5,0	6,3	8,8	18	0,09	0,2
140–160	3,1	5,0	7,2	8,9	19	0,07	0,1
160–180	3,0	5,0	5,4	8,8	19	0,08	0,1
180–200	3,2	5,0	5,9	8,9	19	0,04	0,1
SzD _{5%} (5)	1,6	3,1	3,5	0,4	4	0,08	0,2
Átlag (6)	5,1	5,2	6,6	8,2	11	0,24	0,4

Table 5. The main results of soil profile basic examinations on 15/07/2005 (calcareous sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán). (1) Sampling depth, cm, (2) Moisture %, (3) Organic C %, (4) Humus %, (5) LSD_{5%}, (6) Average.

6. táblázat. *Talajszelvény AL-oldható Ca, P és K kísérletének vizsgálatai 2005. 07. 15-én (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Örbottyán)*

Mintavétel mélysége, cm (1)	AL-Ca %	AL-P ₂ O ₅ mg/kg		AL-K ₂ O mg/kg	
		Kontroll (2)	N ₂ P ₂ K ₄	Kontroll (2)	N ₂ P ₂ K ₄
0–20	0,2	54	248	50	192
20–40	0,2	43	206	36	239
40–60	0,2	26	38	31	203
60–80	1,0	22	26	22	35
80–100	3,8	22	21	17	24
100–120	5,0	21	25	16	20
120–140	5,0	20	23	14	17
140–160	5,1	20	22	16	14
160–180	5,1	21	22	13	14
180–200	5,1	20	21	13	15
SzD _{5%} (3)	0,9	4	26	5	27
Átlag (4)	1,1	27	65	23	78

Table 6. Examinations of the AL-soluble Ca, P and K experiments of the soil profile on 15/07/2005 (calcareous sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Örbottyán). (1) Sampling depth, cm, (2) Control, (3) LSD_{5%}, (4) Average.

IRODALOM

- Antal J.*: 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Ács A.–Kurnik E.*: 1980. A borsó termesztésének ökológiai és technológiai feltételei. [In: Kiss Á. (szerk.) A borsó termesztése.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 31–44.
- Buzás I.–Fekete A.–Buzás I.-né–Csengeri P.-né–Kovács Á.-né.* (szerk.): 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 68.
- 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.
- Győri Z.–Bocz E.*: 1991. A trágyázás és az öntözés hatása a borsó ásványi elemtartalmára és aminosav összetételére I. N-tartalom és aminosav összetétel. Növénytermelés. 40. 4: 509–518.

- Győri Z.–Bocz E.: 1992. A trágyázás és az öntözés hatása a borsó ásványi elemtartalmára és aminosav összetételére II. Cink- és réztartalom. *Növénytermelés*. 41. 1: 67–76.
- Husti I. (szerk.): 1984. Gépesített szárazborsó-termesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Iványi S.-né: 1973. Étkezési szárazborsó. Vetőmagtermeltető és Értékesítő Vállalat. Budapest.
- Kádár I.: 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest. 398.
- Kádár I.: 2001. Mikroelem-terhelés hatása a borsóra karbonátos csernozjom talajon I. Termés és ásványi összetétel. *Agrokémia és Talajtan*. 50: 62–82.
- Kádár I.: 2005. Műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) elemfelvételére. *Agrokémia és Talajtan*. 54: 359–374.
- Kjeldahl, J.: 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschr. f. Analyt. Chemie*. 22: 366–382.
- Kozák M.: 1977. A kálium műtrágyázás hatása a búza, kukorica és takarmányborsó termesztésére és tápanyagtartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 26: 363–378.
- Kozák M.–Szemes I.: 1984. Összefüggések a lucerna tápanyagellátottsága, szénahozama és a karbonátos homoktalajok tulajdonságai között. *Agrokémia és Talajtan*. 33: 245–252.
- Kralovánszky U. P.: 1975. A fehérjeprobléma. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kurník E.: 1970. Étkezési és abraktakarmány-hüvelyesek termesztése. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Láng G.: 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tölgyesi Gy.: 1969. A növények mikroelem-tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Spector, W. S.: 1956. Handbook of Biological Data. Saunders. Philadelphia.
- Sárvári M.: 2005. Borsó. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztéstan 2. Hüvelyesek.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 109–134.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Kádár Imre–Dr. Németh Tamás
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022