

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Balikó Krisztina

Keszthely

2009

**PANNON EGYETEM GEORGIKON KAR
NÖVÉNYTERMESZTÉSTANI ÉS TALAJTANI TANSZÉK**

**NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI TUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

**A BORSÓ ÉS A SZÓJA TÁPLÁLTSÁGI
ÁLLAPOTÁNAK JELLEMZÉSE**

**Készítette:
Balikó Krisztina**

**Témavezető:
Dr. habil. Sárdi Katalin egyetemi tanár**

Készthely 2009

A BORSÓ ÉS A SZÓJA TÁPLÁLTSÁGI ÁLLAPOTÁNAK JELLEMZÉSE

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:
Balikó Krisztina

Készült a Pannon Egyetem
Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskolája keretében

Témavezető: Dr. habil. Sárdi Katalin egyetemi tanár

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

.....
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton %-ot ért el.

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: igen / nem

.....
(aláírás)

Bíráló neve: igen / nem

.....
(aláírás)

*** Bíráló neve: igen / nem

.....
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján %-ot ért el.

Veszprém/Keszthely, 2009.

.....
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
az EDT elnöke

Megjegyzés: *** esetleges

TARTALOMJEGYZÉK

1. Kivonatok.....	1
2. Bevezetés és célkitűzés	3
3. Irodalmi áttekintés.....	5
3.1. A növények tápláltsági állapotának jellemzése.....	5
3.1.1. A harmonikus tápanyagellátás jelentősége a növénytermesztésben	5
3.1.2. A növények tápláltsági állapotát befolyásoló tényezők	6
3.1.3. A tápláltságot jelző mutatók.....	7
3.1.4. A tápláltsági állapotot jelző mutatók alkalmazása a gyakorlatban	8
3.1.5. Az értékelést szolgáló adatbázis, perspektívák	9
3.2. A hüvelyes növények termesztésének jelentősége.....	11
3.2.1. Borsó (<i>Pisum sativum</i> L.).....	12
3.2.2. Szója (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	14
3.3. A kísérletek során vizsgált makrotápelemek (NPK) bemutatása.....	19
3.3.1. A kísérletekben vizsgált makrotápelemek táplálkozás-élettani jelentősége	19
3.3.2. A nitrogén-, foszfor- és káliumhiány látható tünetei.....	19
3.3.3. A nitrogén, foszfor és kálium felesleg következményei és látható tünetei	20
4. Anyag és módszer	21
4.1. A kísérletek körülményei, alkalmazott tesztnövények és kezelések.....	21
4.2. A tenyészedényes kísérletek előkészítése és beállítása.....	23
4.3. A szabadföldi kísérletek előkészítése és beállítása	25
4.4. Agronómiai, növényanalitikai vizsgálatok és a kiértékelés módszerei.....	26
5. Eredmények és értékelésük	29
5.1. A borsóval végzett kísérletek eredményei	29
5.1.1. Tenyészedényben nevelt borsó vegetatív mutatói és terméshozama	29
5.1.2. Tenyészedényben nevelt borsó tápelem-koncentrációi (NPK)	31
5.1.3. Szántóföldön nevelt borsó vegetatív mutatói és terméshozama.....	34
5.1.4. Szántóföldön nevelt borsó tápelem-koncentrációi (NPK)	37
5.2. A borsóval végzett kísérletekben kapott NPK-koncentrációk összevetése szakirodalmi adatokkal	39
5.3. A borsóval végzett kísérletekben kapott N/P-, N/K- és K/P-arányok értékelése.....	43
5.4. A szójával végzett kísérletek eredményei	46
5.4.1. Tenyészedényben nevelt szója vegetatív mutatói és terméshozama.....	46
5.4.2. Tenyészedényben nevelt szója tápelem-koncentrációi (NPK).....	48
5.4.3. Szántóföldön nevelt szója vegetatív mutatói és terméshozama	51
5.4.4. Szántóföldön nevelt szója tápelem-koncentrációi (NPK)	54
5.5. A szójával végzett kísérleteinkben kapott NPK-koncentrációk összevetése szakirodalmi adatokkal.....	56
5.6. A szójával végzett kísérletekben kapott N/P-, N/K- és K/P-arányok értékelése	59
6. Következtetések, javaslatok	62
7. Összefoglalás.....	64
8. Summary	67
9. Új tudományos eredmények.....	70
10. New scientific results	72
11. Köszönetnyilvánítás	74
12. Irodalomjegyzék.....	75
13. Függelék.....	82

1. KIVONATOK

A BORSÓ ÉS A SZÓJA TÁPLÁLTSÁGI ÁLLAPOTÁNAK JELLEMZÉSE

Jelen disszertáció szerzőjének célja volt

- A borsó és szója növények optimális tápanyagellátásának közelebbi megismerését szolgáló számszerű értékek feltárása üvegházi tenyészedenyes és szántóföldi kispercellás kísérletek segítségével.
- A két növényfaj tápláltsági állapotára vonatkozó kísérleti eredmények értékelése a hazai és nemzetközi szakirodalom alapján, különös tekintettel a tápláltsági állapotot jellemző egzakt értékekre.
- A meglévő adatbázis kritikai szemléletű értékelése, valamint bővítése a kutatás során végzett kísérletek eredményeivel.

A szerző 2004 és 2006 között borsó és szója növényekkel végzett üvegházi tenyészedenyes, valamint szántóföldi kispercellás kísérleteket. A kontroll mellett 10 kezelésben lépcsőzetesen növekvő műtrágya adagok hatását vizsgálta növényenként 3 eltérő fejlődési stádiumban.

Az értékeléshez meghatározta a növénymagasságot, a zöld- és száraztömeget, a hüvely- és magszámot, ill. a hüvely- és magtömeget, továbbá szántóföldi körülmények között a nyerstermést. A növénymintákból Kjeldahl módszerrel elvégezte az összes nitrogéntartalom meghatározását, spektrofotometriás módszerrel a növényi foszfor-koncentráció, valamint lángfotometriás eljárással a káliumtartalom vizsgálatát. A koncentrációk ismeretében meghatározta a N/P-, N/K- és K/P-arányokat. A statisztikai értékeléseket varianciaanalízissel végezte.

A szerző továbbá 2001 óta a teljességre törekedve tanulmányozta a borsó, ill. szója témájú hazai és nemzetközi szakirodalmat, valamint összegyűjtötte és értékelte a számszerűen közölt tápelem-ellátottsági határértékeket.

A kísérletek során kapott eredmények rávilágítottak egyes kisebb adagú kezelések kiemelkedő teljesítményére, ami további célirányos kísérletek szükségességére hívja fel a figyelmet arra vonatkozóan, indokolt lehet-e a borsó-, ill. szójatermesztési gyakorlatban a N, P és K műtrágya adagok csökkentése.

Az ellátottsági határértékek felkutatására irányuló gyűjtőmunka azt bizonyította, hogy a két növény N-, P- és K-ellátottsági kategóriáit számszerűsítő adatbázis nehezen hozzáférhető, az adatok köre hiányos, az értékek olykor ellentmondásosak, a megadott intervallumok értelmezhetősége nem világos.

A kísérletekben mért tápelem-koncentrációk és tápelemarányok irodalmi adatokkal való összevetése önmagában nem elegendő, hogy egyértelműen állást lehessen foglalni az élettani optimumokról.

A hazai adatbázis a szerző kísérletei során újabb számszerű értékekkel bővült, amelyek segíthetik a borsó és a szója fajok tápláltsági állapotára vonatkozó jövőbeni kísérletek értékelését.

CHARACTERIZATION OF NUTRITIONAL STATUS OF PEAS AND SOYBEANS

The objective of this PhD research was to establish and improve the reliability of sufficiency ranges of NPK nutrient elements suitable for describing optimum nutrient status of peas and soybeans through pot and field experiments; to evaluate the experimental results based on the Hungarian and international literature on the nutritional status of these two crops; furthermore to evaluate the database and extend it with results obtained from the experiments carried out during the research. It was found that the database describing the level of N, P and K nutrient supply is still not complete. Comparing the nutrient concentrations and ratios of the experiments with literature data could not provide reliable information on the physiological status of plants. Results showed a necessity of further experiments for studying whether NPK fertilizer rates recommended and applied in pea and soybean growing practice may be reduced.

CHARAKTERISIERUNG DES ERNÄHRUNGSZUSTANDES DER ERBSEN UND SOJABOHNEN

Das Ziel dieser Abhandlung war, die Verlässlichkeit des Zulänglichkeitsintervalls von NPK Nährelemente, die geeignet sind, die optimalen Ernährungszustand der Erbsen und Sojabohnen zu beschreiben, durch Gewächshaus- und Freilandexperimente zu ermitteln und zu vervollkommen; die Ergebnisse aufgrund der ungarischen und internationalen Fachliteratur im Thema des Ernährungszustandes von den beiden Pflanzen zu bewerten; weiterhin die Datenbank zu evaluieren, und durch die Ergebnisse von den Experimenten zu erweitern. Es wurde offenbar, dass es keine vollständige und eindeutige Datenbank für die Charakterisierung der N-, P- und K-Ernährungskategorien gibt. Der Vergleich der enthaltenen Nährstoffkonzentrationen und -Verhältnisse mit den Angaben der Fachliteratur war nicht genügend, um verlässliche Informationen über den physiologischen Stand der Pflanzen zu bekommen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass es in weiteren Experimenten geprüft sein soll, ob die verwendeten NPK-Mengen im Erbsen- und Sojabohnenbau reduziert sein können.

2. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITÚZÁS

Kultúrnövényeink tápláltsági állapotának ismerete, és az ismeretanyag gyakorlatban való kamatoztatása alapvető jelentőségű az eredményes növénytermesztésben, amit világszerte nagyszámú kutatási eredmény igazol.

Magyarországon a jelenlegi műtrágyázási gyakorlatban sajnos nem ritka, hogy a gazdálkodók csak egy, vagy néhány tápelemet juttatnak ki. Üzemi körülmények között az is előfordul, hogy egy-egy hatóanyagból a szükségesnél jóval kevesebbet, vagy egyáltalán nem juttatnak ki, más hatóanyagokból viszont esetenként többet, gyakran talajvizsgálati eredmények nélkül. A növénytermesztők sok esetben anyagi megfontolásból olyan terméket választanak a tápanyag-utánpótláshoz, melyben az összetevők aránya nem igazodik a termőhely, valamint a termesztendő növénykultúra igényeihez. Ezzel a helytelen gyakorlattal kedvezőtlen irányban változik a tápelemek aránya a talajban és a növényben egyaránt. Ilyenkor a feleslegesen vagy nem megfelelő arányban kijuttatott tápanyag költsége mellett további hátrányt jelenthet a kiegyensúlyozatlan tápláltság következményeként jelentkező termésminőség romlás.

Ahhoz, hogy termesztett növényeink tápanyagellátása eredményes és gazdaságos legyen, fontos megismernünk azok tápanyag-reakcióit a különböző növekedési stádiumokban. Az utóbbi évtizedekben a tápanyag-gazdálkodásban világszerte bekövetkezett szemléletváltozások, a jövedelmezőség fokozódó jelentősége, valamint a környezetkímélő növénytaplálásra való törekvések a meglévő eredmények átértékelését is indokoltá teszik. Ez is alátámasztotta további, a növények tápláltsági állapotának alaposabb megismerését célzó kutatások szükségességét.

- A jelen disszertációban bemutatott kísérletek célja a főbb szántóföldi kultúrák közül a borsó és a szója, illetve ezek kiválasztott perspektivikus fajtáinak tápláltsági állapotát jelző tápelem-ellátottsági kategóriákra és tápelemarányokra vonatkozó hazai adatok kiegészítése.

Az értekezés a borsó és a szója növényeken végzett tenyészedényes és szabadföldi kiscellás kísérleteken keresztül mutatja be az eltérő adagú és arányú tápelemellátás hatásait a növények vegetatív és beltartalmi mutatóira.

- A kapott eredmények értékelésével a borsó és a szója számára optimális tápanyagellátás részleteinek megismerése a fő cél. A két vizsgált hüvelyes tápelem-ellátottsági határértékeire vonatkozó hazai adatbázis bővítésével a kísérleti eredmények hozzájárulnak a növények táplálásának optimalizálásához.
- Bár a kapott eredmények elsősorban hazai viszonyok közt értelmezhetők, azokat a hazai és nemzetközi szakirodalomban fellelhető értékekkel egyaránt szükséges összevetni, illetőleg azokkal együttesen értékelni.

A növénytáplálás témakörében végzett korábbi kutatómunka folyamán egyértelművé vált, hogy egyes kultúrnövény fajok tápelem-ellátottságának megítéléséhez olykor nehézkes egységesnek tekinthető határértékeket találni az irodalomban.

– A jelen értekezéshez végzett hosszas és teljességre törekvő szakirodalmi adatgyűjtés során alapvető célkitűzés volt alaposabban feltárni a borsó és szója növények tápláltsági állapotával kapcsolatban rendelkezésre álló ismeretanyagot, különös tekintettel a tápelem-ellátottságot jellemző számszerű adatokra.

– További cél volt a hozzáférhető adatbázis kritikai szemléletű ártértékelése, valamint annak bővítése a kutatás során végzett tenyészedényes és szabadföldi kisparcellás kísérletek eredményeivel.

A kutatás eredményei hozzájárulhatnak a tápanyagellátás hatékonyságának növeléséhez, valamint egy ésszerűbb, gazdaságosabb és környezettudatos hazai műtrágyázási gyakorlat elterjedéséhez.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A növények tápláltsági állapotának jellemzése

3.1.1. A harmonikus tápanyagellátás jelentősége a növénytermesztésben

Termesztett növényeink az esszenciális elemeket biológiai tulajdonságaiktól függő mennyiségben és arányban igénylik a vegetációs periódus során. Kiegyensúlyozott, optimális tápláltságról akkor beszélünk, ha a növényben minden tápelem az adott faj, ill. fajta specifikus igényeit kielégítő mennyiségben van jelen. Valamely tápelemmel való „kielégítő” ellátottság azonban más elem hiányán alapulhat, illetve az alacsony tápelemtartalom más tápelemekhez viszonyítva nem feltétlenül jelent hiányt. Ezt a jelenséget relatív tápelemhiánynak nevezzük (Kádár, 1992).

A tápanyagellátás a növények mennyiségi és minőségi termelésének sikerében becslések szerint mintegy 50-60 százalékban játszik szerepet (Buzás, 1983). A magasabb hozam elérésének egyik legfontosabb feltétele, hogy az ásványi tápelemeket az adott faj ill. fajta számára kielégítő mennyiségben biztosítsuk (Frageria et al., 1995). Hazai kukoricatermesztési kísérletekben a megfelelő növénytáplálás akár kb. 30-50 százalékban hozzájárult a termés növekedéséhez (Árendás et al., 1998). A kijuttatott tápelemek hatékonysága akkor a legnagyobb, ha az egyes tápelemek növénybeli koncentrációja a „kritikus” szinthez közeli, mert közel maximális terméshozamot ezen a ponton túlzott tápelemszintek nélkül érhetünk el (Frageria, 1992). Fontos tényezője ez a műtrágyázás gazdaságosságának is.

Az eltérő tápláltsági körülményekre kultúrnövényeink a legtöbb fejlődési stádiumban jól azonosítható, szignifikáns válaszreakciókat adnak (Bergmann, 1979; Frageria et al., 1995). Sárdi és munkatársai kukoricával végzett kísérleteiben bizonyosságot nyert, hogy a növények már fiatal korban jól mutatják a kiegyensúlyozatlan tápelem-ellátottság hatásait (Sárdi és Csitári, 1997; Sárdi 2000). Azaz már szántóföldi növényeink kezdeti táplálása meghatározó a későbbi vegetatív és generatív fejlődés, valamint a terméshozam szempontjából. A tápanyagellátásban ismeretes, hogy egy növény korai fejlődési stádiumában bekövetkezett alul- ill. túltáplálása irreverzibilis károsodáshoz vezethet, a kiegyensúlyozatlan tápláltság következtében pedig termésminőség romlással is számolni kell (Jolánkai, 1987; Kádár, 1992). A növények tápláltsági állapotát jelző mutatók fiatalkori alakulása előremutat, és következtetéseket enged levonni a termés mennyiségére és minőségére vonatkozóan egyaránt.

A tápelemek a növényi anyagcserefolyamatokban betöltött szerepükön kívül a morfológiára, a kémiai összetételre gyakorolt hatásukkal közvetve befolyásolhatják a növények genetikailag meghatározott toleranciáját ill. ellenállóképességét a különböző kórokozókkal és kártevőkkel szemben (Marschner, 1997). Több szántóföldi kultúrában bizonyítást nyert, hogy a diszharmonikusan táplált növények fogékonyabbak a betegségekre. A *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich [*Rhizoctonia bataticola* (Taubenhaus) E. J. Butler] kártételének súlyossága napraforgón (Sivaprakasam et al., 1975; Zazzerini et al., 1985) és aranybabon (Kantha és Nema, 1969; Indra és Grover, 1989) az aránytalanul magas nitrogénellátás hatására

fokozódik. Magas dózisban adott kálium mind lencsén (Sinha és Sinha, 2004) és aranybabon, mind napraforgón csökkentette a gomba kártételét.

Kádár és munkatársai már az 1970-es évektől végeztek olyan szabadföldi műtrágyázási modellkísérleteket, melyek bizonyították, hogy a főbb szántóföldi növényeinknél számszerű összefüggés áll fenn a tápláltsági állapot és a szárazanyag-produkció, az ásványi összetétel, a minőségi jellemzők, továbbá a gyomosodási viszonyok és a betegség-ellenállóság között. A kísérleti növények sorában minden fontosabb szántóföldi növényünk jelen van, köztük az őszi búza, a kukorica, a napraforgó, a repce, valamint a szója és a borsó is (Kádár és Elek, 1977; Kádár, 1980; Kádár, 1992).

Kultúrnövényeink kiegyensúlyozott tápanyagellátását tehát a megfelelő biomassza- és szárazanyag-produkció, a hozam és a termésminőség, valamint a termésbiztonság érdekében nem nélkülözhetjük (Jolánkai, 1987; Fageria, 1992; Kádár, 1992; Sárdi, 1995; Kamprath, 2000; Sumner, 2000).

Ahhoz, hogy termesztett növényeinket eredményesen és gazdaságosan táplálhassuk, fontos az optimális tápelemarányok és a tápelem-ellátottsági kategóriák határértékeinek minél pontosabb ismerete, hiszen a műtrágyaadagokat mindig a tényleges igényekhez igazodva kell kijuttatni (Sárdi, 1995). Kádár az 1990-es évek elején rámutatott, hogy a kiegyensúlyozott ill. harmonikus táplálás és a tápelem-egyensúly megőrzése a növénytáplálási és talajtermékenységi kutatások, valamint a szaktanácsadás központi kérdése lehet (Kádár, 1992).

3.1.2. A növények tápláltsági állapotát befolyásoló tényezők

A növények ásványi összetétele és a tápelemfelvétel dinamikája a trágyázás mellett nagymértékben függ a termőhelytől (klimatikus viszonyok, talajtulajdonságok), az alkalmazott agrotechnikától, a termesztett fajtától, valamint a tervezett hozamszinttől is (Frageria et al., 1995; Sárdi és Sisák, 1996; Kádár és Márton 1999). Az időjárás, az agrotechnika ill. a fajták genetikai jellemzőinek tápelemtartalom változást okozó hatásai az évjáráthatások, melyek gyakran nagyobbak, mint a trágyahatások (Sarkadi, 1996). A nagy szemterméseket hozó években azonos talajon és azonos kezelés esetén a tápelemhígulási effektus következtében általában alacsonyabbak a tápelem-koncentrációk a szemben, mint alacsony terméshozamú évjáratokban (Csathó, 1992).

Arnon (1975) kísérleti eredményei szerint a kukorica növények által felvett összes N, P és K mennyiségét jelentősen befolyásolta a talajban levő felvehető tápelemek mennyisége. Kádár (2005) hasonló következtetésre jutott borsó növényen végzett vizsgálatainak során.

Crozat és munkatársai (1992) megfigyelései szerint a talaj tömörítése csökkentette, az öntözés növelte a borsó növények tápelemfelvételét.

A növényben a tápelem-koncentrációk számottevően változnak a tenyészidő folyamán is, a növény korának előrehaladtával jellemzően csökkennek (Chapman, 1966; Epstein, 1972). Ez

a jelenség megfigyelhető például Crozat és munkatársai (1992) borsóval végzett kísérleteiben. Kádár és Márton (1999) megfigyelték, hogy a szója tápelemfelvétele többé-kevésbé követi a szárazanyag-felhalmozás ütemét. A szár tápelemtartalmának kifejezett hígulása mutatkozik a növekvő N-ellátással ill. terméssel, valamint a növény korának előrehaladtával is.

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

Attól függően, hogy mely növényi részt vizsgáljuk, szintén számottevő eltéréseket tapasztalhatunk a tápelem-koncentrációk tekintetében. Csathó (1992) a foszfor- és a kálium-hatás tanulmányozása során kukoricával folytatott kísérletek eredményeinek elemzésekor azt találta, hogy a 4-6 leveles korban vett gyökérminták foszfor- és kálium-koncentrációja kisebb volt, mint a föld feletti részeké. A N/P- és N/K-arány azonban ennek ellenére mindkét növényi részben közel azonos volt. Arnon (1975) szintén kukoricával végzett vizsgálatait azt mutatták, hogy a kálium növényen belüli eloszlása jelentősen eltért a nitrogén és foszfor növényi részek közti megoszlásától.

3.1.3. A tápláltságot jelző mutatók

A növények tápláltsági viszonyainak jellemzésére a növényben mérhető tápelem-koncentrációk és az ezekből számítható tápelemarányok szolgálnak. A tápelem-koncentráció, azaz az egységnyi szárazanyagra vonatkoztatott tápelemtartalom a tápláltság mennyiségi viszonyait jellemzi, és alkalmas annak diagnosztizálására, hogy növénytermesztési szempontból hiányos vagy elegendő-e a tápelemek mennyisége a termesztési közegben (Frageria et al., 1995).

Reuter és Robinson (1988) a tápelem-ellátottsági kategóriákat a következőképpen definiálják: Hiány: Tápelemhiány esetén látható hiánytüneteket tapasztalhatunk, amiket súlyos termés kiesés kísér. Kisebb mértékű hiánynál a tünetek ugyan nem jelennek meg (ez az ún. „rejtett éhség”), az anyagcserében azonban olyan változások mennek végbe, melyek hatására a termés csökkenése bekövetkezik.

Kritikus: Ha a növényben egy adott tápelem koncentrációja az alatt a szint alatt van, amelynél az elem pótlása pozitív hatással van a termés mennyiségére, a növény tápelem-ellátottsága kritikus.

Kielégítő: Kielégítően ellátott a növény akkor, ha az adott tápelem növénybeli koncentrációja abban a tartományban van, amelyen belül az elemtartalom növelésére termésnövekedés nem következik be, a növényben a tápelem koncentrációja viszont növekszik (ún. „luxusfogyasztás”).

Felesleg vagy toxikus: Mikor egy elem koncentrációja a növényben olyan magas, hogy a növény növekedésére és termésére negatív hatással van. Egy adott tápelem feleslege kiegyensúlyozatlan tápláltsági állapotot idézhet elő a többi tápelemre nézve, ami termés-csökkentő hatású.

Ha a növényben a tápelemek koncentrációi – ezáltal a tápláltság mennyiségi viszonyai – ismertek, azok egymáshoz viszonyított arányai a növény tápláltságának minőségét jellemzik (Buzás, 1983).

A tápelemarányok és a hozam összefüggésében a régóta ismert minimum-törvény (Liebig, 1840) érvényesül, tehát alacsony termésszínthez szinte bármely tápelemarány, míg nagy hozamhoz csak az optimum tartomány tartozhat, amit több tudományos kísérlet is alátámaszt. Kádár és Pusztai (1997) tenyészedényes kísérlete során kukoricanövényen végzett növényanalízis eredményei azt mutatják, hogy a maximális hozam eléréséhez 6 leveles korban 10 körüli N/P-, ill. 1 körüli N/K-arány szükséges. A 4-6 leveles kukoricanövény föld feletti részének tápelem-koncentrációi és -arányai Csathó (1992) kísérleteiben is jól jelezték a tápelem- (P- és K-) hiányt.

Kádár repcével végzett kísérletében beigazolódott, hogy a táp határok közt változó N/P-arányok érzékenyen jelezni képesek a nitrogén- és foszforellátás helyzetét. A növények csak kiegyensúlyozott N/P-aránynál folytatnak intenzív fotoszintézist, a két elemet meghatározott arányban használják fel a szerves anyagok felépítésére (Kádár, 2002).

Bár a tápelemarányok széles határok közt változhatnak, az optimum tartomány intervalluma a fő (NPK) tápelemeknél szűk, más elemek esetén valamivel tágabb lehet (Kádár, 1992).

A tápelemfelvétel – tápelem-akkumuláció (a tápelem-koncentráció és a szárazanyag-tömeg szorzata) a növény által talajból felvett tápelemek abszolút mennyiségét adja meg. A talajból történő tápelem-felvétel vizsgálatát teszi lehetővé, fontos információkkal szolgál a talaj feltöltése, termékenységének fenntartása vagy fokozása céljából, a hozam növelése érdekében (Frageria et al., 1995). Nem alkalmas ugyan közvetlenül a tápláltsági állapot jellemzésére, de nélkülözhetetlen információval szolgál a tápanyag-utánpótlás hosszabb távú tervezéséhez.

3.1.4. A tápláltsági állapotot jelző mutatók alkalmazása a gyakorlatban

A növények tápláltsági állapotáról diagnosztikai célú levél- ill. növényanalízissel nyerhetünk információt. Ennek során egyidejűleg több tápelem növénybeli koncentrációját határozzuk meg, és elvégezzük a tápelemarányok, tehát a kiegyensúlyozott tápláltság vizsgálatát. Az optimum tartományok határértékeinek ismerete lehetővé teszi a megalapozott beavatkozásokat a kívánt termés elérése érdekében (Kádár, 1992).

A tenyésztő folyamán nemcsak a tápelem-koncentrációk, hanem az elemek egymáshoz viszonyított arányai is módosulnak. Ez utóbbi változás azonban kevésbé gyorsan megy végbe, így a növények nyugalmi periódusaiban a tápelemarányok a koncentráció-változások ellenére akár heteken át közel állandóak maradhatnak. A tápelemarányok ilyenkor is alkalmasak a diagnózis felállítására, a megfelelő következtetések levonására (Kádár, 1992).

A helyes diagnózis szempontjából az adott növény számára optimális tápelemarányok ismerete és figyelembevétele tehát alapvető jelentőségű, és nagyban segítheti a növényanalízisre épülő trágyázási szaktanácsadás biztonságát (Sárdi, 1995; Kádár, 2002). A legtöbb szerző mégsem közöl külön tápelemarányokat, hiszen ezek a növényben mért

tápelem-koncentrációkból számíthatók, így viszonylag gyorsan hozzáférhető információval szolgálnak kultúrnövényeink tápláltsági állapotáról. Megbízhatóan jelzik a tápelem-ellátottságot és a várható termésszintet, valamint további előnyük, hogy alkalmazásuk többletköltséggel nem jár.

Ugyanakkor azonban a tápelemarányok önmagukban félrevezetők is lehetnek, hiszen valójában nem mások, mint a számláló és a nevező hányadosai, nem adnak tájékoztatást az elemek egységnyi szárazanyagra vonatkoztatott abszolút mennyiségéről (Sumner, 1978). Két elem kiegyensúlyozott aránya ugyanis fennállhat mindkét elem optima esetén, a két elem együttes hiányakor, illetve a két elem együttes túlsúlyakor egyaránt. Ezért a szaktanácsadásban elkerülhetetlen a tápelemek arányán kívül azok abszolút koncentrációinak figyelembe vétele.

A klasszikus határértékes módszer mellett a diagnózist a DRIS módszerrel (Beaufils, 1973) is felállíthatjuk, és választ kaphatunk arra, hogy a növény számára rendelkezésre álló tápelemek mennyisége milyen mértékben közelíti meg az optimum tartományt. Mivel a DRIS módszer a tápelemarányokat veszi alapul, a tápelemhígulási effektus kevésbé befolyásolja az eredményeket, mint a koncentrációk alapján felállított tápelem-ellátottsági kategóriák szerinti diagnózis esetén (Munson és Nelson, 1990).

3.1.5. Az értékelést szolgáló adatbázis, perspektívák

A növények igényeihez igazodni képes növénytáplálás alapvető feltétele azok tápláltsági állapotának számszerűsített ismerete. Ehhez szükséges, hogy az adott növekedési stádiumban jellemző tápelem-koncentrációkat ill. tápelemarányokat pontosan meghatározzuk. A termesztett növények egyes fejlődési stádiumokban jellemző hiányos, kielégítő és túlzott koncentráció intervallumait, azaz a tápelem-ellátottsági kategóriák határértékeit számos országban megállapították. A növények tápláltsági állapotáról nyert részletes információk a hozam és minőség jó indikátoraként szolgálnak, így segítségükkel a növényanalízis eredményei megfelelően értékelhetők, és a műtrágyázási szaktanácsadásban eredményesen hasznosíthatók (Sumner 1978, Wolf 1982).

A kultúrnövények tápláltsági állapotának számszerűsítésével, a nagy hozamhoz és jó termésminőséghez tartozó tápelem-koncentrációk és -arányok meghatározásával, valamint a tápelem-ellátottság diagnosztikai célú alkalmazásával sok neves hazai és külföldi szerző foglalkozott már (Reuter és Robinson 1988, 1997; Kádár 1992; Jones 1998; stb.). A megadott értékek köre azonban még nem teljes, a megbízható határértékek számos növényfajra, tápelemre, fejlődési stádiumra, növényi részre hiányoznak. Az egyes tápelem-ellátottsági kategóriákra megadott értékek nagy szórást mutatnak, olykor ellentmondásosak, sokszor nem követik egymást logikus rendben. Egy kategória felső határa egyes esetekben nem közelíti meg a következő kategória alsó határát, s néha rendkívül széles intervallumokkal is találkozhatunk (Balikó, 2004). További problémát jelent, hogy a leírt adatok sokszor hazánkétól eltérő éghajlati viszonyokra vonatkoznak, így korrekció nélküli alkalmazásuk Magyarországon téves eredményekhez vezethet.

A növények optimális tápláltsági szintjei fajonként adottak, élettani igényük tájanként és talajonként csak viszonylag szűk intervallumon belül ingadozhat (Elek és Kádár 1977, Sumner 1978), ezért az ésszerű növényi tápanyagellátásnak a növény igényeihez, a talaj tápanyagtartalmához és tápelem-szolgáltató képességéhez, és az egyéb termőhelyi viszonyokhoz kell igazodnia (Kádár, 1992; Csathó et al, 1998).

Az iparszerű mezőgazdasági termelésben az 1990-es években bekövetkezett változások – a szigorodó minőségi követelmények, a hatékonyság és a jövedelmezőség előtérbe kerülése, a káros környezeti hatások csökkentésének fontossága –, valamint rendkívül heterogén termőhelyi viszonyaink miatt nem lehet egyedüli lehetőségként a MÉM NAK (Antal et al., 1979) korábban általánosan elterjedt intenzív szaktanácsadási rendszerét alkalmazni (Németh et al., 2001; Gyetvai et al., 2007).

Jelenleg Magyarországon a szántóföldi növénytermesztés jövedelmezősége csökkenő tendenciát mutat, és a termelés költségeinek jelentős részét a tápanyagutánpótlás teszi ki (Árendás et al., 1998). Ennek is tulajdonítható a műtrágyahasználat csökkenése, amely a magyarországi talajok tápelem-mérlegének jelentős romlásához vezetett (Németh et al., 2001). Tudományos igényű, ökológiai szempontokat is figyelembe vevő, ésszerű műtrágyázási gyakorlattal a veszteségek részben elkerülhetők, és a környezet felesleges terhelése is megelőzhető (Kádár, 1992; Máté és Jolánkai, 2001).

Ezt az irányzatot követi az MTA TAKI – MTA MGKI új költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszere (Csathó et al., 1998), melyet több évtizedes hazai kísérletek eredményeinek feldolgozásával, a korábban alkalmazott rendszerek értékeinek megőrzésével és a hazai növénytermesztői igények szem előtt tartásával dolgoztak ki (Árendás et al., 1998).

Az új mezőgazdaság-fejlesztési koncepció a fenntarthatóságot, a minőséget, a nemzetközi versenyképességet, a reális ráfordítás-haszon elemzéseken alapuló tényleges hatékonyságot és jövedelmezőséget, valamint a környezet károsításának megelőzését szem előtt tartó intézkedéseket követel (Várallyay, 2005). A fenntartható mezőgazdasági fejlődés össztársadalmi érdek, megvalósítása az állam, a földtulajdonos és a földhasználó közös feladata (Kovács és Csathó, 2005).

A növények megbízható módon jelzik a diszharmonikus tápanyagellátást, így talajaink termékenységének megőrzése a műtrágyahasználat káros környezeti hatásainak elkerülésével csak időszerű növénytáplálkozási kísérletek eredményeire támaszkodva valósulhat meg. Ily módon számszerű adatokhoz jutunk, melyekkel lehetővé tesszük a tápláltsági állapot egzakt megítélését (Sárdi, 1995). A tápelemellátás hatékonyságának növelése is csak a fentiek szem előtt tartásával lehetséges.

3.2. A hüvelyes növények termesztésének jelentősége

A hüvelyes növények (elsősorban magjukért termesztett nagymagvú pillangósok) kiemelkedő jelentőségűek szántóföldi növényeink között. Magjuk és a teljes növény is fehérjében gazdag, ezért fontos szerepet töltenek be gazdasági állataink takarmányozásában, néhányuk pedig a humán táplálkozásban is (Ivány et al., 1994; Balikó et al., 2006). Magas biológiai értékük gazdag fehérje-, szénhidrát-, C-, B1-, B2-, D1-, D2-vitamin- és ásványianyag tartamukban rejlik (Nagy, 2000).

Úgy a háziállatok, mint az ember kiegyensúlyozott táplálkozásához elengedhetetlen a megfelelő fehérjeellátás. Az 1990-es években a növényi fehérjék emberi fogyasztásának népszerűsítésére nagy hangsúlyt fektettek, melynek hatására növekedésnek indult a hüvelyesek termőterülete hazánkban (Sági, 1997). A BSE kapcsán is felmerült a fogyasztói igény a növényi eredetű fehérjék takarmány-előállításban való fokozott alkalmazására, így téve lehetővé, hogy az állati eredetű fehérjehordozók, takarmánylisztek kiszoruljanak a takarmányozásból (Balikó, 2001). Az állati eredetű takarmányfehérjék növényi fehérjékkel való felváltása jelentős gazdasági előnyöket is hordoz, mivel 1 g állati fehérje 5-6 g növényi fehérje lekötését jelenti (Kralovánszky, 1975). A takarmányozásban a szükséges fehérjét többnyire szójával fedezik, a hazai állattenyésztés szójaellátása azonban csak importtal oldható meg (Andriská és Ponyi, 1989; Balikó et al., 2006).

Gyökérzetükön gümőképző baktériumok, *Rhizobium* fajok telepednek meg, melyekkel alkotott szimbiotikus együttélésük révén a légköri nitrogén hasznosítására képesek. Így gyarapítják a talaj szervesanyag, főként nitrogéntartalmát (Balikó és Kuszák, 1997). A fixált atmoszférikus nitrogén mennyiség nagyrészt fedezi a hüvelyesek N-igényét, valamint az utódnövény számára is jelentős mennyiségű, 20-25 kg/ha természetes N-t hagynak hátra a talajban (Ivány et al., 1994).

Gyökér- és tarlómaradványaik mellett, hogy gyarapítják a feltalaj tápanyagtartalmát, segítik a jó kultúrállapot kialakulását. Mélyre hatoló gyökérzetükkel lazítják a talajt, mobilizálják az altalaj tápanyagkészletét. Termesztésük további előnye, hogy dús lombozatuk a talajt árnyékolva akadályozza a felső réteg kiszáradását. Jó vetésforgó-növények, vetésváltásba illesztve növelik más kultúrnövények termésbiztonságát és hozamszintjét (Ivány et al., 1994). Összességében termesztésük növeli a gazdálkodás általános színvonalát. Gazdasági jelentőségük, hogy megfelelő termesztési körülmények mellett biztos és figyelemreméltó jövedelmet hoznak (Sági, 1997; Balikó et al., 2006).

A hüvelyes növények termőterülete a világon a 90'-es évek elején 90 millió hektár volt (Pepó és Sárvári, 1991). Napjainkban meghaladja a 150 millió hektárt, a világ össztermelése pedig 2007-ben 375 ezer tonna körül alakult (<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>). Magyarországon a hüvelyes növények vetésterületének 70-80 %-át a borsó és a szója teszi ki (Pepó és Sárvári, 1991).

3.2.1. Borsó (*Pisum sativum* L.)

A borsó (*Pisum sativum* L.) származására vonatkozóan jelen ismereteink szerint nem lehet egyértelműen nyilatkozni. Géncentrumát Vavilov (1926) Közép-Ázsiában határozta meg. Az emberiség egyik ősrégi termesztett növénye. Európában való bronzkori, vagy azt megelőző elterjedésének útja valószínűsíthetően Magyarországon vezetett keresztül (Mándy et al., 1980).

3.2.1.1. A borsó jelentősége, vetésterületének alakulása a világban és hazánkban

A világ szárazborsó termőterületének 50 %-a Ázsiában van (Csatári-Szűts és Komjáti, 1965). A XX. század elején meginduló urbanizáció és iparosodás világszerte a borsó fokozódó felhasználását eredményezte (Schüller, 1980). A II. világháború előtti évben vetésterülete a világon 5,8 millió ha volt, ami 1963-ra elérte a 13,8 millió ha-t. 1960 és 1980 között átlagosan 10 millió ha körül alakult (Szabó, 1980b).

Nagyobb arányú termesztése hazánkban a kiegyezés után kezdődött. 1908-ban az egész Osztrák-Magyar Monarchia területén 8400 ha-on termeltek szárazborsót, az össztermés alig haladta meg a 8200 tonnát. Az I. világháborút követően már 6-10 ezer ha-on termesztettek étekezési borsót hazánkban. A II. világháború alatt német megrendelésre nagy volumenben termeltünk. Az 1950-60-as években 42 ezer ha körül volt a hazai vetésterület (Schüller, 1980). A borsó össztermése Magyarországon 1961 és 1965 között 96 ezer tonna volt, 1976-ra pedig 61 ezer ha-nyi vetésterületen elérte a 126 ezer tonnát (Szabó, 1980b). Az 1990-es évek végéig a legnagyobb, jelenleg a második legnagyobb területen termesztett hüvelyes növény Magyarországon (<http://portal.ksh.hu>, <http://www.akii.hu>).

Termesztése kedvező adottságú, magas technológiai színvonalon termelő gazdaságokban lehet igazán eredményes (Bódis et al., 1982). Gazdaságos hazai termesztését egyes években az teszi bizonytalaná, hogy viszonyaink között a magkötés időszakában kedvezőtlenek a hőviszonyok; hol a száraz és meleg időjárás, hol a kedvezőtlen csapadékeloszlás okoz terméseszköket (Ács et al., 1980).

A borsó magtermésének élelmiszeripari felhasználása sokrétű, termesztési céltól függően beszélhetünk kifejtő-, velő- és cukorborsóról. Az állattenyésztésben fehérjetartalmú abrakarmányként is hasznosítják, de szalmájának jó beltartalmi értéke és magas fehérjetartalma miatt a tömegtakarmányozásban is szerepet kap (Ivány et al., 1994).

3.2.1.2. A borsó beltartalmi jellemzői és agroökológiai igénye

A borsómag átlagos nyersfehérje-tartalma 23 % körül alakul. A nyerszsírtartalom az érett magban 1,4 % körüli. A borsómag összes szénhidrátartalma a szárazanyag százalékában átlagosan 60 % (Csatári-Szűts és Komjáti, 1965).

A borsómagnak magas a C-vitamin tartalma, B1-, és B2-vitaminból azonban a többi hüvelyeshez viszonyítva kevesebbet tartalmaz. Emésztésgátló fitohemaglutinin (lektin)

tartalma hőre leomlik, így hőkezeléssel a kedvezőtlen táplálkozás-élettani hatás megszüntethető (Szabó, 1980c).

A borsó rövid, 80-100 napos tenyészidejű növény. A tenyészidő folyamán 1700-1800 °C hőösszeget igényel (Ács et al., 1980). Fejlődéséhez a mérsékelt meleg időjárás kedvező (Sárvári, 1991). Csírázása 2-3 °C-on megindul, de az egyenletes keléshez 6-8 °C-os talajhőmérsékletet igényel. A csírázás optimuma 25-30, maximuma 35 °C (Szabó, 1980a). Fejlődési küszöbértéke 4,4 °C. Optimálisan 15-18 °C-on fejlődik, az éréshez 18-20 °C-ot igényel. Átmenetileg -4~-7 °C-ot kibír, még virágzáskor is jól tűri a -1~-2 °C-os fagyokat (Ivány et al., 1994).

Közepes vízigényű növény, de fejlődése kezdetén érzékeny az egyenetlen vízellátásra (Nagy, 2000). A legtöbb csapadékra virágzáskor és hüvelykötéskor van szüksége. A tenyészidőszak végén kapott nagyobb vízmennyiség rontja a termésminőséget, és nehezíti a betakarítást (Ivány et al., 1994). Ha éréskor nem biztosított a száraz időjárás, a magok akár a hüvelyben is kicsírázhatnak (Szabó, 1980a). Emellett a tenyészidő meghosszabbodik, csökken a mag csírázóképesége (Nagy, 2000), valamint a szem:szalma arány a szalma irányába tolódik el (Sárvári, 1991).

Hazánk éghajlata főként hosszúnappalós fotoperiódusú fajták termesztésére alkalmas (Ivány et al., 1994). A rövid megvilágítás a vegetatív, a hosszú megvilágítás a generatív szervek fejlődésének kedvez (Nagy, 2000).

Szélsőséges talajok kivételével minden talajon megterem, ám biztonsággal leginkább jó víz-, levegő- és hőgazdálkodású, jó tápanyag-szolgáltató képességű, humuszban nem szegény közép-kötött vályogtalajokon termesztendő. Leginkább a csernozjom, a barna erdő és a humuszos homoktalajokat kedveli. Termesztéséhez a 7,5-8,0 közötti pH tartomány optimális, a savanyú talajokat rosszul tűri (Ács et al., 1980). Hazánkban kis vetésterületi aránya miatt biztosított a lehetőség arra, hogy jobb adottságú talajokon termesszük (Ivány et al., 1994).

Az előveteményre nem igényes, azonban a jó minőségű őszi mélyszántásra szüksége van. Olyan kultúra után tanácsos vetni, ahol ez biztosítható. A kukorica a hátrahagyott nagy mennyiségű szármaradvány miatt nem a legkedvezőbb előveteménye. Önmaga vagy más pillangós kultúra után négy évig nem termesztendő (Sárvári, 1991).

Korán lekerülő növény, légköri nitrogénkötő képessége miatt a talajt N-ben gazdagítja, jó kultúrállapotot hagy hátra. Két kalászos közé vetve a kedvező hatása jól érvényesül (Ivány et al., 1994). Kedvező elővetemény-hatása még a 2-3. évben is kifejezésre jut (Sárvári, 1991).

A borsó tápanyagigénye egységnyi magtermésre vonatkoztatva viszonylag magas. Nitrogénszükségletét azonban nagy százalékban légköri nitrogénkötés útján fedezi. A borsó a *Rhizobium leguminosarum* fajjal lép szimbiózisba (Görgényi, 1980), így 26-120 kg/ha atmoszférikus nitrogén megkötésére képes (Pozsár, 1980). Fejlődése első 4-5 hetében, míg az intenzív rhizóbiumos N-kötés meg nem indul, a talaj felvehető N-készletére van utalva. 40-60

kg/ha-nál nagyobb nitrogén-adagot azonban nem hasznosít. A mag tartalék tápanyagai hamar kimerülnek, ezért tápelemekkel gyengén ellátott talajon fiatal korban fejlődési zavarok léphetnek fel. A borsógyökér foszfor- és káliumfeltárási képessége jó. Hüvelyesek közül a borsó mészigénye a legmagasabb.

Fajlagos tápelem-igény (magnak természetve): N: 50 kg/t; P₂O₅: 17 kg/t; K₂O: 35 kg/t; CaO: 32 kg/t (Antal et al., 1987).

A borsóhajtásban magas nitrogén-, viszonylag alacsonyabb foszfor-, valamint aránylag magas kálium- és kalciumtartalom jellemző. A magban szintén magas a nitrogén- és közepes a foszfortartalom (Pozsár, 1980). A mikroelemek közül a borsó különösen a molibdén-, a mangán- és a bór-ellátottságra érzékeny (Sárvári, 1991).

Túlzott adagú nitrogén műtrágya kijuttatása akadályozza a gyökérgümők kialakulását. A megfelelő foszfor- és káliumellátás hatására növekszik a terméshozam (Ács et al., 1980).

Az elégtelen foszforellátás termés-csökkentő hatású, valamint kedvezőtlenül hat a Rhizobiumok szaporodására is.

A borsó viszonylag káliumigényes növény, a megfelelő káliumellátás növeli a szénhidrátképzést és a szárazságtűrő-képességet. Káliumhiány esetén romlik a szárszilárdság és akadályozottá válik a gyökérfejlődés (Puskás, 1985).

3.2.2. Szója (*Glycine max* (L.) Merrill)

A szója (*Glycine max* (L.) Merrill) évezredek óta emberi táplálék, az emberiség egyik legkorábban termesztett növénye. Kelet-Ázsiából származik (Ivány et al., 1994), elsődleges géncentruma Kína (Vavilov, 1951). Európába a XVIII. században került (Kurnik, 1962). Magyarországon a XIX. század végén Haberlandt Frigyes honosította meg. Kezdetben pótanyagként kezelték, csak kényszerből termesztették zsír- és fehérjehiány esetén, háborús időkben. Termesztése a háborúk után azonban mindig jelentősen visszaesett (Kurnik, 1976).

3.2.2.1. A szója jelentősége, vetésterületének alakulása a világban és hazánkban

Világviszonylatban a legnagyobb területen termesztett hüvelyes kultúrnövény. Jelentőségét elsősorban magas fehérjetartalmának köszönheti, de agronómiai és ökológiai pozitívumai sem hagyhatók figyelmen kívül (Balikó és Kuszák, 1997). Az 1950 és 1985 közötti időszakban a világ szójabab termelése több mint hétszeresére, vetésterülete 12 millióról 52 millió hektárra növekedett, az össztermelés 1985-ben meghaladta a 100 millió tonnát (Andriská és Ponyi, 1989).

Az állattenyésztés fehérjeigényének fokozatos növekedése miatt a hazai fehérjetakarmány-import 1974-re elérte a 300 ezer tonnát, 1975-ben 650 ezer tonna volt (Kralovánszky, 1975). Az import fehérjetakarmányok kiszorítására az 1970-es években próbálták először termesztésbe vonni a szóját, termesztését támogatásokkal is serkentették (Ivány et al., 1994). A közvetett fejenkénti szójafogyasztás (hús, tej, tojás formájában) ekkor elérte a 30 kg-ot (Kurnik, 1976). Az 1980-as évek 2. felében 50 ezer ha feletti szója termőterület volt hazánkban. Megfelelő fajtákkal, agrotechnikával és termőterületen ekkor már az egyik

legjobb eredményeket produkáló hüvelyesünk volt (Bódis et al., 1982). Az elmúlt néhány évtized bizonyítást ad arra, hogy az arra alkalmas tájörzetekben Magyarországon is lehet eredményes szójatermesztést folytatni (Balikó és Kuszák, 1997; Balikó et al., 2006). A 2000-es évek elejétől kezdve Magyarországon a legnagyobb területen termesztett hüvelyes növényünk (<http://portal.ksh.hu>, <http://www.akii.hu>).

A szója hazai termesztése ellen szól, hogy minősége (fehérje- és olajtartalom) nem éri el az ismert szójatermesztő régiókban (pl. az USA-ban) elért szintet. Termesztése a hazai klímaviszonyok közt egyesek szerint kissé bizonytalan (Andriska és Ponyi, 1989).

A szójafehérje jelentősége a humán táplálkozásban egyre nő, az élelmiszeriparban húsanalogok, pékáruk, salátaolaj előállítására használják. A takarmányozásban leggyakrabban zöldtakarmányként, illetve extrahált szójadaraként alkalmazzák (Andriska és Ponyi, 1989). 1997-ben a világ szójabab termelésének 70 %-át takarmányozásra, 30 %-át közvetlen emberi táplálkozásra használták fel, s akkori hivatalos becslések szerint 2020-ra az arány 50-50 %-ra változása várható (Balikó és Kuszák, 1997). Ezen felül zöldtrágyaként és ipari alapanyagként (festék-, papír-, textil- és gyógyszeripar) hasznosítható (Ivány et al., 1994).

3.2.2.2. A szója beltartalmi jellemzői és agroökológiai igénye

A szója nyersfehérje-tartalma 36-41 %, hazánkban átlagosan 38 %, ez azonban fajtától és évjáráttól is függ (Andriska és Ponyi, 1989). A szójafehérje esszenciális aminosav-összetétele kiegyensúlyozott. Kevés kén tartalmú aminosavat (cisztein, metionin), de több lizint tartalmaz a gabonafehérjékkel ellentétben, így a kétféle fehérje jól kiegészíti egymást (Sági, 1997). Olajtartalma általában 18-22 % között alakul (Andriska és Ponyi, 1989). Táplálkozás-élettani szempontból kedvező, hogy telítetlen zsírsavakban gazdag (Sági, 1997). Nyersrosttartalma 3,8-6,4 %, melynek 25-50 százaléka emészthető (Kurnik, 1976). Tápértékét magas szénhidráttartalom (30,1 %) jellemzi.

Vitaminokban, kalóriadús tápanyagokban, biológiailag aktív vegyületekben gazdag.

Táplálkozás-élettani szempontból hátrányos antinutritív anyagokat tartalmaz (tripszin-inhibitor, hemagglutinin, fitohemagglutinin, antivitamin faktorok, növekedésgátlók), ezek gátolják a táplálék-értékesülést, lassítják a fejlődő szervezetek növekedését. Áztatással, hőkezeléssel azonban az antinutritív hatás megszüntethető (Andriska és Ponyi, 1989).

80-150 napos tenyészidejű növény. Hazánkban leginkább a korai (0-s; 95-110 nap) és a középérésű (I-es; 110-130 nap) termesztésének van jelentősége (Ivány et al., 1994). Melegigényes növény, a tenyészidőszak folyamán 2200-2500 °C hőösszeget igényel (Kurnik, 1962; 1976). Csírázása 6-8 °C -on megindul, az egyenletes kelés 12 °C körüli talajhőmérsékleten biztosítható (Ivány et al., 1994). A tenyészidő elején 12-15 °C, virágzáskor 20-22 °C napi átlaghőmérsékletet kíván, hőigénye virágzás kezdetétől hüvelyesedés végéig a legnagyobb. A virágindukció és a hüvelyfejlődés idején 21-27 °C-os hőmérséklet kedvező; 10 °C alatt a virágfejlődés gátlódik (Sági, 1997). A tenyészidő végén a gyors vízleadás és beérés miatt száraz meleg időjárásra van szüksége (Szabó, 1987a). Fiatal korban a növény 6-7 °C-os rövid fagyot károsodás nélkül kibír (Kurnik, 1976).

A tenyészydőszak alatt 300-350 mm csapadékot igényel. A víz mennyiségére kevésbé érzékeny, mint annak eloszlására (Andriska és Ponyi, 1989). Csírázáshoz 60-80 % víztartalmat igényel (Kurnik, 1962). Legtöbb csapadékra a virágzáshoz van szüksége, olyan körzetekben termeszthető biztonsággal, ahol júniustól augusztus elejéig a csapadék mennyisége eléri a 180 mm-t. Virágzáskor és hüvelykötéskor a páradús, meleg mikroklímát kedveli, ha száraz a nyár, a termésbiztonság érdekében öntözni szükséges (Ivány et al., 1994; Balikó et al., 2006). Az érés időszakában kedvezőtlen a csapadékos időjárás, ilyenkor az állomány könnyen megdől, de a magok akár lábon is kicsírázhatnak.

Rövidnappalos növény, ezért virágindukcióját a 12 órát meghaladó nappalok gátolják (Sági, 1997).

A szója a talajjal szemben nem túlzottan igényes, de jó víz- és hőgazdálkodású üde, mély rétegű, tápanyagokkal megfelelően ellátott talajon nagyobb a termésbiztonsága, és bizonyos mértékig a klíma esetleges hiányosságai is kompenzálhatók (Ivány et al., 1994; Balikó et al., 2006). Kedvezőek a termékeny, meleg talajok, a szervesanyag-tartalom kevésbé befolyásoló tényező (Kurnik, 1962). Leginkább a csernozjom, és agyagbemosódásos, illetve Ramann-féle barna erdőtalajokat kedveli. A kémhatásra nem érzékeny, a gyengén savanyútól a gyengén lúgosig jól tűri. A túl laza talajszerkezet száraz, meleg időben; a tömődött, rosszul szellőző szerkezet csapadékos, hűvös időben hátrányos (Kurnik, 1976). Hazánkban annak ellenére, hogy magasabb termésszinttel hálálná meg, jobb talajokra ritkán kerül szója (Andriska és Ponyi, 1989).

Nagy vízfogyasztása, hosszú tenésziideje miatt a talaj vízkészletét kímélő növény után vessük. Kedvező gabonák, de nem szerencsés kapások után termesztani. A napraforgó a szójával egyező betegségek és herbicidek miatt sem kedvező előveteménye. Az USA-ban a kukorica-szója vetésváltás a jobb csapadékelátottság miatt lehetséges (Ivány et al., 1994). Kórtani okokból önmaga, és repce után ne kerüljön (Balikó és Kuszák, 1997).

Jó elővetemény, légköri N-kötése folytán 40-60 kg/ha N-t hagy vissza a talajban, melyet az utónövény hasznosít (Andriska és Ponyi, 1989). Talajzsaroló, későn lekerülő mivolta miatt őszi gabona előtt kevésbé kedvező.

A szója a tápanyagellátásra rendkívül igényes, termesztéséhez hektáronként 50-80 kg N, 70-80 kg P és 80-100 kg K tápanyagmennyiség ajánlott (Kurnik, 1962; 1976). N-szükségletének jelentős részét a levegőből rhizóbiomos N-kötéssel fedezi. A szója gümőképződésében a *Rhizobium japonicum* vesz részt (O. Kovács, 1987). A vetőmag rhizobiumos oltásával mintegy 15-25 % termésnövekedés érhető el (Balikó és Kuszák, 1997) azokon a területeken, ahol korábban oltott szóját nem termesztették. A kezdeti fejlődéshez azonban 50 kg/ha körüli N hatóanyag mennyiséget kíván. A tapasztalatok szerint rosszul hasznosítja a közvetlenül alá adott tápanyagokat, ellenben jól értékesíti az elővetemény tápanyagmaradványait (Ivány et al., 1994).

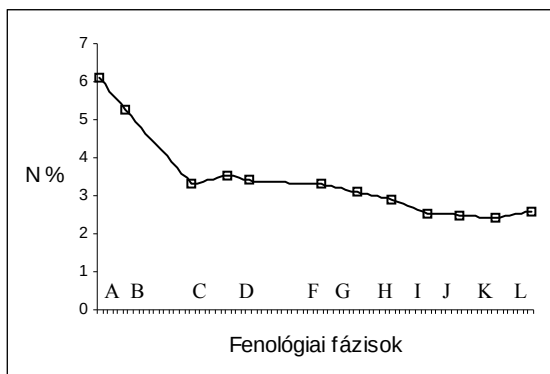
Fajlagos tápelem-igény: N: 62 kg/t; P_2O_5 : 37 kg/t; K_2O : 51 kg/t; CaO: 42 kg/t; MgO: 9 kg/t (Antal, 1999).

A szójahajtásban foszfor, kén és mangán, míg a magban foszfor, kálium, kalcium, kén és bór található nagy arányban. Fejlődésében a mikroelemek közül legnagyobb szerepet a mangán kap, megfelelő arányú jelenléte a gyökérgümők működéséhez elengedhetetlen (Szabó, 1987b).

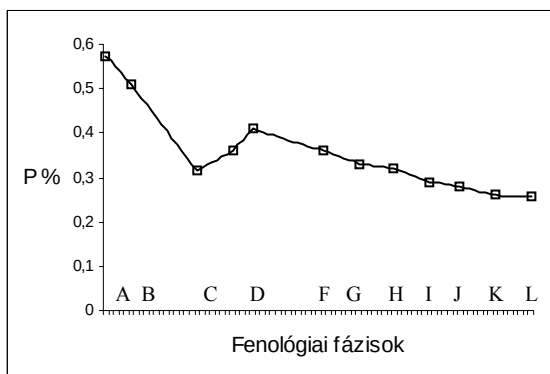
A bőséges, de harmonikus NPK, illetve N-ellátás fokozza a szója növekedését (Kurnik, 1976), növeli a magfehérjék mennyiségét, befolyásolja a szójafehérje minőségét (Zhang et al., 1997; Győri, 1999). A N-trágyázás csökkenti a gyökérgümők számát, méretét és N_2 -kötését. Még starterként is csak akkor növeli a termést, ha erősen N-hiányos a talaj, vagy nagy a C:N arány (Cattelan és Hungria, 1994). A nitrogén túladagolása virágelrúgást, rossz hüvelykötést, kitolódott érést, megdőlést, valamint erőteljesebb gyomosodást okoz (Balikó és Kuszák, 1997).

A szója P-igénye egységnyi területre vetítve nagy. Felvétele a vegetáció alatt növekvő, hüvelykötéstől szemfejlődésig a legnagyobb (Bódis és Kralovánszky, 1988). Egyoldalú, nagy adagú P-ellátás hatására növekvő szárszilárdság, rövidülő tenyészidő jellemző (Kurnik, 1976). Káliumfelvétele a vegetatív fejlődés időszakában maximális, a generatív szakaszban fokozatosan csökken, az érést megelőzően megszűnik (Bódis és Kralovánszky, 1988). Egyoldalú, nagy adagú K-ellátás esetén nő a szárszilárdság, csökken a tenyészidő, továbbá kisebb termés várható (Kurnik, 1976).

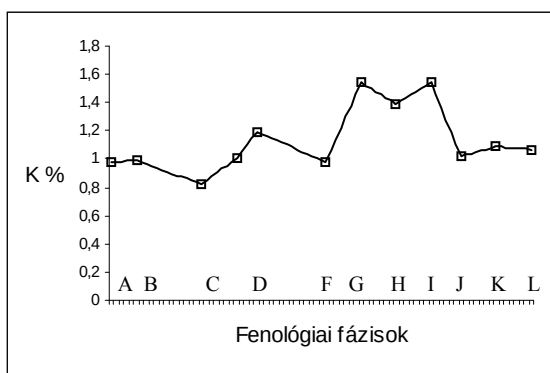
A szójajövény hajtásának nitrogén-, foszfor- és káliumtartalmában a tenyésztő során bekövetkező változásokat Kurnik (1976) ábráin (1-3. ábra) követhetjük nyomon:



1. ábra A szójahajtás N-tartalmának változása a tenyésztő alatt Kurnik (1976)



2. ábra A szójahajtás P-tartalmának változása a tenyésztő alatt (Kurnik, 1976)



3. ábra A szójahajtás K-tartalmának változása a tenyésztő alatt (Kurnik, 1976)

A Kelés
B Lomblevél megjelenése
C Elágazás
D Bimbósodás
E Virágzás kezdete
F Teljes virágzás

G Csúcsi fürt virágzás
H Teljes hüvelyesedés
I Levélsárgulás kezdete
J Teljes levélsárgulás
K Levélhullás vége
L Érés

3.3. A kísérletek során vizsgált makrotápelemek (NPK) bemutatása

3.3.1. A kísérletekben vizsgált makrotápelemek táplálkozás-élettani jelentősége

Nitrogén: Nem ásványi eredetű tápelem, de a növények ásványi formában veszik fel a gyökéren keresztül (Debreczeniné és Sárdi, 1999). Erős hajtás- és termésnövelő hatású (Tisdale et al., 1993). A biztosított N-forrás a fehérjeszintézis egyik fő feltétele (Loch, 1992). Különböző vegyületek (nukleinsavak, DNS, RNS) alkotója, ennek folytán az öröklődési folyamat nélkülözhetetlen eleme. A klorofill alkotóelemeként fontos szerepe van a fotoszintézisben is (Tisdale et al., 1993). A N a szerves vegyületekbe kizárólag redukált formában képes beépülni, a felvett NO_3^- egy része a xylemen át a hajtásba kerül, míg más része a szállítás egyes helyein NH_4^+ -ionná redukálódik (Mengel és Kirkby, 1982). A felvett NH_4^+ már a gyökérben felhasználódhat aminosavak és amidok képzéséhez (Debreczeniné és Sárdi, 1999).

Foszfor: Felvétele a talajoldatból savanyú közegből H_2PO_4^- ill. lúgos közegből HPO_4^{2-} formájában történik, melyek a növényben gyorsan szerves foszfáttá alakulnak (Mengel és Kirkby, 1982; Debreczeniné és Sárdi, 1999). Ennek a makroelemnek van a leginkább széleskörű szerepe az élő szervezetekben. Csaknem minden élettani folyamathoz szükséges (Debreczeniné és Sárdi, 1999). Megtalálható a fotoszintézisben, a légzésben, elsődleges szerepe van az energiaközvetítő és -átalakító anyagcsere-folyamatokban, fontos sejtalkotó vegyületek építőeleme, valamint szabályozó és örökítő vegyületek (DNS, RNS, ATP) alkotója (Loch, 1992; Tisdale et al., 1993; Debreczeniné és Sárdi, 1999). Megfelelő ellátottság mellett fokozott gyökérművekedést biztosít, segítve ezzel a tápelemek felvételét a talajból.

Kálium: K^+ -ion formájában a gyökéren keresztül veszik fel a növények (Mengel és Kirkby, 1982). Fontos szerepet játszik a szénhidrát-képződésben (Loch, 1992). Javítja a vízfelhasználás hatékonyságát, segíti a vízháztartást, az ozmotikus nyomás, és a turgorállapot fenntartását. Részt vesz a sejtmembránok permeabilitásának fenntartásában (Tisdale et al., 1993; Sárdi, 1993; Debreczeniné és Sárdi, 1999). Különböző anyagcsere-folyamatok több mint 80 enzimének aktivátora (Tisdale et al., 1993; Havlin et al., 2005). Fokozza a fagytürelést, valamint javítja a növény toleranciáját különféle stresszhelyzetekkel szemben (szárazság, sókoncentráció). Növeli a bakteriális, gomba- és vírusbetegségekkel szembeni ellenálló-képességet. Jelentős szerepet játszik a termésminőség alakulásában is (Loch, 1992; Debreczeniné és Sárdi, 1999).

3.3.2. A nitrogén-, foszfor- és káliumhiány látható tünetei

N-hiány: A klorózis az egész növényen, de többnyire először az idősebb leveleken jelentkezik (Bennett, 1996; Reuter és Robinson, 1997). A növények világos-sötétzöldek; a bazális levelek a csúcsból indulóan sárgulnak, száradnak (világosbarnán), majd lehullanak (Bennett, 1996). Az ágak rövidek és vékonyak. Gabonaféléknél csökken a bokrosodás és az oldalgyökér-képződés (Bergmann, 1979).

P-hiány: A növények sötét-kékeszöld színűvé válnak, a szár gyakran vörös-bíbor (Bennett, 1996). A tünet az alsó, idősebb leveleken jelentkezik először (Reuter és Robinson, 1997). A levélnyél és -erek szárazak, zöldesbarnák, részben fekete tónusúak; a száruk rövidek és vékonyak, törpe növekedés lép fel (Bennett, 1996). Gabonaféléknél csökken a bokrosodás. Hosszú vörösesbarna gyökerek fejlődnek, kevés oldalgyökérrel. Kitolódik a virágzás és az érés (Bergmann, 1979).

K-hiány: Kezdetben fonnyadás, fehér-fehéresbarna pontosodás tapasztalható a levélszél mentén, majd a levélsúctól és -széltől induló klorózis (Bergmann, 1979). Ezt követően barna, szürkés-vöröses vagy sötétbarna nekrotikus folt alakul ki, amely később felületszerűvé válik (Reuter és Robinson, 1997). Gyakran domborodó intercostalis mezőket figyelhetünk meg. A levelek elszáradnak, az idős levelek tömegesen elhalnak. A gyökerek megnyúlnak, sárgák, nyálkásak lesznek, kevés oldalgyökérrel (Bergmann, 1979). A K hiánya folytán gyengül a szár és fokozódik a betegségek iránti fogékonyság (Bennett, 1996).

3.3.3. A nitrogén, foszfor és kálium felesleg következményei és látható tünetei

N-felesleg: A N felesleg hátrányosan hat a növény növekedésére és a terméshozamra, túlzott hajtásnövekedés jelentkezik. A levelek erősen sötétzöld színűek lesznek, megnövekszik a méretük. Nagy sejtekből szivacsos, puha szövetállomány alakul ki, a növény kevésbé áll ellen a különböző kórokozóknak, kártevőknek (Bergmann, 1979, 1986). Végül levélklorózis és -nekrózis tapasztalható (Reuter és Robinson, 1997).

P-felesleg: Jellemzően érközi kloróziossal jár (Reuter és Robinson, 1997). Búzánál kezdetben a levelek lankadása látható, lóhere, szójabab, zab, árpa esetében szürkésfehér levélsúcs- és levélszélnekrózis pont vagy folt alakban (Bergmann, 1979, 1986). Indukálhat Zn-, Fe-, részben Ca-, B-, Cu- és Mn-hiányt (Bennett, 1996). Szabadföldi körülmények mellett nem jellemző (Bergmann, 1979, 1986).

K-felesleg: Hatására csökken a keményítő- és összes szárazanyag-tartalom a burgonyánál és a cukorrépánál. Lassul a növekedés, a leveleken „égés”, varasodás jelentkezhethet. Citrusféléken korai lombhullást okozhat. Mg- és Ca-hiányt idézhet elő. Szabadföldi körülmények között ritkán alakul ki (Bergmann, 1979, 1986).

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A kísérletek körülményei, alkalmazott tesztnövények és kezelések

2004 és 2006 között üvegházi tenyészedenyes valamint szántóföldi kisparcellás kísérleteket folytattunk borsó (*Pisum sativum* L.) és szója [*Glycine max* (L.) Merrill] növényekkel. A kísérletek ütemezését az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat A tenyészedenyes és szántóföldi kísérletek ütemezése

		Kísérlet típusa	
		Tenyészedenyes	Szántóföldi
Kísérleti növény	Borsó	2004	2005
		2005	2006
	Szója	2004	2004
		2005	2005

A kísérletek során a Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt. fajtáit alkalmaztuk, melyek jellemző tulajdonságai az alábbiak:

'Power' borsófajta: zöldmagvú étkezési szárazborsó
Állami elismerés éve: 2002
Fajtajogosult: Saatzucht H. Schweiger & CO.OHG (D)
Fajtaképviselő: Bóly Zrt.
Érés csoport: középérésű
Ezermagtömeg: 245-275 g
Termőképesség: 2,9-3,7 t/ha
Javasolt vetőmagmennyiség: 260-300 kg/ha
Javasolt vetési csíraszám: 1,0-1,1 millió csíra/ha
Fehérjetartalom: 18,9-24,4 %

Jó állóképességű, féllevélkés típusú fajta. Magja erősen zöld színű, tetszetős. Fehérjetartalma magas, étkezési célra és takarmánynak egyaránt alkalmas. (Fajtaajánlat 2003, Bóly Rt.)

'Boróka' szójafajta: Állami elismerés éve: 2001
Fajtajogosult: Bóly Zrt.
Érés csoport: korai érésű, 00 érés csoport
Tenyészidő: 105-110 nap
Ezermagtömeg: 150-170 g
Termőképesség: 2,5-3,5 t/ha
Javasolt vetési csíraszám: 530-580 ezer csíra/ha
Fehérjetartalom: 18,9-24,4 %

Középmagas, indeterminált növekedésű, kevésbé elágazó fajta. Hajtása vöröses szőrzettel fedett. Virága lila, hüvelye vörösesbarna, enyhén ívelt. Magja sárga, hosszúkás, lapított, a magköldök barna (<http://www.bolyrt.hu>).

Mind a tenyészedényes, mind a szabadföldi kísérleti talajok N-, P- és K-ellátottsági kategóriába sorolásakor a hazai intenzív műtrágyázási gyakorlatban évtizedekig általánosan alkalmazott MÉM NAK irányelveket vettük alapul (Antal et al., 1979; Debreczeni, 1979; Antal, 1999).

Mind a két kísérlet típusban és mindkét teszt növénynél ugyanazokat a kezeléseket állítottuk be. A trágyázatlan kontrollon kívül 10 különböző műtrágya-kombinációt alkalmaztunk lépcsőzetesen növekvő tápanyag-adagok kijuttatásával (2. táblázat).

2. táblázat A kísérletek során alkalmazott kezelések

Kezelések	NPK kombinációk		
Kontroll	N 0	P 0	K 0
1	N 0,5	P 0,5	K 0,5
2	N 1	P 0,5	K 1
3	N 0,5	P 1	K 0,5
4	N 1	P 1	K 1
5	N 2	P 1	K 2
6	N 1	P 2	K 1
7	N 2	P 2	K 2
8	N 4	P 2	K 4
9	N 2	P 4	K 2
10	N 4	P 4	K 4

Az egyszeres NPK műtrágyamennyiségek (N1, P1, K1) megválasztása a kísérleti talaj tápanyag-ellátottsága és a tervezett termésátlag (borsónál 3,5 t/ha; szójánál 3 t/ha) alapján (Antal, 1999) történt.

A tápanyagokat az alábbi egyszerű műtrágyákkal juttattuk ki:

- Péti só (27 % N)
- Szuperfoszfát (19 % P₂O₅)
- Káli só (60 % K₂O)

4.2. A tenyészedényes kísérletek előkészítése és beállítása

A tenyészedényes kísérleteket (4. ábra) a Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Növénytermesztési és Talajtani Tanszék Talajtani és Agrokémiai Tanszéki Csoportjának üvegházában 2004-ben állítottuk be mindkét növényvel, majd 2005-ben változatlan körülmények között megismételtük.



4. ábra Tenyészedény kísérletekben üvegházi körülmények közt nevelt borsó (1. kép) és szója (2. kép) növények

A növényeket egy Nagyrécse (Zala megye) környékéről származó agyagbemosódásos barna erdőtalajon neveltük. A kísérleti talaj legfőbb jellemzőit a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat A 2004-2005-ben végzett saját tenyészedényes borsó és szója kísérletek talajának agrokémiai jellemzői (agyagbemosódásos barna erdőtalaj; II. termőhelyi kategória; származási hely: Nagyrécse, Zala megye)

Talajtulajdonságok	
Fizikai féleség	agyagos vályog
Mintavétel időpontja	2003.11.04.
K_A	48
CaCO₃	0,34 %
pH H₂O	6,8
pH KCl	6,6
VK_{maximális}	41,71 %
Szerves C	1,78 %
Humusz /N-ellátottság	3,06 % /jó
AL-P₂O₅ /P-ellátottság	31,67 mg/kg /gyenge
AL-K₂O /K-ellátottság	134 mg/kg /gyenge

A tenyészedény kísérletek beállításakor az általánosan alkalmazott elveket követtük. A szántóföldi körülményekre javasolt NPK hatóanyag mennyiségek arányában, a középso értéket 100 mg-nak véve határoztuk meg az 1 kg talajba keverendő műtrágya mennyiségét (4. táblázat). Így az egyszeres N, P és K adagokban alkalmazott tápelemarányok a borsó (0,82 : 1 : 1,61) és a szója (0,5 : 1 : 1,07) számára biológiailag szükséges tápelemarányokhoz igazodnak. A további kezelések a fentiek szerint számított egyszeres NPK műtrágya adagok 0,5-, 1-, 2-, ill. 4-szeres mennyiségeinek kombinációi.

4. táblázat A tenyészedény kísérletekben alkalmazott egyszeres műtrágya hatóanyag mennyiségek

	Tenyészedényes	
	Borsó	Szója
	2004-2005	
N1	82 mg/kg talaj	50 mg/kg talaj
P1	100 mg/kg talaj	100 mg/kg talaj
K1	161 mg/kg talaj	107 mg/kg talaj

A kísérletek beállítása a szakirodalomban közölt alapelvek szerint történt (Giesecke, 1954; Krammer és Debreczeniné, 1962; Kádár, 1992).

A üvegházi kísérlek során a növényeket 6 kg talajt tartalmazó Mitscherlich típusú műanyag tenyészedényekben neveltük teljes érésig, kezelésenként 12 (lebontásonként 4) ismétlésben. A talaj szellőzőtségének biztosítására az edények alján ferde rétegben kavicsot helyeztünk el, melynek legmagasabb részéből Behrmann csövek segítségével biztosítottuk a levegőzést. A kavicsal egyúttal a tenyészedények tömegének kiegyenlítését is elvégeztük. Ezután történt a 6-6 kg légszáraz, átrostált talaj bemérése, melybe az előzetesen porított műtrágyákat egyenletesen bekevertük, majd fokozatos tömörítéssel a tenyészedényekbe töltöttük.

A szükséges (szója esetében Rhizobium japonicummal oltott) vetőmagot a Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt. bocsátotta rendelkezésünkre. A magok méretének megfelelően edényenként 25 darabot vetettünk 2-3 cm mélységbe. A kelés elősegítése érdekében a talaj felszínének nedvesen tartására azt szűrőpapír korongokkal borítottuk. Kelés után tőszámbeállítást végeztünk, tenyészedényenként 15 növényre. A vízellátást napi öntözéssel és heti egyszeri, a maximális vízkapacitás 70 %-ára történő súlyraöntözéssel biztosítottuk. A túl erős napsugárzás ellen a növényeket az üvegház tetején elhelyezett Raschel hálózattal árnyékkoltuk.

4.3. A szabadföldi kísérletek előkészítése és beállítása

A szántóföldi kisparcellás kísérleteket (5. ábra) a Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt. Vetőmagtermesztési és Kutatási Osztályának területén végeztük. 2004-ben szója növényvel állítottunk be kisparcellás (méret: 16 m²) kísérletet, amelyet 2005-ben megismételtünk. A szabadföldi borsó kísérletre (méret: 8 m²) és megismétlésére 2005-ben, ill. 2006-ban került sor.

A tenyészedény kísérletek beállítását követően nyílt lehetőségünk kisparcellás kísérletek végzésére, ezért a két kísérlet típusban alkalmazott talaj nem azonos. A kísérletek területe az egyes években a Bóly Zrt. más-más tábláján lett kijelölve, így a Bóly környékén jellemző csernozjom barna erdőtalaj tulajdonságai az egyes években/táblákon némileg különböztek (5. táblázat).



5. ábra Szántóföldi kisparcellás kísérletekben nevelt borsó (1. kép) és szója (2-3. kép) növények

5. táblázat A 2004-2006-ban végzett saját szántóföldi borsó és szója kísérletek talajának agrokémiai jellemzői a kísérletek három évében (csernozjom barna erdőtalaj; I. termőhelyi kategória; származási hely: Bólyi Gazdaság)

Talajtulajdonságok	2004 szántóföldi szója kísérlet (Bólyi Gazdaság Sz-17. tábla)	2005 szántóföldi borsó és szója kísérlet (Bólyi Gazdaság Sz-20. tábla)	2006 szántóföldi borsó kísérlet (Bólyi Gazdaság Sz-17. tábla)
Fizikai féleség	agyagos vályog	agyagos vályog	vályog
Mintavétel időpontja	2004.04.29.	2005.03.31.	2006.03.20.
K _A	44,2	47,6	39,0
CaCO ₃	0 %	2,21 %	1,67 %
pH H ₂ O	7,28	8,00	8,26
pH KCl	6,59	7,18	7,22
Szerves C	1,32 %	1,31 %	1,39 %
Humusz	2,27 %	2,25 %	2,40 %
AL-P ₂ O ₅	113,3 mg/kg talaj	540,0 mg/kg talaj	427,6 mg/kg talaj
AL-K ₂ O	184,9 mg/kg talaj	277,0 mg/kg talaj	295,8 mg/kg talaj
N-ellátottság	gyenge	gyenge	közepes
P-ellátottság	közepes	igen jó	igen jó
K-ellátottság	közepes	jó	jó

A szabadföldi kisparcellás kísérletek N1P1K1 kezelésénél a szakirodalomban 1 ha-ra javasolt műtrágya hatóanyag mennyiségeket területarányosan szórtuk ki (6. táblázat). A további kezelések itt is a számított egyszeres NPK műtrágya adagok 0,5-, 1-, 2-, ill. 4-szeres mennyiségeinek kombinációi.

6. táblázat A kísérletekben alkalmazott egyszeres műtrágya hatóanyag mennyiségek

Adag	Szabadföldi kísérlet, Bóly			
	Borsó		Szója	
	2005	2006	2004	2005
N1	101,5 kg/ha	87,5 kg/ha	102 kg/ha	102 kg/ha
P1	49 kg/ha	49 kg/ha	153 kg/ha	60 kg/ha
K1	101,5 kg/ha	101,5 kg/ha	156 kg/ha	126 kg/ha

Szántóföldi körülmények között kezelésként 3 ismétlést alkalmaztunk.

A tápanyagok kijuttatására a kereskedelemben kapható szemcsés/granulált műtrágya formát használtuk, a kimért mennyiségeket a helyszínen, közvetlenül kijuttatás előtt összekeverve kézzel szórtuk ki.

A kisparcellás kísérletekben a vetés és növényápolás az egyes években és növényfajokkal az 1. számú mellékletben megadott körülmények között történt.

A kísérletek randomizáltan, véletlen blokk elrendezésben kerültek beállításra. A szántóföldi kísérleteket a szakirodalomban leírt módszertani irányelvek szerint végeztük (Sarkadi, 1959; Lochow és Schuster, 1961; Pásztor, 1981; Kádár, 1992).

A kísérlet három évének meteorológiai adatait a 2. és 3. számú mellékletben, a kísérleti terület meteorológiai adatainak 13 éves átlagát a 4. mellékletben tüntettük fel.

4.4. Agronómiai, növényanalitikai vizsgálatok és a kiértékelés módszerei

Szem előtt tartva azt a tényt, hogy a növények tápláltsági állapotát jellemző mutatók (tápelem-koncentrációk, -arányok, felvett tápelemmennyiségek) időben változnak, a lebontásokat / mintavételeket három különböző fejlődési stádiumban végeztük. A választott időpontok a vegetációs periódus fontosabb szakaszait jellemzik (7. táblázat).

A borsónál a három vizsgált fejlődési stádium a négy nóduszos állapot, a virágzás kezdete, valamint a teljes érés voltak. A szójánál a terv szerint ugyanezen fejlődési stádiumokban történt volna a mintavétel, de a 'Boróka' szójafajta 4 nóduszos állapotban már virágzásnak indult, ezért beiktattunk egy újabb mintavételi időpontot. Így a szójánál a virágzás kezdetén, a hüvelytelítődés kezdetén, és teljes éréskor végeztük a lebontásokat, illetve vettünk mintát. A mintavételek időpontját a 5. számú melléklet tartalmazza.

7. táblázat A lebontások / mintavételek által jellemzett fejlődési stádiumok a 2004-2006-ban végzett saját tenyészedényes és szántóföldi kísérletek során

Kísérleti növény	Lebontások, mintavételi időpontok		
	1.	2.	3.
Borsó	4 nóduszos állapot	virágzás kezdete	teljes érés
Szója	4 nóduszos állapot (=virágzás kezdete)	hüvelytelítődés kezdete	teljes érés

A mintavétel módja kísérlet-típustól függően változott. A tenyészedény kísérletekben az egyes fejlődési stádiumokban kezelésenként 4-4 ismétlést teljesen lebontottuk, így 15 növény alkotott egy mintát. A szántóföldi kísérleteknél parcellánként 10 növényegyedből álló mintát vettünk. A mintavétel, valamint a minták laborvizsgálatokra való előkészítése a nemzetközileg elfogadott módszereknek megfelelően történt (Reuter és Robinson, 1997).

A kísérletek értékeléséhez a következő paraméterek meghatározását végeztük el:

Tenyészedény kísérletek

- növénymagasság (cm)
- zöldtömeg (g/edény)
- szárazanyag produkció (g/edény)
- termés hozam:
 - hüvelytömeg (g/edény)
 - hüvelyszám (db/edény)
 - magtömeg (g/edény)
 - magszám (db/edény)
- N-, P- és K-koncentráció (%)
- tápelemarányok (N/P, N/K, K/P)

Szántóföldi kísérletek

- növénymagasság (cm)
- zöldtömeg (g/minta)
- szárazanyag produkció (g/minta)
- termés hozam:
 - hüvelytömeg (g/minta)
 - hüvelyszám (db/minta)
 - magtömeg (g/minta)
 - magszám (db/minta)
 - nyerstermés (kg/parcella)
- N-, P- és K-koncentráció (%)
- tápelemarányok (N/P, N/K, K/P)

A növénymagasságot közvetlenül a lebontások előtt határoztuk meg. A tenyészedény kísérletekben az egyes edények növényállományának átlagos magasságát mértük, míg a szántóföldön parcellánként véletlenszerűen kiválasztott 10 egyed magasságának átlagát vettük.

A zöldtömeg meghatározása közvetlenül a mintavétel után történt.

A növénymintákat szárítószekrényben 60 °C-on súlyállandóságig szárítottuk, majd megmértük a száraztömeget.

Az egyes kezelések hüvely- és magszámát tenyészedényenként, illetve mintánként megszámoltuk, a hüvely- és magtömeget mérlegeléssel határoztuk meg. Szántóföldi körülmények között betakarítás után a parcellánkénti nyerstermés mérését is elvégeztük.

A növényvizsgálatokat 0,5 g szárított és őrölt növénymintából tömény kénsavas feltárást követően készített törzsoldatból végeztük (MSZ 08-1783/1:1983). Az első két lebontáskor a teljes föld feletti rész, míg a harmadik lebontáskor külön a hajtás és a mag tápelemtartalmát határoztuk meg.

Az összes nitrogéntartalom meghatározására a Kjeldahl módszert (MSZ 08-1783/6:1983) alkalmaztuk, 5 ml törzsoldatból vízgőzdesztillációval határoztuk meg a szárazanyag nitrogén-koncentrációját.

A növényi foszfor-koncentráció vizsgálatát spektrofotometriás módszerrel végeztük. 5 ml törzsoldatból a kénsavas ammónium-vanadát-molibdát reagens hozzáadásával képződött sárga színű foszfor-vanadát-molibdát komplex színintenzitását 430 nm-es hullámhosszon Zeiss Spekol-10 típusú spektrofotométerrel mértük, majd a kalibráció segítségével kiszámítottuk az oldatok foszfor-koncentrációját (MSZ 08-1783/4:1983).

A káliumtartalom meghatározására lángfotometriás eljárást alkalmaztunk. A tízszeresére hígított törzsoldatból Zeiss Flapho 4 típusú lángfotométerrel 766 nm-es hullámhosszon mértük a fényemissziót, majd a kalibráció alapján számítottuk ki a kálium-koncentrációt (MSZ 08-1783/5:1983).

A tápelem-koncentrációk alapján kiszámítottuk a tápelemarányokat.

Az eredmények statisztikai értékeléséhez Microsoft Excel és SPSS számítógépes program segítségével varianciaanalízist végeztünk (Fisher és Yates, 1957; Sváb, 1959; Sváb, 1973).

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

Kísérleti eredményeink értékelésekor a kezelt növényeknél mért értékeket szokásos módon a trágyázatlan kontrollhoz hasonlítottuk. Az elmúlt közel két évtized alatt a mezőgazdasági termelés finanszírozásában bekövetkezett változások, valamint a környezeti értékek megtartására irányuló fokozódó igény miatt indokoltnak láttuk a vizsgálati eredményeket a MÉM NAK (Antal et al., 1979) ajánlás szerinti N1P1K1 műtrágya-kombinációval is összevetni.

5.1. A borsóval végzett kísérletek eredményei

5.1.1. Tenyészedényben nevelt borsó vegetatív mutatói és terméshezama

A vegetatív paraméterek alakulását tekintve jelentős eltéréseket tapasztaltunk a kísérlet két évében. 2004-ben a borsó növények magassága, zöldtömege és szárazanyag produkciója (8. táblázat) jelentős ingadozást mutatott mindhárom vizsgált fejlődési stádiumban. A 2005-ös évben lényegesen kiegyenlítettebbek voltak az eredmények. A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva statisztikailag igazolhatóan magasabb értékeket kaptunk a műtrágyával kezelt növények esetén. Az egyes kezelések közti eltérések azonban kisebbek voltak, mint az előző évben.

A tenyészedényben nevelt borsó növények kizárólag a legmagasabb P-szinten tudtak mindkét évben a kontrollnál, valamint a MÉM NAK (Antal et al., 1979) irányelvek szerint javasolt N1P1K1 műtrágya-kombinációnál szignifikánsan nagyobb hozamot elérni (9. táblázat). A legmagasabb hüvelytömeg, hüvelyszám, magtömeg és magszám értékeket 2004-ben és 2005-ben egyaránt a N4P4K4 kezelésben kaptuk. A kísérlet első évében az N1P0,5K1 kezelés kiemelkedően – mind a kontrollnál, mind a N1P1K1 kezelésnél – igazolhatóan magasabb termésmennyiséget produkált. Ez a kiugróan magas érték adott évben nemcsak a terméshezamban, hanem a szárazanyag produkción is jelentkezett. Ugyanez a kezelés 2005-ben nem adott ilyen szembetűnően magas hozamot. A trágyázatlan kontrollnál, valamint N1P1K1 kezelésnél ekkor is nagyobb termésmennyiséget produkált, de azoktól szignifikánsan nem tért el.

8. táblázat Tenyészedényben nevelt borsó vegetatív paramétereinek alakulása 2004-2005-ben végzett saját kísérletekben

2004									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	Növény- magasság	Zöldtömeg	Szárazanyag produkció	Növény- magasság	Zöldtömeg	Szárazanyag produkció	Növény- magasság	Zöldtömeg	Szárazanyag produkció
	(cm)	(g/ edény)	(g/ edény)	(cm)	(g/ edény)	(g/ edény)	(cm)	(g/ edény)	(g/ edény)
Kontroll	13,00	18,66	1,83	35,67	46,64	7,40	48,33	41,40	12,45
N0,5P0,5K0,5	14,33	22,77	2,43	37,00	55,34	7,96	52,33	40,95	14,05
N1P0,5K1	14,33	23,69	2,57	36,00	58,88	8,10	53,50	48,58	16,29
N0,5P1K0,5	12,67	20,13	2,25	37,17	57,31	8,22	48,50	36,34	11,88
N1P1K1	11,17	18,29	2,17	34,00	53,75	7,26	50,50	38,71	12,40
N2P1K2	12,17	18,29	2,20	36,83	59,97	7,40	52,33	21,62	13,81
N1P2K1	15,50	23,16	2,52	39,33	60,18	7,53	47,33	13,67	11,58
N2P2K2	14,17	21,03	2,40	39,00	67,63	8,28	47,17	13,56	10,90
N4P2K4	10,61	15,15	1,80	35,83	58,85	6,97	46,50	17,01	13,56
N2P4K2	12,11	20,54	2,43	33,67	59,73	7,14	48,00	29,22	14,22
N4P4K4	12,67	21,16	2,37	39,83	74,71	8,71	47,00	21,66	15,84
SzD_{5%}	1,64	4,10	0,39	2,25	7,06	1,02	3,06	5,35	1,05
2005									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	Növény- magasság	Zöldtömeg	Szárazanyag produkció	Növény- magasság	Zöldtömeg	Szárazanyag produkció	Növény- magasság	Zöldtömeg	Szárazanyag produkció
	(cm)	(g/ edény)	(g/ edény)	(cm)	(g/ edény)	(g/ edény)	(cm)	(g/ edény)	(g/ edény)
Kontroll	11,17	15,63	1,32	44,33	43,74	6,49	51,00	27,18	13,09
N0,5P0,5K0,5	13,00	20,10	1,57	52,67	66,77	8,50	59,33	41,89	16,76
N1P0,5K1	12,50	19,30	1,60	56,33	66,67	9,09	64,33	49,33	15,76
N0,5P1K0,5	13,00	20,65	1,72	57,00	66,63	8,59	60,00	48,50	15,63
N1P1K1	13,33	18,61	1,54	54,33	65,27	9,25	63,67	50,08	17,72
N2P1K2	12,33	18,74	1,50	59,67	70,13	8,58	67,67	48,76	18,87
N1P2K1	13,50	19,74	1,54	56,00	72,71	9,57	65,67	52,46	17,45
N2P2K2	13,50	20,55	1,74	56,00	75,44	10,66	63,00	62,53	19,74
N4P2K4	11,50	16,69	1,46	57,33	77,22	9,99	65,33	55,06	18,34
N2P4K2	13,83	22,22	1,87	58,00	78,80	9,98	60,33	52,51	19,81
N4P4K4	12,33	19,47	1,71	60,33	81,88	10,84	57,67	48,20	21,29
SzD_{5%}	0,45	0,83	0,08	4,98	4,64	1,12	6,43	9,98	2,76

9. táblázat Tenyészedényben nevelt borsó hozamparamétereinek alakulása 2004-2005-ben végzett saját kísérletekben

Kezelés	2004				2005			
	Hüvelyszám	Hüvelytömeg	Magszám	Magtömeg	Hüvelyszám	Hüvelytömeg	Magszám	Magtömeg
	(db/ edény)	(g/ edény)	(db/ edény)	(g/ edény)	(db/ edény)	(g/ edény)	(db/ edény)	(g/ edény)
Kontroll	3,00	0,32	1,00	0,12	7,00	2,42	7,67	2,23
N0,5P0,5K0,5	3,50	1,06	4,00	0,63	3,00	1,57	5,00	1,29
N1P0,5K1	6,33	1,90	6,33	1,39	6,00	2,62	9,33	1,84
N0,5P1K0,5	3,67	1,04	4,33	0,77	6,67	3,39	10,67	2,80
N1P1K1	3,00	0,59	2,50	0,30	5,00	2,52	8,33	2,02
N2P1K2	3,00	0,97	4,00	0,69	5,00	1,97	9,33	1,48
N1P2K1	3,33	0,95	4,67	0,71	7,67	3,41	11,67	2,80
N2P2K2	4,50	1,41	6,00	1,06	5,33	1,86	7,33	1,42
N4P2K4	3,33	1,18	5,67	0,86	7,33	2,19	12,67	1,49
N2P4K2	4,00	1,73	7,33	1,35	9,67	3,73	14,33	2,97
N4P4K4	7,00	2,05	8,67	1,53	13,33	4,30	18,00	3,44
SzD_{5%}	2,434	1,103	3,912	0,908	2,954	1,271	4,390	1,086

5.1.2. Tenyészedényben nevelt borsó tápelem-koncentrációi (NPK)

A tenyészedényben nevelt borsó tápelem-koncentrációit (10. és 11. táblázat) vizsgálva általánosan jellemző, hogy a kijuttatott tápanyag mennyiségek jól visszatükröződnek a kapott koncentráció-értékekben. Egyes vizsgálati eredményekben megfigyelhető azonban a tápelem kölcsönhatások növényi tápelemfelvételre gyakorolt befolyása is.

A kontrollhoz képest minden műtrágya-kombináció szignifikánsan megnövelte a borsóhajtásban mérhető N-koncentrációt mindhárom vizsgált fejlődési stádiumban. A magtermés N-koncentrációja kizárólag az N0,5-ös szinten, 2005-ben nem ért el a kontrollnál igazolhatóan magasabb értéket. A N-koncentráció mindkét évben és mindhárom vizsgálati időpontban a kijuttatott műtrágya hatóanyag mennyiségeknek megfelelően alakul. Az egyes N-szinteken azonban megfigyelhető a N-P antagonizmus módosító hatása.

A borsó növények P-koncentrációját vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a kontrollhoz képest szignifikáns különbség leginkább a magasabb P-szinteken 1:2:1 és 1:1:1 N:P:K arány mellett volt kimutatható. Az eredmények alakulásában természetesen jelentős szerepet játszik a kijuttatott hatóanyagok mennyisége és aránya. Ezt módosítja azonban a N-P antagonizmus, valamint a K-P szinergizmus tápelem-elvételre gyakorolt együttes hatása, ami az egyes P-szinteken jól megfigyelhető.

A vegetatív mutatókhoz hasonlóan a borsóhajtás K-koncentrációjának alakulásában is jelentős különbségeket találtunk a két kísérleti év között. A 2004-es eredményeken tapasztalható nagy ingadozások 2005-ben nem jelentkeztek. A kontrollhoz viszonyítva ekkor minden kezelés esetén nagyobb K-koncentrációt mértünk, és ezek a különbségek statisztikailag igazolhatóak. A termésben mért K-koncentráció a magasabb adagú kezeléseknél a trágyázatlan kontrollhoz képest mindkét évben szignifikánsan magasabb volt. A kijuttatott hatóanyag mennyiségek közvetlenül érvényesülnek az eredményekben, azonos K adagok mellett azonban a növekvő P-szinteken mért értékekből jól látszik a K-P szinergizmus jelentős hatása is.

10. táblázat Borsóhajtás N-, P- és K-koncentrációjának alakulása a kezelések hatására 2004-2005-ben végzett saját tenyészedény kísérletekben

2004									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	1,90	0,17	1,58	2,81	0,19	2,21	2,02	0,23	1,52
N0,5P0,5K0,5	2,18	0,16	1,60	3,26	0,19	1,64	2,73	0,22	1,88
N1P0,5K1	2,12	0,14	1,72	4,25	0,22	1,57	3,10	0,17	1,91
N0,5P1K0,5	2,22	0,17	1,54	3,60	0,25	1,63	2,85	0,23	1,86
N1P1K1	2,19	0,16	1,47	4,38	0,27	1,62	3,45	0,24	2,12
N2P1K2	2,20	0,16	1,65	4,73	0,25	2,59	4,55	0,22	2,52
N1P2K1	2,24	0,19	1,88	4,69	0,35	2,48	3,70	0,32	2,25
N2P2K2	2,34	0,19	2,04	4,68	0,31	3,05	4,28	0,27	2,64
N4P2K4	2,28	0,15	1,61	5,05	0,27	3,66	5,13	0,22	3,49
N2P4K2	2,07	0,17	1,71	4,59	0,39	3,23	4,32	0,32	2,89
N4P4K4	2,15	0,17	2,07	4,85	0,33	3,83	4,40	0,29	3,71
SzD_{5%}	0,125	0,016	0,223	0,215	0,024	0,267	0,351	0,021	0,262
2005									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	2,82	0,20	2,31	2,85	0,20	2,30	2,51	0,15	1,77
N0,5P0,5K0,5	3,06	0,20	2,84	3,86	0,23	3,51	3,45	0,21	2,25
N1P0,5K1	2,99	0,19	2,72	4,30	0,22	3,11	4,02	0,18	2,91
N0,5P1K0,5	3,00	0,20	2,87	4,04	0,29	3,67	3,20	0,22	2,86
N1P1K1	2,98	0,20	2,74	4,42	0,23	3,49	3,70	0,19	3,05
N2P1K2	3,21	0,21	2,74	3,97	0,26	3,82	4,09	0,20	3,27
N1P2K1	3,17	0,24	2,97	3,83	0,32	3,90	3,54	0,25	3,48
N2P2K2	3,08	0,22	2,87	4,39	0,30	3,84	4,55	0,26	3,27
N4P2K4	3,13	0,20	2,74	4,78	0,26	3,67	4,22	0,22	4,09
N2P4K2	2,98	0,24	2,94	4,44	0,42	4,42	3,73	0,27	3,99
N4P4K4	3,03	0,21	2,74	4,60	0,37	3,86	3,57	0,19	3,52
SzD_{5%}	0,117	0,010	0,120	0,270	0,043	0,459	0,506	0,036	0,475

11. táblázat Borsómag N-, P- és K-koncentrációjának alakulása a kezelések hatására 2004-2006-ban végzett saját tenyészedenyes, valamint szántóföldi kisparcellás kísérletekben

Tenyészedenyes kísérletek						
	2004			2005		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	2,72	0,32	1,00	3,92	0,33	0,86
N0,5P0,5K0,5	3,98	0,36	0,77	4,35	0,33	0,92
N1P0,5K1	4,70	0,34	0,86	5,37	0,37	1,18
N0,5P1K0,5	4,59	0,42	0,97	4,35	0,38	1,00
N1P1K1	4,63	0,52	1,01	5,21	0,41	1,18
N2P1K2	5,54	0,49	1,35	5,56	0,47	1,48
N1P2K1	5,28	0,64	1,44	4,93	0,50	1,10
N2P2K2	5,42	0,50	1,38	5,00	0,53	1,29
N4P2K4	5,26	0,34	1,31	6,07	0,51	1,76
N2P4K2	5,08	0,54	1,22	5,02	0,53	1,27
N4P4K4	5,48	0,49	1,41	5,53	0,46	1,44
SzD _{5%}	0,336	0,072	0,164	0,420	0,072	0,236
Szántóföldi kisparcellás kísérletek						
	2005			2006		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	5,27	0,48	1,05	3,41	0,49	1,30
N0,5P0,5K0,5	5,35	0,46	1,12	3,43	0,49	1,31
N1P0,5K1	5,37	0,44	1,10	3,66	0,50	1,28
N0,5P1K0,5	5,60	0,45	1,15	3,26	0,45	1,23
N1P1K1	5,24	0,47	1,16	3,44	0,46	1,26
N2P1K2	5,51	0,40	1,02	3,76	0,46	1,21
N1P2K1	5,40	0,42	1,11	3,52	0,47	1,24
N2P2K2	5,59	0,43	1,13	3,30	0,46	1,23
N4P2K4	5,56	0,46	1,06	4,08	0,42	1,12
N2P4K2	5,63	0,40	1,11	3,75	0,48	1,22
N4P4K4	5,76	0,38	1,07	4,06	0,46	1,16
SzD _{5%}	0,398	0,024	0,064	0,324	0,040	0,056

A borsóval végzett tenyészedenyes kísérletek 1./2. évében a kiegyensúlyozottnak tartott N1P1K1 kezelésben mért

N-koncentráció	4 nóduszos állapotban	2,19/2,98 %,	virágzás kezdetén	4,38/4,42 %,
	teljes éréskor a hajtásban	3,45/3,70 %,	a magban	4,63/5,21 %;
P-koncentráció	4 nóduszos állapotban	0,16/0,2 %,	virágzás kezdetén	0,27/0,23 %,
	teljes éréskor a hajtásban	0,24/0,19 %,	a magban	0,52/0,41 %;
K-koncentráció	4 nóduszos állapotban	1,47/2,74 %,	virágzás kezdetén	1,62/3,49 %,
	teljes éréskor a hajtásban	2,12/3,05 %,	a magban	1,01/1,18 %.

5.1.3. Szántóföldön nevelt borsó vegetatív mutatói és termés hozama

A szántóföldi körülmények között nevelt borsó növénymagasságát, zöldtömegét és szárazanyag termelését (12. táblázat) tekintve a két kísérleti évben eltérő eredményeket kaptunk. Szignifikáns különbséget mindkét évben csak egyes kezelések között tudtunk kimutatni. A virágzás kezdetén és teljes éréskor a vegetatív paraméterek értékein már nem jelentkezett a két év közti különbség. Megfigyelhető volt a nagyobb adagú kezeléseknél a trágyázatlan kontrollhoz viszonyított szignifikáns növekedés mindkét vizsgált fejlődési stádiumban.

A termést jellemző paraméterek (13. táblázat) mindkét kísérleti évben hasonló eredményt hoztak. 2005-ben a hüvelyszám, a hüvelytömeg, a magszám és a magtömeg a 4-szeres adagú kezeléseknél (N4P2K4, N2P4K2, N4P4K4) statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint a trágyázatlan kontrollnál, valamint a N1P1K1 kezelésnél. 2006-ban csak a 4-szeres N és K adagot kapott parcellákon mértünk a kontrollnál és a N1P1K1 kezelésnél szignifikánsan magasabb termést.

A szántóföldi kisparcellás kísérletekben az 1. évben

a N1P0,5K1 kezelésnél	43,55 g,
a N0,5P1K0,5 kezelésnél	34,55 g,
míg a N1P1K1 kezelésnél	36,18 g ($SzD_{5\%} = 11,08$);

a 2. évben

a N1P0,5K1 kezelésnél	64,07 g,
a N0,5P1K0,5 kezelésnél	77,95 g,
míg a N1P1K1 kezelésnél	65,42 g ($SzD_{5\%} = 23,44$) hüvelytömeget mértünk.

A parcellánkénti nyertermés alakulása tendenciájában azonos a vett növénymintákon mért hozamokkal, statisztikailag igazolható különbség a kontrollhoz képest azonban csak 2006-ban, a minimum 1-szeres NK adagok mellett volt kimutatható.

A 2005-ös év meteorológia viszonyai (2. melléklet) a tenyészidőszakban nem mondhatók optimálisnak a borsó számára, a Power fajta mégis minden kezelésben hozta a termőképessége (lásd 21. oldal) alapján elvárható 2,9-3,7 t/ha-os termésátlagot (6. ábra). A legrosszabb termést adó kezelésben (N0,5P1K0,5) 2,85, a legjobban teljesítő parcellában (N2P4K2) 3,74 t/ha termést produkált. A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva a kezelések hatására statisztikailag igazolható eltérés nem mutatkozott, és az egyes kezelések között sem volt szignifikáns különbség.

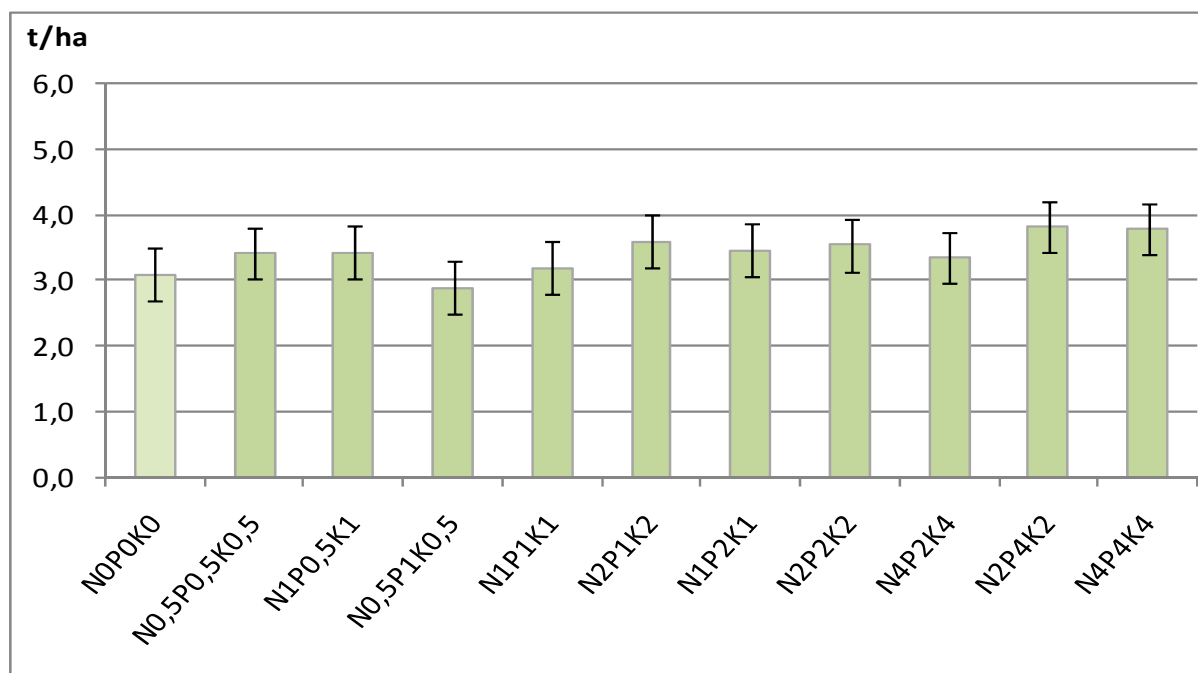
A 2006-os, meteorológiaiailag a borsó számára kedvezőbb évben (2. melléklet) a fajta hozama (7. ábra) a kontroll és a N0,5P1K0,5 kezelés kivételével jelentősen, 4,9-30,8 százalékkal meghaladta a várható szint maximumát. A kontrollhoz képest szignifikáns hozamnövekedést tapasztaltunk a N0,5P0,5K0,5, a N0,5P1K0,5, valamint a N2P1K2 kezelések kivételével minden műtrágyakombináció hatására.

12. táblázat Szántóföldön nevelt borsó vegetatív paramétereinek alakulása 2005-2006-ban végzett saját kísérletekben

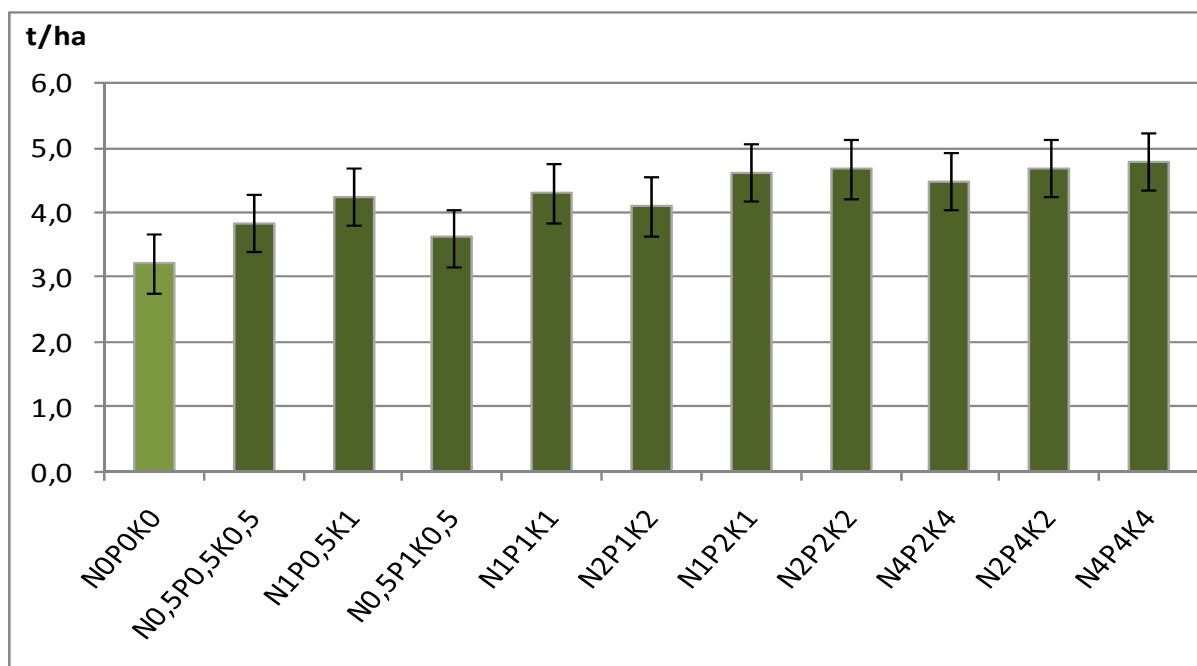
2005									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Szárazanyag produkción (g/ minta)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Szárazanyag produkción (g/ minta)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Szárazanyag produkción (g/ minta)
Kontroll	7,30	14,43	1,82	51,07	144,20	22,07	56,73	74,71	66,60
N0,5P0,5K0,5	7,54	15,80	1,95	52,73	133,27	20,60	54,33	78,03	67,07
N1P0,5K1	7,75	16,63	2,07	53,13	167,00	25,73	58,47	76,51	66,73
N0,5P1K0,5	7,78	15,53	1,91	51,00	152,13	23,00	54,13	68,84	59,40
N1P1K1	7,50	16,67	2,03	52,83	154,20	22,73	57,73	66,79	61,60
N2P1K2	7,53	16,47	2,10	52,50	176,73	26,00	59,47	73,03	68,07
N1P2K1	7,59	18,07	2,22	54,57	165,20	24,80	60,07	87,37	73,73
N2P2K2	7,82	16,60	2,13	56,03	190,33	29,13	62,13	64,02	68,60
N4P2K4	6,89	16,23	2,17	54,17	169,13	26,87	57,67	100,79	90,93
N2P4K2	7,61	16,30	2,09	54,93	192,53	28,07	64,27	93,44	86,93
N4P4K4	7,12	15,10	1,98	54,33	179,40	27,00	63,13	105,36	90,80
SzD_{5%}	0,42	1,57	0,22	3,00	39,48	4,93	4,22	18,66	14,28
2006									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Szárazanyag produkción (g/ minta)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Szárazanyag produkción (g/ minta)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Szárazanyag produkción (g/ minta)
Kontroll	12,10	30,89	4,12	49,73	175,33	26,95	59,33	119,75	95,85
N0,5P0,5K0,5	13,73	30,53	3,93	50,87	185,07	28,74	60,93	106,13	90,20
N1P0,5K1	13,13	31,48	4,15	52,80	208,13	32,10	63,93	119,35	94,97
N0,5P1K0,5	13,15	32,32	4,22	51,93	199,87	30,17	63,53	133,83	113,93
N1P1K1	13,03	31,31	4,15	52,20	203,67	30,08	62,73	115,09	96,95
N2P1K2	13,07	32,31	4,27	53,20	218,07	32,41	76,73	135,59	107,54
N1P2K1	13,50	34,93	4,54	53,47	208,47	31,30	65,93	115,29	95,35
N2P2K2	12,77	32,84	4,23	55,23	228,93	34,89	74,20	121,27	106,91
N4P2K4	10,80	28,49	3,89	53,57	200,53	31,95	82,53	170,99	138,08
N2P4K2	13,33	36,35	4,73	53,37	228,07	33,46	71,80	139,59	117,30
N4P4K4	11,37	26,78	3,66	56,67	213,87	32,44	78,53	181,33	146,10
SzD_{5%}	1,21	5,22	0,63	3,05	40,51	6,70	7,04	44,52	33,16

13. táblázat Szántóföldön nevelt borsó hozamparamétereinek alakulása 2005-2006-ban végzett saját kísérletekben

	2005					2006				
Kezelés	Hüvelyszám	Hüvelytömeg	Magszám	Magtömeg	Nyerstermés	Hüvelyszám	Hüvelytömeg	Magszám	Magtömeg	Nyerstermés
	(db/ minta)	(g/ minta)	(db/ minta)	(g/ minta)	(kg/ parcella)	(db/ minta)	(g/ minta)	(db/ minta)	(g/ minta)	(kg/ parcella)
Kontroll	46,67	39,95	153,33	31,64	4,94	52,67	62,80	196,00	52,56	5,15
N0,5P0,5K0,5	42,67	43,88	167,33	35,47	5,45	55,33	62,42	205,33	52,91	6,14
N1P0,5K1	45,33	43,55	176,00	34,87	5,47	54,67	64,07	186,67	53,67	6,78
N0,5P1K0,5	36,00	34,80	142,00	28,13	4,60	61,33	77,95	234,67	65,06	5,78
N1P1K1	42,00	36,18	162,00	29,24	5,09	52,00	65,42	194,00	55,00	6,88
N2P1K2	45,33	44,01	171,33	34,99	5,74	61,33	71,13	217,33	59,83	6,55
N1P2K1	48,00	45,93	182,00	36,64	5,53	59,33	65,62	198,00	54,85	7,39
N2P2K2	51,00	42,81	179,00	34,59	5,66	61,33	73,37	227,33	61,43	7,47
N4P2K4	56,67	59,67	218,67	47,94	5,35	90,00	94,17	303,33	80,05	7,16
N2P4K2	54,00	59,38	220,67	47,40	6,10	70,67	73,91	218,67	60,88	7,48
N4P4K4	62,00	59,98	229,33	47,89	6,05	97,33	99,00	308,00	83,67	7,64
SzD_{5%}	8,81	11,08	40,19	9,12	1,248	17,24	23,44	69,96	19,93	1,410



6. ábra A szántóföldi kisparcellás kísérletben nevelt borsó hektáronkénti hozamának alakulása 2005-ben csernozjom barna erdőtalajon (SzD_{5%}=0,798)



7. ábra A szántóföldi kisparcellás kísérletben nevelt borsó hektáronkénti hozamának alakulása 2006-ban csernozjom barna erdőtalajon ($SzD_{5\%}=0,882$)

5.1.4. Szántóföldön nevelt borsó tápelem-koncentrációi (NPK)

A szántóföldi borsó kísérletben kapott tápelem-koncentrációkon (11. és 14. táblázat) lényegesen kevésbé látszik a kijuttatott műtrágya hatóanyag mennyiségek befolyása a tápelemfelvételre, mint tenyészedenyben nevelt növényekben mért értékeken. Az üvegházi eredményekhez képest még határozottabban kirajzolódik viszont a N-P antagonizmus és a K-P szinergizmus módosító hatása.

Az első mintavételkor mind a N-, a P- és a K-koncentráció alakulásában szembetűnő eltéréseket tapasztaltunk a kísérleti évek között. 2005-ben szignifikáns különbségek voltak kimutathatók, míg a 2006-os évben nem voltak igazolható eltérések a kontrollhoz és a N1P1K1 kezeléshez képest. A virágzás kezdetén, valamint a teljes éréskor mért N-, P- és K-koncentráció alakulásában a két kísérleti év között nem volt jelentős eltérés.

Virágzás kezdetén és teljes éréskor a trágyázatlan kontrollhoz és a N1P1K1 kezeléshez viszonyítva a nagyobb adagú kezeléseknél szignifikánsan magasabb N-koncentrációt mértünk a hajtásban. A kijuttatott N hatóanyag mennyiség hatása megfigyelhető, de statisztikailag jelentős eltéréseket nem okoz a N-koncentrációban. A termés N-koncentrációja kizárólag 4-szeres műtrágya adagok mellett ért el a kontrollnál és a N1P1K1 kezelésnél magasabb értéket.

A kontrollal és a N1P1K1 kezeléssel összevetve a 2005-ös évben jellemzőbben, míg 2006-ban csak egyes kezelések esetén találtunk szignifikáns különbséget a P-koncentrációban. Teljes éréskor a 4-szeres adagú kezelések hatására mindkét évben a P-koncentráció csökkenését tapasztaltuk a többi kezeléshez viszonyítva mind a hajtásban, mind a termésben.

Ez feltehetőleg annak köszönhető, hogy a nagy adagú kezelések hatására produkált magasabb termésmennyiség miatt a P jelentősebb transzlokációja következett be a hajtásból a termésbe.

14. táblázat Borsóhajtás N-, P- és K-koncentrációjának alakulása a kezelések hatására 2005-2006-ban végzett saját szántóföldi kisparcellás kísérletekben

2005									
Kezelés	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	4,15	0,35	2,70	2,89	0,36	2,56	0,69	0,05	0,40
N0,5P0,5K0,5	4,57	0,42	2,77	3,02	0,38	2,82	0,77	0,06	0,51
N1P0,5K1	5,02	0,39	3,04	3,16	0,37	2,63	0,80	0,07	0,46
N0,5P1K0,5	4,57	0,42	2,77	2,88	0,37	2,67	0,77	0,06	0,33
N1P1K1	4,80	0,42	2,96	3,11	0,37	2,83	0,84	0,08	0,37
N2P1K2	5,08	0,36	3,09	3,58	0,37	2,81	0,99	0,05	0,59
N1P2K1	5,00	0,41	3,20	3,08	0,39	2,94	0,99	0,07	0,69
N2P2K2	4,61	0,36	2,97	3,47	0,42	2,99	1,02	0,07	0,66
N4P2K4	5,02	0,40	3,01	3,79	0,38	3,07	1,01	0,05	1,21
N2P4K2	4,89	0,39	3,00	3,71	0,41	2,94	0,98	0,05	0,77
N4P4K4	5,11	0,40	3,04	3,54	0,39	3,08	1,14	0,06	1,25
SzD _{5%}	0,264	0,046	0,286	0,386	0,042	0,272	0,150	0,010	0,292
2006									
Kezelés	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	3,95	0,31	2,93	1,85	0,21	1,24	0,70	0,10	0,79
N0,5P0,5K0,5	3,81	0,27	2,78	2,27	0,24	1,35	0,71	0,10	0,74
N1P0,5K1	3,87	0,28	2,68	2,10	0,22	1,33	0,71	0,10	0,83
N0,5P1K0,5	3,97	0,29	3,02	2,27	0,23	1,44	0,68	0,09	0,73
N1P1K1	4,04	0,28	2,71	1,78	0,19	1,25	0,73	0,11	0,76
N2P1K2	4,22	0,29	3,06	2,62	0,24	1,58	0,84	0,10	1,23
N1P2K1	4,01	0,29	2,99	2,19	0,24	1,49	0,71	0,10	0,93
N2P2K2	4,21	0,29	3,15	2,69	0,25	1,65	0,73	0,06	1,14
N4P2K4	4,02	0,26	2,80	2,90	0,22	1,65	0,86	0,05	1,53
N2P4K2	4,25	0,33	3,01	2,64	0,26	1,67	0,77	0,06	1,07
N4P4K4	4,13	0,28	2,62	3,09	0,26	1,74	0,76	0,04	1,35
SzD _{5%}	0,312	0,040	0,398	0,402	0,040	0,246	0,152	0,024	0,220

A K-koncentrációt tekintve a kezelések sorrendjében a 2-szeres hatóanyagmennyiségektől szignifikáns különbségek voltak kimutathatók a kontrollhoz illetve a N1P1K1 kezeléshez képest. A borsóhajtás K-koncentrációjában nagyon jól érvényesül a kijuttatott K hatóanyagok mennyisége. Az egyes K-szinteken a K-P szinergizmus hatása kevésbé figyelhető meg. A termés K-koncentrációja a két kísérleti évben különbözőképpen alakult. Az egyes kezelések egymáshoz viszonyítva hasonlóan változtak, míg a kontrollhoz képest 2005-ben növekedést, 2006-ban csökkenést tapasztaltunk.

A szántóföldi kisparcellás borsó kísérletek N1P1K1 kezelésében (1./2. év)

a N-koncentráció	4 nóduszos állapotban	4,80/4,04 %,	virágzás kezdetén	3,11/1,78 %,
	teljes éréskor a hajtásban	0,84/0,73 %,	a magban	5,24/3,44 %;
a P-koncentráció	4 nóduszos állapotban	0,42/0,28 %,	virágzás kezdetén	0,37/0,19 %,
	teljes éréskor a hajtásban	0,08/0,11 %,	a magban	0,47/0,46 %;
a K-koncentráció	4 nóduszos állapotban	2,96/2,71 %,	virágzás kezdetén	2,83/1,25 %,
	teljes éréskor a hajtásban	0,37/0,76 %,	a magban	1,16/1,26 %.

A többi kezelésben kapott eredményeink alapján azonban csernozjom barna erdőtalajon nevelt borsó „kielégítő” ellátottságát

4 nóduszos állapotban	3,81-5,11 % N,	0,26-0,42 % P és	2,62-3,20 % K;
virágzás kezdetén	1,78-3,79 % N,	0,19-0,42 % P és	1,25-3,08 % K
teljes éréskor a hajtásban	0,68-1,14 % N,	0,05-0,11 % P és	0,33-1,53 % K
a magban	3,26-5,76 % N,	0,38-0,50 % P és	1,02-1,31 % K biztosítja.

5.2. A borsóval végzett kísérletekben kapott NPK-koncentrációk összevetése szakirodalmi adatokkal

A laborvizsgálataim során kapott N-, P- és K-koncentrációkat összevetettük a szakirodalomban található adatokkal. A 6-8. mellékletben összefoglaltuk a borsóhajtásra vonatkozóan megadott N-, P- és K-koncentráció értékeket a mintavétel ideje, valamint a vizsgált növényi rész feltüntetésével. Az összegyűjtött adatokból (6-8. melléklet) jól látszik, hogy a megadott értékek köre korántsem teljes, sőt találkozhatunk jelentősen eltérő adatokkal is.

A tenyészedényben nevelt borsó 4 nóduszos állapotában kapott N-koncentrációk körülbelül fele akkorák, mint a szakirodalomban leírt adatok. Üvegházi körülmények közt a P-tartalom is valamelyest alatta maradt az irodalmi értékeknek. Ugyanezen növények K-tartalma a „kielégítő” ellátottsági kategóriába esik. A szabadföldön nevelt növények N-, P- és K-koncentrációja egyaránt megfelel a közölt adatoknak, a mérési eredmények alapján a magasabb adagú kezeléseknél a P- és K-koncentrációk megközelítik, esetenként túllépik a „kielégítő” kategória felső határát.

A virágzás kezdetén jellemző tápelemtartalomra vonatkozóan sokféle irodalmi adatot találtunk. Az üvegházi kísérleteinkben mért N-koncentrációk leginkább a Reuter és Robinson (1988, 1997), valamint a Mills és Jones (1996) által megadott értékekre hasonlítanak. Az eredményeket vizsgálva megfigyelhető a nagy adagú kezelések eredményeként jelentkező túlzott tápelem-koncentráció. Mindemellett a kapott legmagasabb értékek sem lépik át a kielégítő kategória felső határát. Egyes kategóriák azonban olyan szélesek, hogy a hiány- ill. többlet kezeléseek eredményei is a „kielégítő” intervallumba esnek. A trágyázatlan kontroll és az alacsonyabb adagú kezelések százalékos P-tartalma nem érte el a „kielégítő” szintet, a további kezelések azonban biztosították a növények kielégítő tápláltságát. A K-koncentrációt vizsgálva eredményeink többsége a „kielégítő” kategóriába sorolható, a legmagasabb K adagok mellett meghaladják a kategória felső határát. A szabadföldi kisparcellás kísérletekben

kapott N-, P- és K-tartalom lényegesen kisebb különbségeket mutatott az egyes kezelések között. Az értékek irodalmi összehasonlításban a növények kielégítő ellátottságára utalnak.

A kielégítően táplált borsó hajtásának teljes érés kori tápelem-koncentrációira vonatkozóan Csathó és Radimszky (2005) adatai álltak rendelkezésre. A tenyészedenyes kísérleteinkben kapott N-, P- és K-koncentrációk többszöröse az általuk leírtaknak. Szabadföldön vizsgálva a N-tartalom közel egyező, a P-tartalom többszöröse, a K-tartalom pedig némileg alatta marad az általuk közölt értékeknek. A teljes érés kor a hajtáson és a termésen végzett növényanalízis eredményei átlagolva (súlyozott átlag) nagyon jól harmonizálnak a Bergmann és Neubert (1976) által érés kezdetére megadott intervallumokkal. Az alul-, ill. túltáplálást előidéző kezelésekben mért tápelem-koncentrációk is többnyire kívül esnek a „kielégítő” kategória határain. Az előbbiek alól kivétel a kisparcellákon nevelt borsó K-tartalma, amely minden kezelésben alatta maradt a „kielégítő” ellátottsági kategóriának. Az OMTK 1986. évi kísérleteinek eredményei (9 kísérleti hely átlaga) szerint a kezeletlen (N0P0K0) borsó szalmájában 1,81 %-os N-, 0,17 %-os P- és 0,85 %-os K-tartalom volt mérhető (Debreczeni és Debreczeniné, 1994). Tenyészedenyes kísérleteink kontroll kezelésének adatai ettől csak a K-tartalomban térnek el jelentősebben (2-szer magasabb). A szántóföldi kísérletek N- és P-tartalma a fenti értékek kb. fele, míg a K-tartalom azokkal megegyezik.

A borsó mag beltartalmi mutatóit a 9. mellékletben összegyűjtött szakirodalmi adatokkal hasonlítottuk össze. Mind a tenyészedenyes, mind a kisparcellás kísérleteinkben kapott N-koncentrációk (11. táblázat) viszonylag magasak, értékük 5 % körül alakul. Így leginkább a Reuter és Robinson (1997) által érett magra vonatkozóan leírt adatokhoz hasonlíthatók. A kísérleteinkben mért P-koncentrációk 0,32-0,64 közötti intervallumba esnek, nincs olyan kezelés, melynek értéke a 9. mellékletben felsorolt valamelyik irodalmi forrás alapján ne lenne a „kielégítő” kategóriába sorolható. A mért K-koncentrációk átlagos értéke 1,1-1,3 között alakul, összhangban a 9. mellékletben említett szerzők mindegyikének adataival.

Az általános szakirodalmi értékelésen túl egy további összehasonlítást is elvégeztünk. Azon szerzők adatbázisából, akik mindhárom általunk vizsgált fejlődési stádiumra, vagy ahhoz közeli mintavételi időpontra közöltek adatot, kiválasztottuk a hajtásra, ill. teljes föld feletti részre vonatkozó értékeket. Borsó esetében egyedül a Bergmann és Neubert (1976) által közölt adatok tettek eleget a fenti kíváncságnak. Az értékeléshez a „kielégítő” kategóriát vettük alapul, és az áttekinthetőség kedvéért csupán egy-egy átlagos értéket tüntettünk fel. Ezeket a saját elsőéves tenyészedenyes (2004), valamint szabadföldi kisparcellás (2005) kísérleteink N1P1K1 kezelésében kapott koncentrációértékekkel együtt ábrázoltuk, hogy a N-, P- ill. K-koncentráció tenyészidőszakbeli változásait jobban megfigyelhessük.

Az összehasonlításban szereplő fejlődési stádiumok és mintázott növényi részek a következők (15. táblázat):

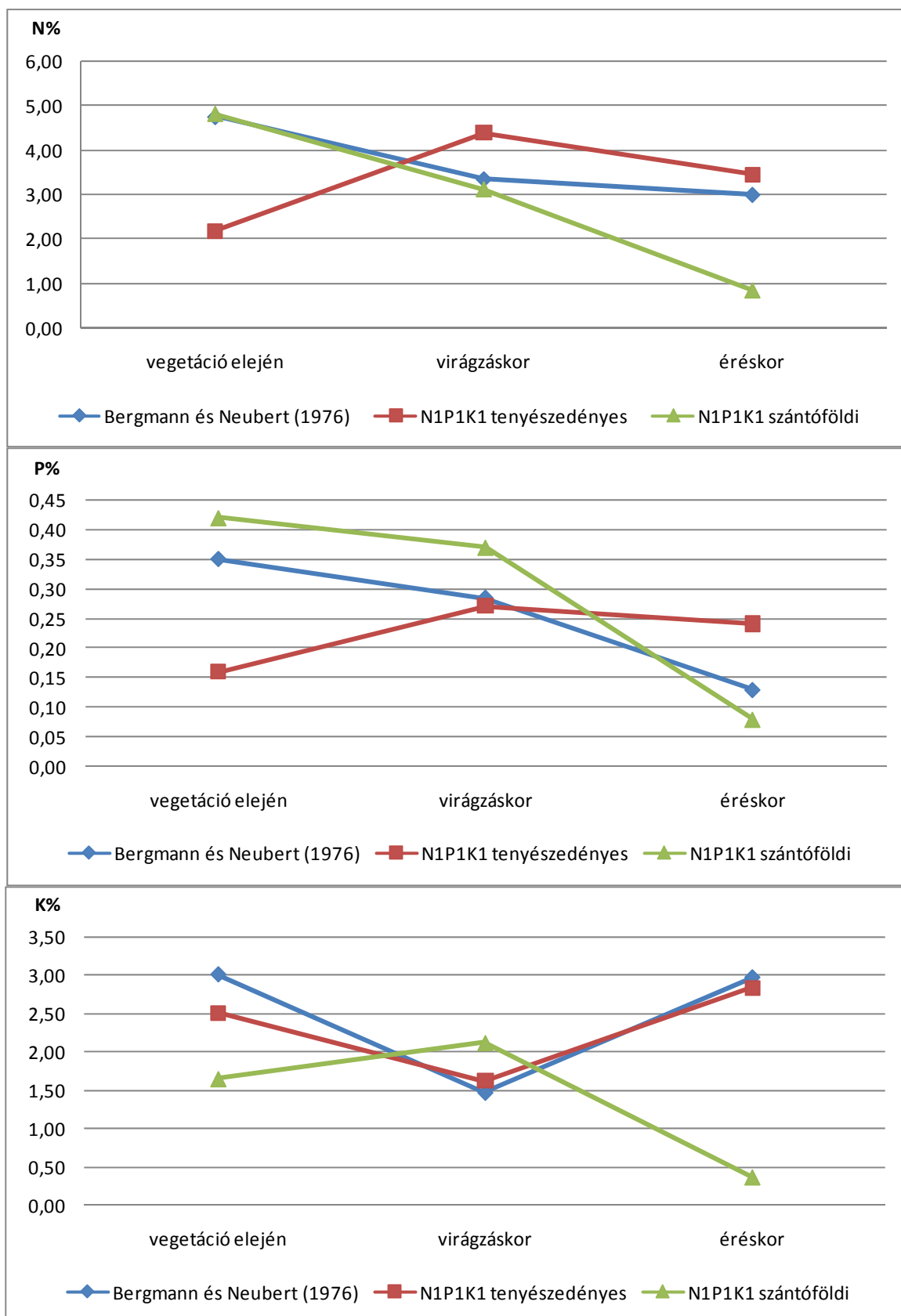
15. táblázat A 2004 ill. 2005 évben végzett borsó kísérletekben kapott N-, P- és K-koncentrációk összehasonlítása Bergmann és Neubert (1976) hasonló adataival

Saját kísérletek		Bergmann és Neubert (1976)	
Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész
4 nóduszos állapot	teljes föld feletti rész	3-6 leveles állapot	teljes föld feletti rész
virágzás kezdete	teljes föld feletti rész	virágzás	teljes föld feletti rész
teljes érés	hajtás	érés kezdete	felső 2 levél

A 8. ábrán jól látszik, hogy a MÉM NAK (Antal et al., 1979) alapján kiegyenlítettten táplált borsó növények N-, P- és K-koncentrációjának alakulása a szakirodalom adataiban tápelemenként némileg változó. A N- és K-tartalom változásai szabadföldön a Bergmann és Neubert (1976) által közzétettekkel hasonló tendenciát mutat, és mindkettő jelentősen eltér a tenyészedenyben mért eredményeink alakulásától. A K tápelemnél a tenyészedenyes kísérletek eredményei mutatnak hasonlóságot a szakirodalmi adatokkal, míg a kisparcellás kísérletekben kapott eredmények ezektől tendenciájukban eltérnek.

A tenyészedeny kísérletek második évébenben (2005) kapott eredmények a fent leírtakhoz hasonló tendenciát mutattak. A szántóföldi kísérletek eredményei 2006-ban mind a P-, mind a K-koncentráció tekintetében eltértek a korábbiaktól; a K-koncentráció alakulása a vegetáció kezdetétől a virágzás kezdetéig tendenciájában is különbözött (csökkenést mutatott).

Mivel mindkét kísérleti évben azt tapasztaltuk, hogy a kiegyensúlyozottnak tartott N1P1K1 kezelés mellett más, még kisebb adagú kezelések is statisztikailag azonos (szignifikánsan nem különböző) hozamot produkáltak, teljesítményük és gyakorlati alkalmazásuk esetleges előnyei miatt érdemesnek tartottuk két, a N1P0,5K1 és a N0,5P1K0,5 kezelésekkel is elvégezni a fenti összehasonlítást. Ennek során kiderült, hogy tenyészedenyben mindkét kiválasztott kezelésben kapott N- és P-koncentráció változás tendenciája a N1P1K1 kezeléséhez hasonló, és a N1P0,5K1 műtrágya hatóanyag kombináció K-tartalma is ahhoz, egyben a Bergmann és Neubert (1976) által közöltekhez igazodik. A kisparcellás kísérletekben mért koncentrációk alakulása is hasonló mindhárom említett kezelésnél azzal a különbséggel, hogy a K-tartalom a N1P0,5K1 és a N0,5P1K0,5 kezeléseknél már az első két vizsgált fejlődési stádium között is csökkent.



8. ábra A borsóhajtás N-, P- és K-koncentrációjának alakulása a tenyésztő folyamán a saját 2004-ben végzett tenyészedényes és 2005-ben végzett szántóföldi kispárcellás kísérletekben, valamint Bergmann és Neubert (1976) szerint

5.3. A borsóval végzett kísérletekben kapott N/P-, N/K- és K/P-arányok értékelése

Azoknak a szerzőknek az adataiból, akik egy adott fejlődési stádiumban ugyanazon növényi részre vonatkozóan megadták mindhárom fő tápelem „kielégítő” koncentrációját, kiszámítottuk a N/P-, N/K- és K/P-arányokat (10. és 11. melléklet). Rendkívül széles a kapott skála, a N/P-arány esetében 2,25-től 30,77-ig, a N/K-aránynál 0,86-2,76-ig, míg a K/P-aránynál 2,5-14,0-ig terjed szerzőtől, fejlődési stádiumtól és vizsgált növényi résztől függően. Több szerzőnél is előfordul (pl.: Bergmann és Neubert (1976; Mills és Jones (1996); Kádár (2005)), hogy adott fejlődési stádiumra és adott növényi részre közölt „kielégítő” koncentrációinak hányadosai olyan tág intervallumot eredményeznek, hogy felmerül a kérdés, vajon az intervallum legalacsonyabb és legmagasabb értékei egyaránt hitelesen számszerűsítik-e az „optimális” tápelemarányt. A kísérleteink eredményeiből számított értékeket (16. és 17. táblázat) összevetettük a kapott intervallumokkal.

Mind a tenyészedenyben, mind a szabadföldön nevelt borsó hajtásának N/P-arányai 6,74 és 23,17 között alakultak, így kezeléstől függetlenül a 10. mellékletben összegyűjtött szakirodalmi adatokból számított intervallumba estek. A hajtás N/K-arányai tenyészedenyben 0,94-2,74 között voltak, hasonlóan a szakirodalmi adatokhoz, míg szabadföldön néhány esetben az alatt maradtak (0,56-1,78). A K/P-arány a borsóhajtásban többnyire 4,8 és 14,95 között alakult, teljes éréskor a 4-szeres adagú kezeléseknél szabadföldön 20 fölé is emelkedett. Természetesen a borsóval végzett kísérleteinkben kapott tápelemarányok többnyire tükrözték a kijuttatott műtrágya hatóanyag mennyiségek arányait.

A 10. és 11. mellékletekben összegyűjtött irodalmi adatok annyira nagy szórást mutatnak, hogy azokat alapul véve saját méréseink eredményei nehézkesen értékelhetők. A tenyészedenyes és szabadföldi borsó kísérleteinkben kapott tápelemarányok úgy alakultak, hogy a 10-11. mellékletekben feltüntetett adatok valamelyikével mindegyik összhangban van.

A tenyészedenyes kísérletek során (1./2. év) a borsó növények tápelem-arányai N1P1K1 kezelésben a következők szerint alakultak:

N/P-arány	4 nóduszos állapotban	13,36/14,73,	virágzás kezdetén	16,03/20,74,
	teljes éréskor a hajtásban	14,40/19,27,	a magban	8,91/12,91;
N/K-arány	4 nóduszos állapotban	1,52/1,09,	virágzás kezdetén	2,71/1,27,
	teljes éréskor a hajtásban	1,63/1,25,	a magban	4,59/4,58;
K/P-arány	4 nóduszos állapotban	9,00/13,52,	virágzás kezdetén	5,94/15,92,
	teljes éréskor a hajtásban	8,82/15,74,	a magban	1,94/2,83.

A szántóföldi kisparcellás borsó kísérletek N1P1K1 kezelésében (1./2. év)

a N/P-arány	4 nóduszos állapotban	11,37/14,25,	virágzás kezdetén	8,49/9,27,
	teljes éréskor a hajtásban	11,19/6,74,	a magban	11,27/7,43;
a N/K-arány	4 nóduszos állapotban	1,63/1,50,	virágzás kezdetén	1,10/1,43,
	teljes éréskor a hajtásban	2,32/0,99,	a magban	4,52/2,74;
a K/P-arány	4 nóduszos állapotban	6,98/9,55,	virágzás kezdetén	7,71/6,50,
	teljes éréskor a hajtásban	4,80/7,11,	a magban	2,49/2,71 volt.

16. táblázat Borsóhajtás N/P-, N/K- és K/P-arányainak alakulása a kezelések hatására 2004-2005-ben végzett saját tenyészedényes kísérletekben

2004									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P
Kontroll	11,12	1,20	9,30	14,81	1,27	11,70	8,65	1,34	6,49
N0,5P0,5K0,5	13,82	1,36	10,21	17,31	2,06	8,73	12,74	1,46	8,74
N1P0,5K1	15,69	1,23	12,72	19,31	2,74	7,13	17,73	1,63	11,01
N0,5P1K0,5	13,44	1,48	9,34	14,41	2,21	6,52	12,64	1,55	8,20
N1P1K1	13,36	1,52	9,00	16,03	2,71	5,94	14,40	1,63	8,82
N2P1K2	13,43	1,34	10,04	18,66	1,83	10,18	20,88	1,81	11,57
N1P2K1	11,77	1,19	9,89	13,26	1,89	7,02	11,54	1,64	7,03
N2P2K2	12,39	1,15	10,83	15,36	1,54	10,03	15,84	1,63	9,78
N4P2K4	15,27	1,44	10,73	18,77	1,38	13,59	22,96	1,49	15,54
N2P4K2	11,89	1,22	9,77	11,96	1,42	8,41	13,57	1,51	9,11
N4P4K4	12,27	1,04	11,84	14,73	1,27	11,62	15,16	1,19	12,81
SzD_{5%}	0,840	0,203	1,465	1,338	0,272	1,432	1,658	0,222	1,323
2005									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P
Kontroll	14,16	1,22	11,63	14,18	1,25	11,39	16,94	1,42	11,87
N0,5P0,5K0,5	15,13	1,08	14,02	16,53	1,11	14,95	16,17	1,53	10,55
N1P0,5K1	15,85	1,10	14,46	19,84	1,40	14,13	23,17	1,38	16,76
N0,5P1K0,5	15,28	1,05	14,60	13,91	1,12	12,53	14,75	1,13	13,09
N1P1K1	14,73	1,09	13,52	20,74	1,27	15,92	19,27	1,25	15,74
N2P1K2	15,43	1,17	13,16	15,71	1,05	14,97	20,42	1,29	16,19
N1P2K1	13,43	1,07	12,61	12,11	0,99	12,25	14,06	1,03	13,84
N2P2K2	14,19	1,08	13,21	14,69	1,14	12,83	17,63	1,42	12,84
N4P2K4	15,33	1,14	13,41	18,29	1,30	14,02	19,46	1,03	18,86
N2P4K2	12,60	1,01	12,44	10,56	1,01	10,49	13,76	0,94	14,72
N4P4K4	14,26	1,11	12,93	12,35	1,19	10,36	19,12	1,01	19,03
SzD_{5%}	0,664	0,065	0,790	4,066	0,162	2,038	3,298	0,287	2,581

17. táblázat Borsóhajtás N/P-, N/K- és K/P-arányainak alakulása a kezelések hatására 2005-2006-ben végzett saját szántóföldi kisparcellás kísérletekben

2005									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P
Kontroll	11,77	1,55	7,65	8,06	1,13	7,14	13,42	1,83	7,77
N0,5P0,5K0,5	10,82	1,65	6,57	7,84	1,07	7,33	13,51	1,50	9,10
N1P0,5K1	12,88	1,65	7,80	8,53	1,20	7,14	12,22	1,86	6,96
N0,5P1K0,5	10,99	1,65	6,67	7,87	1,08	7,27	12,38	2,39	5,19
N1P1K1	11,37	1,63	6,98	8,49	1,10	7,71	11,19	2,32	4,80
N2P1K2	14,08	1,64	8,57	9,69	1,28	7,61	18,74	1,83	11,10
N1P2K1	12,32	1,56	7,90	7,93	1,05	7,57	13,52	1,45	9,51
N2P2K2	12,80	1,55	8,26	8,33	1,16	7,21	15,20	1,58	9,89
N4P2K4	12,51	1,67	7,51	9,87	1,24	7,99	22,20	0,87	26,66
N2P4K2	12,63	1,64	7,73	9,06	1,26	7,18	18,67	1,29	14,69
N4P4K4	12,77	1,68	7,62	9,09	1,15	7,90	20,30	0,94	22,53
SzD _{5%}	1,234	0,178	0,850	0,966	0,134	0,868	3,250	0,536	6,092
2006									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P
Kontroll	13,01	1,35	9,63	8,84	1,50	5,92	6,89	0,89	7,90
N0,5P0,5K0,5	13,91	1,37	10,17	9,43	1,69	5,59	7,64	0,97	7,84
N1P0,5K1	13,87	1,46	9,58	9,52	1,58	6,05	7,22	0,86	8,34
N0,5P1K0,5	13,80	1,33	10,40	9,75	1,57	6,21	7,55	0,95	8,20
N1P1K1	14,25	1,50	9,55	9,27	1,43	6,50	6,74	0,99	7,11
N2P1K2	14,49	1,39	10,56	11,21	1,66	6,77	8,70	0,69	13,25
N1P2K1	13,76	1,34	10,22	9,12	1,47	6,24	7,33	0,76	9,63
N2P2K2	14,71	1,34	10,93	10,90	1,63	6,75	13,22	0,65	20,17
N4P2K4	15,73	1,44	10,93	13,04	1,76	7,46	17,62	0,56	31,80
N2P4K2	12,93	1,42	9,16	10,20	1,61	6,45	13,74	0,72	19,03
N4P4K4	14,83	1,58	9,41	11,93	1,78	6,69	17,11	0,58	29,87
SzD _{5%}	1,684	0,208	1,196	0,984	0,250	1,010	2,960	0,234	4,996

A szántóföldi kísérletek többi kezelésében kapott eredményeink alapján azonban csernozjom barna erdőtalajon nevelt borsó tápelemarányai az alábbi értékek mellett optimálisnak mondhatók:

N/P-arány	4 nóduszos állapotban	10,82-15,73,	virágzás kezdetén	7,84-13,04,
	teljes éréskor a hajtásban	6,89-22,20,	a magban	6,95-15,20;
N/K-arány	4 nóduszos állapotban	1,33-1,68,	virágzás kezdetén	1,05-1,78,
	teljes éréskor a hajtásban	0,58-2,39,	a magban	2,62-5,38;
K/P-arány	4 nóduszos állapotban	6,57-10,93,	virágzás kezdetén	5,59-7,99,
	teljes éréskor a hajtásban	5,19-29,87,	a magban	2,19-2,83.

5.4. A szójával végzett kísérletek eredményei

5.4.1. Tenyészedényben nevelt szója vegetatív mutatói és termés hozama

Az üvegházi körülmények között nevelt szója növények magassága (18. táblázat) nagyon eltérően alakult a kísérlet két évében. 2004-ben szinte minden műtrágya-kombináció igazolhatóan nagyobb növénymagasságot eredményezett, mint a trágyázatlan kontroll. Kisebb műtrágya adagok mellett szignifikánsan alacsonyabb, nagyobb adagú műtrágyázás hatására szignifikánsan magasabb növényeket mértünk, mint a N1P1K1 kezelésben. A 2005-ös évben feltehetőleg a rendkívül meleg időjárásnak köszönhetően a növények erőteljesen megnyúltak, elérték a 80-90 cm-es magasságot is. A kezelések közti különbségek nem voltak statisztikailag igazolhatók.

A zöldsötömeg és a szárazanyag produkció (18. táblázat) alakulásában a két év között nem volt jelentős eltérés. Statisztikailag igazolható különbséget mutattunk ki mind a kontrollhoz, mind a N1P1K1 kezeléshez képest. A 2005-ös vegetatív hozamban némileg megmutatkozott a legnagyobb adagú kezelések hozamra gyakorolt depresszív hatása.

A szója termése (19. táblázat) a kontrollhoz, valamint a N1P1K1 kezeléshez viszonyítva a nagyobb adagú műtrágya kezelések hatására mutatott szignifikáns növekedést. A magtermés mennyiségét tekintve a legjobb eredményt mind 2004-ben, mind 2005-ben a magasabb műtrágya adagokkal ellátott tenyészedényekben mértük. A 2004-es évben azonban a N0,5P0,5K0,5 valamint a N1P0,5K1 kezelések is kiemelkedően magas hozamot produkáltak. A kísérlet második évében ez a kiugró eredmény nem ismétlődött meg.

18. táblázat Tenyészedényben nevelt szója vegetatív paramétereinek alakulása 2004-2005-ben végzett saját kísérletekben

2004									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ edény)	Szárazanyag produkció (g/ edény)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ edény)	Szárazanyag produkció (g/ edény)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ edény)	Szárazanyag produkció (g/ edény)
Kontroll	47,67	43,65	8,77	53,50	43,51	11,35	49,67	18,86	11,98
N0,5P0,5K0,5	46,67	47,84	9,84	54,50	54,52	14,21	53,83	24,09	14,47
N1P0,5K1	48,50	51,47	9,71	49,50	51,83	12,79	48,67	25,01	14,97
N0,5P1K0,5	45,67	48,23	8,50	58,67	58,98	15,17	53,33	20,10	12,37
N1P1K1	50,33	56,73	9,73	59,83	60,31	14,62	54,83	23,48	13,16
N2P1K2	54,00	58,65	9,60	65,17	65,27	14,98	68,17	38,23	18,44
N1P2K1	54,33	67,19	10,50	66,83	71,25	17,43	61,50	33,43	16,20
N2P2K2	57,33	74,33	10,59	69,67	77,40	18,33	63,00	33,13	16,71
N4P2K4	56,33	71,93	10,35	68,33	78,86	18,54	67,67	37,92	18,59
N2P4K2	56,83	81,56	11,79	68,67	79,78	18,90	61,83	45,44	19,84
N4P4K4	57,33	75,70	11,18	66,83	84,62	18,84	58,00	41,93	18,83
SzD _{5%}	2,67	3,05	0,57	2,94	5,11	1,49	2,75	4,76	1,15
2005									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ edény)	Szárazanyag produkció (g/ edény)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ edény)	Szárazanyag produkció (g/ edény)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ edény)	Szárazanyag produkció (g/ edény)
Kontroll	79,33	45,89	9,58	87,00	58,41	13,43	83,67	20,09	16,41
N0,5P0,5K0,5	83,00	46,23	8,82	87,33	55,41	12,10	86,67	28,18	18,78
N1P0,5K1	67,33	51,97	11,87	76,33	64,18	15,39	75,00	30,53	18,99
N0,5P1K0,5	73,67	52,70	10,22	91,33	67,54	14,51	74,67	22,33	18,25
N1P1K1	78,00	59,80	11,47	96,67	72,66	14,68	81,00	25,95	20,54
N2P1K2	75,00	56,34	11,08	80,67	64,27	15,97	84,67	32,04	25,15
N1P2K1	73,33	61,64	12,65	90,67	68,33	17,64	78,00	28,26	20,35
N2P2K2	77,00	57,90	11,32	84,33	69,48	17,75	79,67	30,77	26,40
N4P2K4	82,33	57,36	9,79	93,33	76,40	16,96	76,67	28,16	22,92
N2P4K2	83,33	57,73	9,89	95,67	74,57	15,15	88,33	23,16	21,35
N4P4K4	93,67	54,26	8,41	90,00	70,54	15,67	78,67	27,38	23,46
SzD _{5%}	5,92	3,62	0,996	11,87	4,50	1,89	7,97	5,25	2,47

19. táblázat Tenyészedényben nevelt szója hozamparamétereinek alakulása 2004-2005-ben végzett saját kísérletekben

	2004				2005			
Kezelés	Hüvelyszám	Hüvelytömeg	Magszám	Magtömeg	Hüvelyszám	Hüvelytömeg	Magszám	Magtömeg
	(db/ edény)	(g/ edény)	(db/ edény)	(g/ edény)	(db/ edény)	(g/ edény)	(db/ edény)	(g/ edény)
Kontroll	31,33	7,16	46,00	4,99	30,33	10,52	49,33	7,59
N0,5P0,5K0,5	33,00	8,29	53,33	6,28	33,00	11,21	49,00	7,81
N1P0,5K1	31,33	8,74	49,67	6,72	31,00	10,57	47,00	7,35
N0,5P1K0,5	29,67	6,80	47,00	5,13	38,33	11,38	55,67	7,64
N1P1K1	29,67	6,72	45,67	5,34	41,33	12,52	60,33	8,65
N2P1K2	33,67	9,04	46,67	7,24	40,00	14,20	64,67	9,86
N1P2K1	30,00	8,00	45,67	6,36	38,00	12,21	62,33	8,23
N2P2K2	33,67	8,39	41,00	6,69	43,00	15,45	72,33	10,82
N4P2K4	34,00	8,62	37,67	6,66	25,87	13,68	65,67	9,51
N2P4K2	31,67	9,38	46,00	7,50	42,00	13,26	71,00	9,28
N4P4K4	36,00	9,85	50,67	7,97	45,67	14,31	76,00	9,90
SzD_{5%}	3,120	0,831	4,726	0,700	8,430	0,952	5,180	0,714

5.4.2. Tenyészedényben nevelt szója tápelem-koncentrációi (NPK)

A tenyészedényben nevelt szója növények N-koncentrációja (20. és 21. táblázat) mindhárom vizsgált fejlődési stádiumban igazodik az adott kezelésben kijuttatott N hatóanyag mennyiségéhez.

Azonos N adag mellett a kijuttatott P adagok változásai nem okozták a hajtás, ill. a termés N-koncentrációjának jelentős változását. Egyes P-túlsúlyos kezeléseknél azonban megfigyelhető a N-P antagonizmus N-koncentrációt csökkentő hatása. A trágyázatlan kontrollhoz képest szinte minden kezelésben szignifikánsan magasabb N-koncentrációt kaptunk mindhárom mintavételkor. A legmagasabb értéket minden esetben a N4P2K4 kezelésben mértük.

A szója P-koncentrációjának alakulásában sem volt a két kísérleti év között számottevő eltérés. A kontrollhoz viszonyítva szinte kivétel nélkül minden kezelés, míg a N1P1K1 kezeléshez viszonyítva a nagyobb adagú műtrágya-kombinációk eredményeztek statisztikailag igazolhatóan magasabb P-koncentrációt. A hajtásban a legmagasabb értéket mindhárom fejlődési stádiumban a 4-szeres P-szinten mértük. A magtermés a legnagyobb P-koncentrációját a N0,5P1K0,5 kezelésben érte el.

A szójahajtás K-koncentrációjának változása a kezelések hatására azonosan alakult mindkét kísérleti évben. A K-koncentráció nagyobb kijuttatott K dózisok mellett magasabb volt, azonos K-szinten pedig a kijuttatott P hatóanyag mennyiség növelésével nőtt, azaz érvényesülni látszott a K-P szinergizmus módosító hatása. A hajtásban a legmagasabb K-koncentrációt 4-szeres hatóanyag adagok mellett mértük, míg a termés tekintetében kiemelkedő értéket a N0,5P1K0,5 kezelés adott.

20. táblázat Szójahajtás N-, P- és K-koncentrációjának alakulása a kezelések hatására 2004-2005-ben végzett saját tenyészedényes kísérletekben

2004									
	virágzás kezdete			hüvelytelítődés kezdete			teljes érés		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	1,67	0,14	1,39	1,59	0,11	1,23	0,64	0,07	1,23
N0,5P0,5K0,5	2,49	0,14	1,80	2,39	0,12	1,27	0,96	0,10	1,43
N1P0,5K1	3,09	0,14	1,94	3,08	0,13	1,26	1,51	0,12	1,24
N0,5P1K0,5	3,03	0,18	2,29	2,48	0,15	1,42	1,20	0,10	1,76
N1P1K1	3,30	0,20	2,48	3,00	0,17	1,55	1,62	0,09	1,62
N2P1K2	3,99	0,21	3,01	3,45	0,16	1,66	1,89	0,10	1,49
N1P2K1	3,39	0,25	3,15	2,81	0,18	1,74	1,23	0,10	1,72
N2P2K2	3,85	0,26	3,54	3,42	0,18	1,91	2,31	0,08	1,81
N4P2K4	4,08	0,24	3,72	3,98	0,17	2,25	2,92	0,08	1,97
N2P4K2	3,90	0,32	3,75	3,56	0,24	2,32	2,32	0,11	1,83
N4P4K4	3,81	0,34	3,62	3,93	0,27	2,74	2,75	0,11	2,07
SzD_{5%}	0,199	0,018	0,126	0,234	0,016	0,120	0,185	0,014	0,146
2005									
	virágzás kezdete			hüvelytelítődés kezdete			teljes érés		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	2,53	0,12	2,04	2,51	0,12	1,64	0,69	0,06	1,03
N0,5P0,5K0,5	2,78	0,12	2,00	2,83	0,14	1,75	0,83	0,09	0,94
N1P0,5K1	3,04	0,12	2,11	2,68	0,10	1,49	1,45	0,10	0,98
N0,5P1K0,5	2,85	0,15	2,31	2,41	0,15	1,72	0,57	0,06	0,91
N1P1K1	3,70	0,15	2,48	3,00	0,17	2,00	0,93	0,06	1,06
N2P1K2	3,53	0,16	2,60	3,22	0,16	1,87	1,60	0,07	0,91
N1P2K1	3,12	0,17	2,51	2,61	0,15	1,78	0,86	0,08	1,13
N2P2K2	3,56	0,20	2,66	3,04	0,15	1,79	1,56	0,07	1,09
N4P2K4	3,65	0,22	2,88	3,53	0,17	1,96	1,76	0,07	1,36
N2P4K2	3,32	0,27	3,39	3,35	0,27	2,49	1,07	0,09	1,50
N4P4K4	3,48	0,35	3,62	3,21	0,22	2,26	1,45	0,14	1,53
SzD_{5%}	0,386	0,022	0,184	0,349	0,026	0,258	0,277	0,014	0,106

21. táblázat Szójamag N-, P- és K-koncentrációjának alakulása a kezelések hatására 2004-2005-ben végzett saját tenyészedényes, valamint szántóföldi kisparcellás kísérletekben

Tenyészedény kísérletek						
	2004			2005		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	5,46	0,51	2,12	5,00	0,49	1,69
N0,5P0,5K0,5	6,43	0,51	2,07	5,31	0,53	1,69
N1P0,5K1	7,54	0,41	1,98	6,15	0,48	1,66
N0,5P1K0,5	6,30	0,55	2,09	5,51	0,61	1,76
N1P1K1	7,02	0,49	2,11	5,80	0,52	1,69
N2P1K2	7,28	0,41	1,95	6,13	0,40	1,51
N1P2K1	6,71	0,49	2,06	5,89	0,48	1,71
N2P2K2	7,78	0,40	1,97	6,47	0,44	1,57
N4P2K4	7,70	0,39	1,95	6,66	0,41	1,66
N2P4K2	7,68	0,50	1,99	5,61	0,49	1,60
N4P4K4	7,66	0,45	1,97	6,55	0,53	1,81
SzD _{5%}	0,490	0,044	0,074	0,364	0,044	0,118
Szántóföldi kisparcellás kísérletek						
	2004			2005		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	5,36	0,52	1,66	4,42	0,82	1,84
N0,5P0,5K0,5	5,38	0,52	1,66	4,75	0,85	1,88
N1P0,5K1	5,46	0,49	1,68	4,22	0,81	1,89
N0,5P1K0,5	5,64	0,55	1,67	4,31	0,83	1,89
N1P1K1	5,33	0,49	1,61	4,16	0,81	1,86
N2P1K2	5,55	0,51	1,64	4,81	0,60	1,75
N1P2K1	5,49	0,50	1,62	4,20	0,83	1,91
N2P2K2	5,63	0,51	1,66	5,06	0,75	1,81
N4P2K4	5,66	0,45	1,63	5,11	0,73	1,79
N2P4K2	5,67	0,54	1,67	4,96	0,76	1,83
N4P4K4	5,85	0,50	1,79	5,31	0,71	1,79
SzD _{5%}	0,402	0,060	0,104	0,460	0,126	0,076

A tenyészedényes szója kísérletek N1P1K1 kezelésében (1./2. kísérleti év)

a N-koncentráció	virágzás kezdetén	3,30/3,70 %,		
	hüvelytelítődés kezdetén	3,00/3,00 %,		
	teljes éréskor a hajtásban	1,62/0,93 %,	a magban	7,02/5,80 %;
a P-koncentráció	virágzás kezdetén	0,20/0,15 %,		
	hüvelytelítődés kezdetén	0,17/0,17 %,		
	teljes éréskor a hajtásban	0,09/0,06 %,	a magban	0,49/0,52 %;
a K-koncentráció	virágzás kezdetén	2,48/2,48 %,		
	hüvelytelítődés kezdetén	1,55/2,00 %,		
	teljes éréskor a hajtásban	1,62/0,06 %,	a magban	2,11/1,69 %.

5.4.3. Szántóföldön nevelt szója vegetatív mutatói és terméshezama

A szántóföldi körülmények között nevelt szója növénymagasságát, zöldtömegét és szárazanyag termelését (22. táblázat) tekintve első pillantásra eltérő eredményeket fedezhetünk fel a két kísérleti évben. Azonban a trágyázatlan kontrollhoz, valamint a N1P1K1 kezeléshez viszonyítva néhány kivételtől eltekintve egyik évben sem voltak statisztikailag igazolható különbségek kimutathatók.

A terméshezamot jellemző paramétereket (23. táblázat) vizsgálva 2004-ben a hüvelyszám és a magszám csak a legnagyobb adagú, N4P4K4 kezelésnél haladta meg a kontroll értékét, míg a hüvelytömeg és a magtömeg tekintetében a legalább 2-szeres P adagú és 1:1:1, illetve 1:2:1 NPK-arányú kezelések hozamparaméterei mutatkoztak magasabbnak. 2005-ben azt tapasztaltuk, hogy a minimum 2-szeres N és K adagokkal kezelt parcellákon a hüvelyszám, a hüvelytömeg, a magszám és a magtömeg értékei egyaránt meghaladták a trágyázatlan kontrollnál mért eredményeket, míg a többi parcella esetén alacsonyabb értékeket kaptunk. A kontrollhoz képest sem az N1P0,5K1, sem az N1P1K1 kezelés nem különbözött szignifikánsan.

A szántóföldi kisparcellás kísérletek 1. évében

a N1P0,5K1 kezelésnél	207,2 g,
a N0,5P1K0,5 kezelésnél	235,5 g,
míg a N1P1K1 kezelésnél	230,6 g ($SzD_{5\%} = 58,45$);

a kísérletek 2. évében

a N1P0,5K1 kezelésnél	178,6 g,
a N0,5P1K0,5 kezelésnél	181,0 g,
míg a N1P1K1 kezelésnél	190,8 g ($SzD_{5\%} = 36,30$) volt a hüvelytömeg.

A kezelésenkénti nyertermés tekintetében 2004-ben nem voltak szignifikáns eltérések kimutathatók. 2005-ben is kizárólag a N4P4K4 kezelés mutatott statisztikailag igazolható termésdepressziót.

2004-ben a viszonylag kedvezőtlen csapadékeloszlás (3. melléklet) ellenére a Boróka szójafajta elérte, sőt a N4P4K4 kezelés kivételével túlteljesítette a termőképessége (lásd 21. oldal) alapján elvárt termésszintet. Az elvárható 2,5-3,5 t/ha-os hozam helyett 3,65-4,28 t/ha-t takarítottunk be kezeléstől függően (9. ábra). Ebben az évben sem a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva, sem az egyes kezelések között nem volt szignifikáns különbség kimutatható.

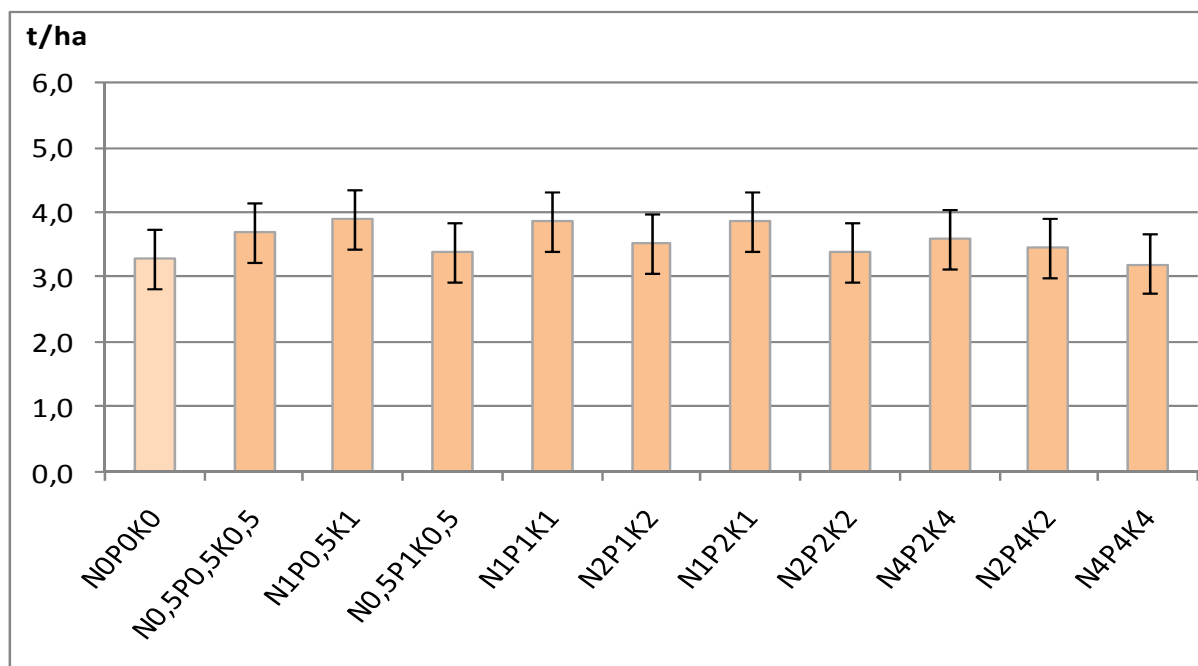
A 2005-ös évben rendkívül csapadékos volt a június-augusztusi időszak, mintegy 330 ml esett a három hónap alatt (3. melléklet). Az időjárás nem kedvezett a szója generatív fejlődésének, a túlzott mennyiségű csapadék elhúzódozó érést, későbbi betakarítást, ebből adódóan némi pergési veszteséget okozott. Az alkalmazott fajta azonban így is kizárólag a 4-szeres N, P és K dózisok mellett nem volt képes elérni az elvárható minimum 2,5 t/ha-os termést (10. ábra). Míg a többi műtrágya kombináció hatására sem a kontrollhoz képest, sem a kezelések között nem jelentkezett szignifikáns eltérés, a N4P4K4 kezelést kapott parcellákon a N1P0,5K1 kezelést kivéve minden kezelésnél statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb hozam volt mérhető.

22. táblázat Szántóföldön nevelt szója vegetatív paramétereinek alakulása 2004-2005-ben végzett saját kísérletekben

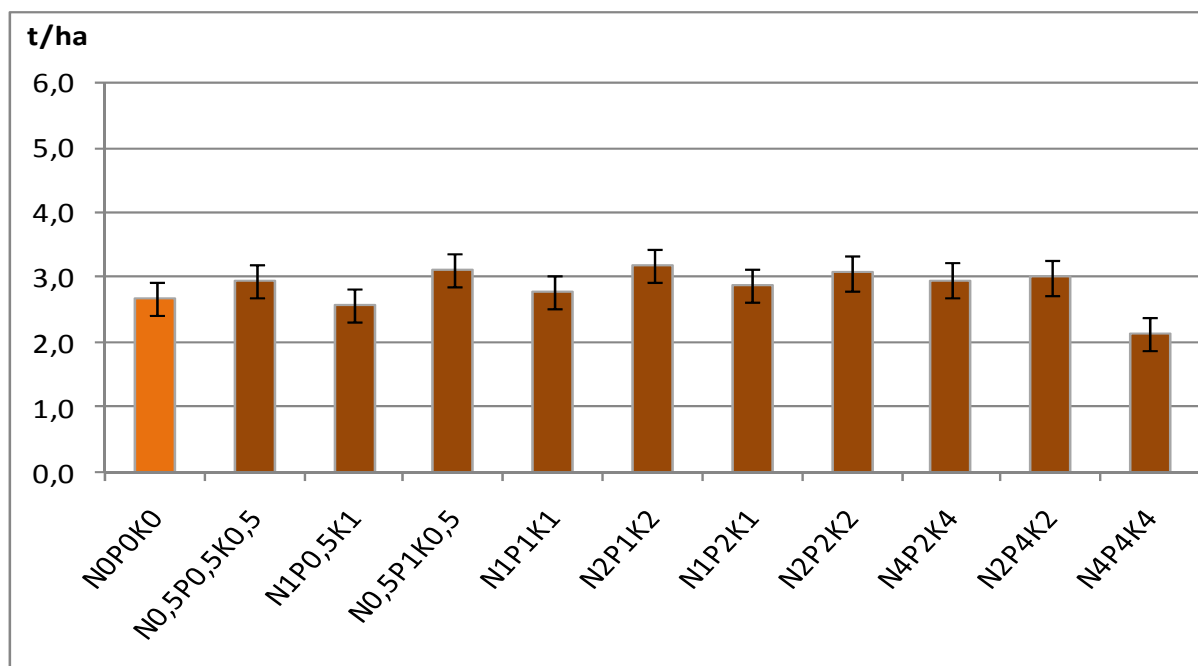
2004									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Száranyag produkció (g/ minta)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Száranyag produkció (g/ minta)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Száranyag produkció (g/ minta)
Kontroll	22,70	120,67	24,37	45,63	311,73	78,43	63,13	406,47	305,60
N0,5P0,5K0,5	21,93	129,17	26,90	46,77	408,43	98,83	61,70	335,27	255,40
N1P0,5K1	23,67	155,33	27,97	48,43	379,17	87,33	61,90	389,07	294,80
N0,5P1K0,5	22,57	131,63	24,27	46,90	413,13	106,80	56,60	388,37	298,12
N1P1K1	24,40	152,50	26,43	48,27	390,33	99,47	61,20	398,07	286,08
N2P1K2	22,87	134,43	24,57	44,57	370,40	92,30	59,87	363,60	269,39
N1P2K1	23,40	128,70	24,63	49,67	423,43	102,20	62,93	456,17	324,85
N2P2K2	22,83	131,50	25,40	43,17	401,13	98,73	56,23	475,67	320,35
N4P2K4	21,03	126,85	26,75	43,77	387,97	91,37	58,93	394,27	286,10
N2P4K2	22,87	146,40	26,87	45,30	402,33	95,37	58,10	471,37	326,68
N4P4K4	21,83	122,20	24,80	46,00	388,17	88,13	60,67	515,30	337,86
SzD _{5%}	1,93	28,16	4,65	3,60	101,74	22,99	5,83	124,99	70,41
2005									
	4 nóduszos állapot			virágzás kezdete			teljes érés		
Kezelés	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Száranyag produkció (g/ minta)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Száranyag produkció (g/ minta)	Növény- magasság (cm)	Zöldtömeg (g/ minta)	Száranyag produkció (g/ minta)
Kontroll	21,57	117,13	22,75	81,53	802,20	160,23	94,47	510,27	317,18
N0,5P0,5K0,5	24,23	171,33	32,68	78,53	797,27	157,07	93,13	422,40	267,09
N1P0,5K1	24,23	170,40	31,87	87,87	1076,93	231,61	99,87	450,87	293,98
N0,5P1K0,5	22,93	156,67	30,17	88,87	804,20	174,15	95,47	358,91	237,82
N1P1K1	23,50	193,20	35,39	86,80	1053,93	209,46	106,67	537,45	271,07
N2P1K2	23,53	191,13	34,32	89,20	1220,80	217,77	102,73	588,91	375,04
N1P2K1	25,53	196,73	36,71	90,60	1115,67	218,50	102,87	324,96	228,49
N2P2K2	23,93	144,93	27,70	82,67	1037,00	206,14	104,67	531,61	342,06
N4P2K4	22,17	126,47	22,95	81,60	1340,80	244,49	98,20	662,93	405,32
N2P4K2	23,30	166,47	30,91	84,60	1008,47	183,56	101,07	584,00	361,95
N4P4K4	20,10	138,40	25,63	69,20	854,40	161,00	87,80	737,23	411,81
SzD _{5%}	2,39	48,96	8,83	7,52	312,58	72,62	6,80	114,56	97,44

23. táblázat Szántóföldön nevelt szója hozamparamétereinek alakulása 2004-2005-ben végzett saját kísérletekben

	2004					2005				
Kezelés	Hüvelyszám	Hüvelytömeg	Magszám	Magtömeg	Nyerstermés	Hüvelyszám	Hüvelytömeg	Magszám	Magtömeg	Nyerstermés
	(db/ minta)	(g/ minta)	(db/ minta)	(g/ minta)	(kg/ parcella)	(db/ minta)	(g/ minta)	(db/ minta)	(g/ minta)	(kg/ parcella)
Kontroll	385,33	251,37	929,00	171,05	2,62	384,67	210,02	928,67	140,28	2,13
N0,5P0,5K0,5	318,67	207,20	768,33	141,01	2,95	320,67	178,57	690,00	133,96	2,35
N1P0,5K1	366,00	235,47	871,00	162,26	3,12	359,33	181,03	858,67	118,84	2,05
N0,5P1K0,5	362,33	243,77	902,67	166,46	2,71	292,00	154,29	712,67	100,81	2,50
N1P1K1	350,33	230,57	827,67	159,81	3,09	389,00	190,84	928,00	126,44	2,21
N2P1K2	327,00	219,17	788,33	152,78	2,83	446,00	247,57	1070,00	171,61	2,54
N1P2K1	375,67	254,97	904,33	177,96	3,10	294,00	144,99	707,33	94,05	2,30
N2P2K2	378,33	255,50	914,33	178,05	2,71	404,00	218,32	965,00	146,97	2,46
N4P2K4	370,00	235,87	855,67	162,76	2,87	522,67	327,97	1233,33	231,45	2,37
N2P4K2	370,00	262,53	896,33	184,15	2,76	512,00	286,86	1258,00	197,49	2,40
N4P4K4	431,67	271,07	1034,33	185,98	2,56	445,00	253,77	1042,00	182,81	1,71
SzD_{5%}	77,17	58,45	193,81	41,20	0,730	78,38	36,30	167,14	23,67	0,414



9. ábra A szántóföldi kisparcellás kísérletben nevelt szója hektáronkénti hozamának alakulása 2004-ben csernozjom barna erdőtalajon (SzD_{5%}=0,912)



10. ábra A szántóföldi kisparcellás kísérletben nevelt szója hektáronkénti hozamának alakulása 2005-ben csernozjom barna erdőtalajon ($SzD_{5\%}=0,518$)

5.4.4. Szántóföldön nevelt szója tápelem-koncentrációi (NPK)

A szántóföldi szója kísérletben kapott tápelem-koncentrációkon (21. és 24. táblázat) lényegesen kevésbé látszik a kijuttatott műtrágya hatóanyag mennyiségek befolyása a tápelemfelvételre, mint tenyészedenyben nevelt növényekben mért értékeken. Az üvegházi eredményekhez képest még határozottabban kirajzolódik viszont a N-P antagonizmus és a K-P szinergizmus módosító hatása.

A kijuttatott 1-szeres N adagoktól kezdődően a trágyázatlan kontrollnál magasabb N-koncentrációkat mértünk. Ezek a különbségek szinte kivétel nélkül statisztikai elemzésekkel is alátámaszthatók. A N-koncentráció értékein szabadföldi kísérleteinkben kevésbé követhető nyomon a kijuttatott N hatóanyag mennyiségek hatása, mint a párhuzamosan üvegházi körülmények között végzett tenyészedenyes kísérletekben. Általánosságban azonban itt is elmondható, hogy a magasabb adagú kezeléseknél a N-koncentráció növekedése volt tapasztalható.

Bár a P-koncentráció alakulását tekintve jelentős különbségek tapasztalhatók a két kísérleti év között, szignifikáns eltéréseket azonban csak egyes esetekben tudtunk kimutatni mind a kontrollhoz, mind a N1P1K1 kezeléshez viszonyítva. Sem a kijuttatott P műtrágya hatóanyag mennyiség, sem a N-P és a K-P kölcsönhatások nem befolyásolták döntően a növényi P-koncentráció alakulását.

A szójahajtás K-koncentrációjában jól érvényesül a kijuttatott K hatóanyag mennyisége. A 2004-es évben az 1. és 2. lebontáskor főként az 1-szeres és annál nagyobb adagú NK kezeléseknél mértünk a kontrollnál magasabb K-koncentráció értékeket. Teljes éréskor már

kizárólag a 4-szeres műtrágya adagokkal értünk el a kontrollhoz és a N1P1K1 kezeléshez képest statisztikailag igazolható növekedést, míg a termés K-koncentrációja csak a N4P4K4 kezelés hatására volt igazolhatóan magasabb azoknál. A kísérlet második évében a különbségek lényegesen kisebb számban voltak statisztikailag igazolhatók, bár a két év eredményei között az 1. és a 2. lebontást tekintve tendenciájában nem jelentős az eltérés.

24. táblázat Szójahajtás N-, P- és K-koncentrációjának alakulása a kezelések hatására 2004-2005-ben végzett saját szántóföldi kisparcellás kísérletekben

2004									
	virágzás kezdete			hüvelytelítődés kezdete			teljes érés		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	3,30	0,33	2,16	2,28	0,24	1,40	0,45	0,04	0,23
N0,5P0,5K0,5	3,44	0,31	2,32	2,88	0,26	1,67	0,55	0,06	0,31
N1P0,5K1	4,07	0,35	2,56	3,07	0,26	1,80	0,59	0,06	0,34
N0,5P1K0,5	3,81	0,36	2,47	3,06	0,27	1,59	0,61	0,09	0,31
N1P1K1	3,96	0,37	2,67	3,14	0,26	1,65	0,73	0,08	0,27
N2P1K2	4,05	0,36	2,74	3,29	0,27	1,79	0,77	0,08	0,38
N1P2K1	4,01	0,35	2,47	3,15	0,28	1,80	0,80	0,11	0,34
N2P2K2	4,19	0,35	2,64	3,47	0,28	1,83	1,09	0,11	0,33
N4P2K4	3,99	0,32	2,61	3,51	0,30	2,29	0,71	0,05	0,52
N2P4K2	4,06	0,37	2,76	3,47	0,30	1,98	1,06	0,15	0,50
N4P4K4	3,98	0,32	2,55	3,61	0,31	2,27	0,94	0,09	0,52
SzD _{5%}	0,326	0,034	0,352	0,260	0,034	0,300	0,244	0,036	0,146
2005									
	virágzás kezdete			hüvelytelítődés kezdete			teljes érés		
Kezelés	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
Kontroll	2,40	0,38	1,98	1,57	0,29	1,66	0,56	0,16	0,61
N0,5P0,5K0,5	2,43	0,42	1,99	1,87	0,32	1,76	0,61	0,17	0,59
N1P0,5K1	2,77	0,36	2,04	2,28	0,30	1,87	0,57	0,15	0,45
N0,5P1K0,5	2,07	0,32	1,93	1,40	0,28	1,65	0,60	0,18	0,40
N1P1K1	2,84	0,31	2,08	2,21	0,28	2,06	0,64	0,16	0,51
N2P1K2	3,40	0,34	2,35	2,61	0,26	1,89	0,71	0,11	0,47
N1P2K1	2,96	0,33	2,08	1,97	0,29	1,75	0,60	0,17	0,50
N2P2K2	3,41	0,33	2,14	2,91	0,27	1,78	0,82	0,12	0,42
N4P2K4	3,54	0,33	2,47	3,01	0,28	2,00	0,92	0,12	0,56
N2P4K2	3,49	0,34	2,30	3,55	0,35	1,85	0,99	0,13	0,68
N4P4K4	3,63	0,33	2,30	3,31	0,30	2,06	1,28	0,12	0,74
SzD _{5%}	0,394	0,048	0,272	0,604	0,042	0,252	0,254	0,044	0,300

A szántóföldi kisparcellás szója kísérletek 1./2. évében a N1P1K1 kezelésben

a N-koncentráció	virágzás kezdetén	3,96/2,84 %,		
	hüvelytelítődés kezdetén	3,14/2,21 %,		
	teljes éréskor a hajtásban	0,73/0,64 %,	a magban	5,33/4,16 %;
a P-koncentráció	virágzás kezdetén	0,37/0,31 %,		
	hüvelytelítődés kezdetén	0,26/0,28 %,		
	teljes éréskor a hajtásban	0,08/0,16 %,	a magban	0,49/0,81 %;
a K-koncentráció	virágzás kezdetén	2,96/2,08 %,		
	hüvelytelítődés kezdetén	1,65/2,06 %,		
	teljes éréskor a hajtásban	0,27/0,51 %,	a magban	1,61/1,86 %.

A többi kezelésben kapott mérési adataink alapján azonban a szója „kielégítő” ellátottsága csernozjom barna erdőtalajon az alábbi koncentráció értékek mellett fennáll:

virágzás kezdetén	2,40-4,19 % N,	0,31-0,42 % P	és	1,98-2,76 % K;
hüvelytelítődés kezdetén	1,57-3,61 % N,	0,24-0,35 % P	és	1,40-2,29 % K;
teljes éréskor a hajtásban	0,45-1,09 % N,	0,04-1,18 % P	és	0,23-0,68 % K;
a magban	4,16-6,66 % N,	0,40-0,85 % P	és	1,51-1,91 % K.

5.5. A szójával végzett kísérleteinkben kapott NPK-koncentrációk összevetése szakirodalmi adatokkal

A kísérleti növények hajtásában mért N-, P- és K-koncentrációkat összehasonlítottuk a hazai és nemzetközi szakirodalomban közölt értékekkel (12-14. melléklet). A szója tápelem-ellátottsági kategóriáira vonatkozóan jelentős mennyiségű adatot találtunk, azonban az egyes szerzők által közölt értékek nagy szórást mutatnak.

Virágzás kezdetén a tenyészedényes szója kísérletekben kapott N-koncentrációk az irodalmi adatok szerint „kielégítőnek” bizonyultak. A növények P-tartalma csak az alacsonyabb adagú kezeléseknél nem érte el a legtöbb szerző által „kielégítőnek” tartott kategória alsó határát. A szójahajtás K-koncentrációja a trágyázatlan kontroll kezelésben hiányt mutatott, a többi műtrágya-kombináció hatására azonban a szerzők többségének adatai alapján kielégítőnek bizonyult. A szántóföldi kisparcellás kísérletek N-, P-, ill. K-koncentrációi a tenyészedényben mért értékeknél kisebb változatosságot mutattak, egyaránt a „kielégítő” intervallumba estek.

Sem tenyészedényes, sem kisparcellás kísérleteinkben nevelt növények hüvelykötés kezdeti N-tartalma nem érte el a külföldi kísérletekben mért értékeket, sokkal inkább a Kurnik (1976) által közölt értékekhez hasonlóan alakultak. A tenyészedényben ugyanekkor mért P-koncentráció nem érte el a szakirodalomban leírt „kielégítő” intervallumot, és a szabadföldön kapott eredmények is csak annak alsó határa körül alakultak. Mind a tenyészedényes, mind a szabadföldi kísérletek alacsonyabb adagú kezeléseiben K-hiányt tapasztaltunk, míg a magasabb adagú műtrágya-kombinációk kielégítő ellátottságot eredményeztek.

A szójahajtás teljes érés kori N-, P- és K-koncentrációjára vonatkozóan a Kurnik (1976) által megadott értékek állnak rendelkezésünkre. A tenyészedényben nevelt szója növények K- és P-tartalma többszöröse Kurnik (1976) adatainak, a K-koncentráció azonban megfelel

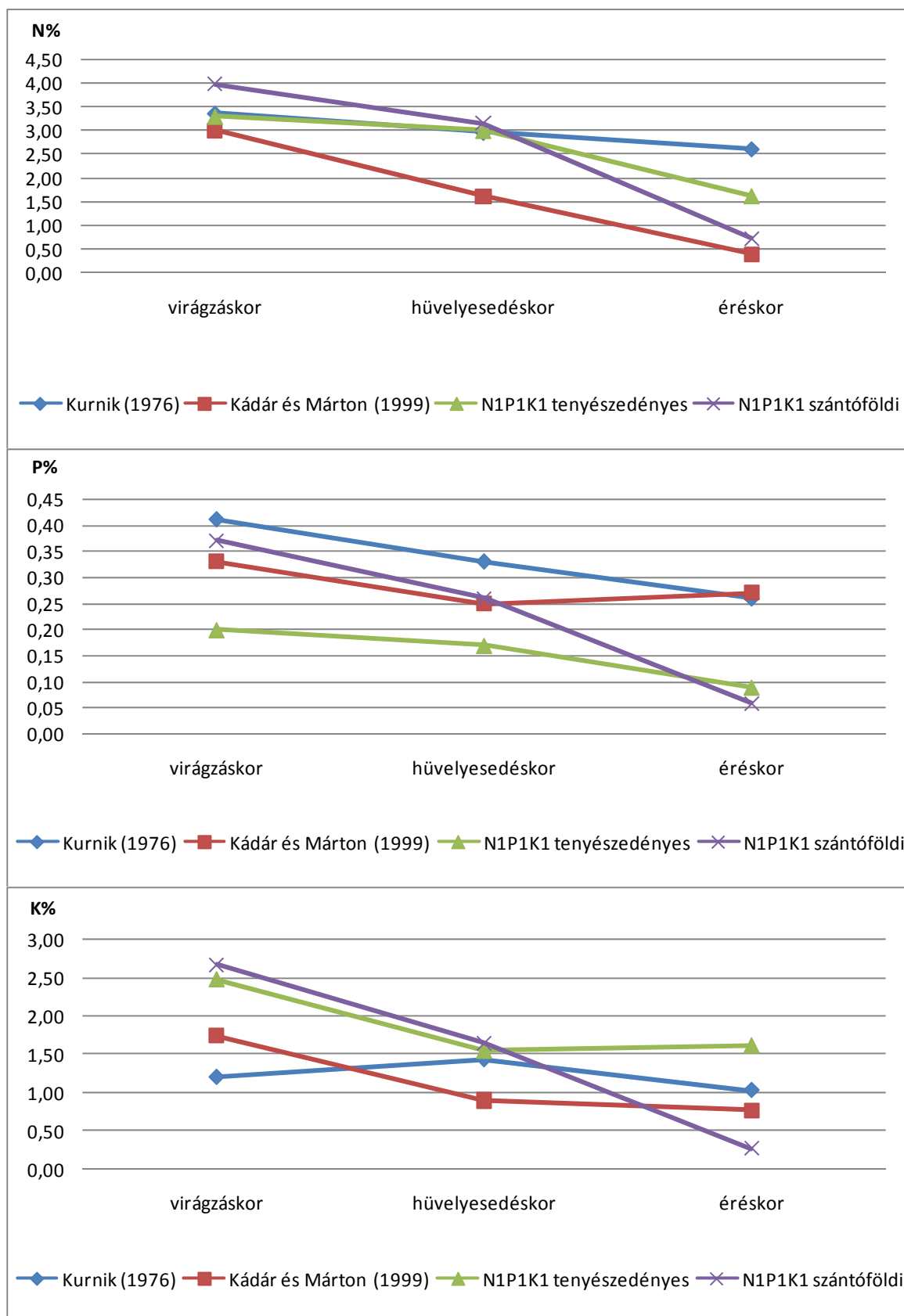
azoknak. A szabadföldi kísérletekben kapott százalékos N-tartalom Kurnik (1976) adataihoz hasonlóan alakul, míg a mért P- és K-koncentráció mintegy kétszerese az általa közölteknek.

A szója termés tápelem-ellátottsági határértékeire vonatkozóan fellelhető szakirodalmi adatokat a 15. mellékletben összesítettük. A N-koncentráció tekintetében kísérleti eredményeink (21. táblázat) a legtöbb szerző által közölt értékek alapján a „kielégítő” kategóriába sorolhatók. Ezekből eltérő (magasabb) értéket csak a 2004-es tenyészedényes kísérlet néhány magasabb adagú kezelésében kaptunk. A szója mag P-tartalma vizsgálataink során 0,39-0,83 % között alakult, azaz a 15. mellékletben felsorolt szerzők valamelyike szerint egytől-egyig „kielégítő” tápelem-ellátottságot jeleznek, míg ugyanazok az értékek egy másik szerzőnél akár már a toxikus kategóriába tartozhatnak. A K-koncentráció vizsgálatok kísérleteinkben egységes képet kaptunk, eredményeink átlagosan 1,6 és 2,0 között változnak. Így leginkább a Reuter és Robinson (1997) által leírt adatokkal mutatnak hasonlóságot.

A szójára tápelem-ellátottsági határértékeiről vonatkozóan sok és sokféle információhoz juthatunk, a fellelhető értékek alapján mért eredményeink kategóriába sorolása azonban – talán épp e sokszínűség folytán – nehézkes. Az általunk összegyűjtött adatbázisban nem találhatunk általánosan elfogadható intervallumot a „kielégítő” kategóriára sem. Hogy minél helyesebb értékelést végezhessünk, eredményeinket a továbbiakban kizárólag a hazai szerzők által közölt adatokkal vetjük össze. Kurnik (1976) a szójahajtás N-, P-, ill. K-koncentrációjának a tenyészidő folyamán bekövetkező változását bemutató ábráin (1-3. ábra, lásd: 18. oldal) található értékeket összehasonlítottuk az azonos vagy leginkább megközelítő fejlődési stádiumokban kapott saját eredményeinkkel. Törekedtünk arra, hogy eredményeinket hajtás-, ill. levélminták vizsgálati eredményeivel hasonlítsuk össze. Ezért Kádár és Márton (1999) szárra, ill. lombra megadott értékeiből – azok száraztömegét figyelembe véve – súlyozott átlaggal kiszámítottam a hajtás tápelem-koncentrációit.

Elemzésünkben saját kísérleteinknél a MÉM NAK (Antal et al., 1979) alapján kiegyensúlyozottnak tartott N1P1K1-kezelést vettük alapul. A könnyebb áttekinthetőség miatt szerzőnként csupán egy átlagos értéket tüntettünk fel, saját kísérleteink közül pedig az elsőéves (2004) kísérletek eredményeit szerepeltetjük.

A szójahajtás N-, P- és K-koncentrációinak alakulása az 11. ábrán viszonylag egységes képet mutat. Bár az értékek számértékileg többnyire nem esnek egybe, a koncentrációváltozás tendenciája a Kurnik (1976), és Kádár és Márton (1999) által leírtakhoz hasonló. Mindhárom tápelem százalékos jelenléte jellemzően csökken a növényben a tenyészidő folyamán, és még e csökkenés mértéke is viszonylag behatárolt. A két alapul vett szakirodalmi forrás között van némi eltérés, amely leginkább a K-koncentráció tekintetében figyelhető meg. A N-tartalom változásának tendenciája mind a 4 figyelembe vett forrásnál hasonló. A P-koncentrációra vonatkozó kísérleti eredményeink inkább a Kurnik (1976) által közöltekkel csengenek össze, míg a kísérleteinkben mért növényi K-tartalom alakulása hüvelyesedésig csak a Kádár és Márton (1999), onnantól teljes érésig mindkét szakirodalom adataival összhangban van.



11. ábra A szójahajtás N-, P- és K-koncentrációjának alakulása a tenyészidő folyamán a saját 2004-ben végzett tenyészedényes és szántóföldi kisparcellás kísérletekben, valamint Kurnik (1976) ill. Kádár és Márton (1999) szerint

Mind a tenyészedényes, mind a szántóföldi kisparcellás kísérletek második évében a tápelem-koncentrációknak a vizsgált fejlődési stádiumok közötti változásai hasonló képet mutattak, mint az első kísérleti évben.

Az N1P1K1 kezelésen kívül a szabadföldön mindkét kísérleti évben jól teljesítő N0,5P0,5K0,5 és a N1P0,5K1 kombinációkat is bevontuk az összehasonlításba. A tenyészedény kísérletek eredményeiből készített görbék lefutása szinte azonos a N1P1K1 kezeléssel (tenyészedényben). A kisparcellákon nevelt szója koncentrációváltozásai a két bevont kezelésnél csak annyiban térnek el az N1P1K1 kisparcellás kísérletek eredményeitől, hogy a K-tartalomban már a két első mintavétel közt eltelt időben is csökkenést tapasztaltunk.

5.6. A szójjával végzett kísérletekben kapott N/P-, N/K- és K/P-arányok értékelése

Ahogy a borsónál, a szója esetében is kiszámítottuk a N/P-, N/K- és K/P-arányokat azoknak a szerzőknek az adataiból, akik adott fejlődési stádiumban ugyanabban a növényi részben mérték mindhárom fő tápelem „kielégítő” koncentrációját (16. és 17. melléklet). A kapott intervallumok valamelyest szűkebbek, mint a borsó esetében, így is felmerül azonban, nem túl szélesek-e az optimális tápelemarányok reális megítéléséhez. számításaink szerint a N/P-arány 6,0-22,0, a N/K-arány 1,21-3,48, a K/P-arány 2,25-10,83 között alakul, csak a Kurnik (1976) adataiból számított értékek térnek el ettől jelentősen. Az eredményeinkből számított értékeket (25. és 26. táblázat) összehasonlítottuk a számítások során kapott intervallumokkal.

A szójahajtás N/P-aránya tenyészedényben 9,36 és 24,39 közé esett, az irodalmi intervallum értékeinél csak egyes esetekben volt magasabb. Szabadföldön 3,44 és 13,85 közti értékeink pedig olykor nem érték el az intervallum alsó határát. A N/K-arányokat vizsgálva is előfordult, hogy a kísérleteinkben mért koncentrációk hányadosai (0,51-3,47) nem érték el a szakirodalmi adatokból számított legalacsonyabb értéket. A tenyészedényes kísérletekben kapott K/P-arányok a 16. mellékletben említett szerzők értékeinél többnyire magasabbak. A szabadföldön nevelt szója hajtásának K/P-arányai azonban (2,29-10,11) kezeléstől függetlenül a szakirodalmi adatokból számított intervallumba estek. A kijuttatott műtrágya hatóanyag mennyiségek aránya jól nyomon követhető a hajtás tápelemarányainak alakulásán.

A kísérleteinkben mért tápelem-koncentrációkból számított tápelemarányokat a 16. és 17. mellékletben feltüntetett értékekhez hasonlítottuk. Tenyészedényes és kisparcellás kísérleteink koncentrációértékeiből számított N/P-, N/K-, ill. K/P-arányok egyaránt a Reuter és Robinson (1997) által közöltekkel összhangban alakultak.

A tenyészedényes kísérletek N1P1K1 kezelésében (1./2. év) a tápelemarányok a következők:

N/P-arány	virágzás kezdetén	16,73/24,10,	hüvelytelítődés kezdetén	18,08/17,36,
	teljes éréskor a hajtásban	17,57/14,38,	a magban	14,36/11,08;
N/K-arány	virágzás kezdetén	1,33/1,49,	hüvelytelítődés kezdetén	1,94/1,50,
	teljes éréskor a hajtásban	1,00/0,87,	a magban	3,32/3,44;
K/P-arány	virágzás kezdetén	12,58/16,38,	hüvelytelítődés kezdetén	9,34/11,59,
	teljes éréskor a hajtásban	17,54/16,68,	a magban	4,32/3,22 volt.

A szántóföldi kisparcellás szója kísérletek 1./2. vizsgálati évében a N1P1K1 kezelésben a tápelem-arányokra vonatkozóan az alábbi értékeket kaptuk:

N/P-arány	virágzás kezdetén	10,67/9,24,	hüvelytelítődés kezdetén	11,91/7,90,
	teljes éréskor a hajtásban	8,92/3,95,	a magban	10,78/5,12;
N/K-arány	virágzás kezdetén	1,50/1,37,	hüvelytelítődés kezdetén	1,91/1,09,
	teljes éréskor a hajtásban	2,90/1,35,	a magban	3,32/2,24;
K/P-arány	virágzás kezdetén	7,23/6,77,	hüvelytelítődés kezdetén	6,26/7,39,
	teljes éréskor a hajtásban	3,23/3,30,	a magban	3,25/2,29.

25. táblázat Szójahajtás N/P-, N/K- és K/P-arányainak alakulása a kezelések hatására 2004-2005-ben végzett saját tenyészedényes kísérletekben

2004									
	virágzás kezdete			hüvelytelítődés kezdete			teljes érés		
Kezelés	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P
Kontroll	11,90	1,20	9,94	14,59	1,29	11,29	9,43	0,51	18,50
N0,5P0,5K0,5	17,31	1,38	12,53	19,31	1,88	10,26	9,47	0,67	14,17
N1P0,5K1	21,46	1,60	13,44	24,39	2,44	10,00	12,63	1,22	10,39
N0,5P1K0,5	16,82	1,32	12,72	16,45	1,75	9,41	12,09	0,69	18,06
N1P1K1	16,73	1,33	12,58	18,08	1,94	9,34	17,57	1,00	17,54
N2P1K2	19,12	1,32	14,44	21,18	2,09	10,23	19,21	1,26	15,22
N1P2K1	13,41	1,07	12,49	15,43	1,61	9,62	12,37	0,71	17,42
N2P2K2	14,85	1,09	13,65	18,87	1,79	10,59	28,18	1,28	22,03
N4P2K4	16,73	1,10	15,31	23,23	1,75	13,26	38,39	1,50	25,63
N2P4K2	12,43	1,04	11,96	14,87	1,53	9,70	21,78	1,27	17,19
N4P4K4	11,15	1,05	10,58	15,33	1,51	10,15	25,44	1,33	19,13
SzD _{5%}	0,814	0,072	0,969	0,940	0,134	0,923	3,814	0,139	2,853
2005									
	virágzás kezdete			hüvelytelítődés kezdete			teljes érés		
Kezelés	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P
Kontroll	21,49	1,24	17,37	21,10	1,53	13,77	11,38	0,67	17,06
N0,5P0,5K0,5	22,24	1,39	16,02	20,65	1,63	12,67	9,41	0,88	10,68
N1P0,5K1	25,58	1,44	17,75	26,43	1,80	14,67	14,93	1,47	10,16
N0,5P1K0,5	19,28	1,24	15,57	16,58	1,40	11,81	9,36	0,63	14,97
N1P1K1	24,10	1,49	16,38	17,36	1,50	11,59	14,38	0,87	16,68
N2P1K2	22,74	1,36	16,74	19,81	1,72	11,50	21,57	1,77	12,68
N1P2K1	18,67	1,24	15,03	17,49	1,46	12,05	11,08	0,77	14,81
N2P2K2	18,05	1,34	13,49	20,13	1,70	11,87	20,98	1,44	14,81
N4P2K4	16,67	1,28	13,09	19,86	1,71	11,64	25,47	1,30	19,66
N2P4K2	12,22	0,98	12,49	13,11	1,42	9,21	12,61	0,71	17,74
N4P4K4	10,09	0,96	10,46	14,36	1,42	10,11	10,25	0,95	10,79
SzD _{5%}	1,879	0,162	1,245	1,700	0,135	1,206	2,236	0,252	2,680

26. táblázat Szójahajtás N/P-, N/K- és K/P-arányainak alakulása a kezelések hatására 2004-2005-ben végzett saját szántóföldi kisparcellás kísérletekben

2004									
	virágzás kezdete			hüvelytelítődés kezdete			teljes érés		
Kezelés	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P
Kontroll	9,94	1,53	6,50	9,52	1,69	5,77	10,56	2,03	5,21
N0,5P0,5K0,5	10,98	1,51	7,42	11,04	1,73	6,44	8,64	1,82	5,09
N1P0,5K1	11,79	1,59	7,42	11,65	1,71	6,86	9,46	1,89	5,52
N0,5P1K0,5	10,59	1,56	6,86	11,56	1,94	5,95	7,29	1,99	3,67
N1P1K1	10,67	1,50	7,23	11,91	1,91	6,26	8,92	2,90	3,23
N2P1K2	11,43	1,48	7,70	12,44	1,86	6,72	9,46	1,97	4,85
N1P2K1	11,53	1,62	7,12	11,36	1,75	6,50	7,50	2,41	3,16
N2P2K2	11,96	1,59	7,53	12,48	1,92	6,58	9,87	3,47	2,91
N4P2K4	12,45	1,53	8,12	11,80	1,53	7,71	13,85	1,39	10,11
N2P4K2	10,97	1,48	7,45	11,63	1,77	6,66	7,12	2,16	3,48
N4P4K4	12,49	1,56	7,99	11,84	1,60	7,42	10,79	1,80	6,17
SzD_{5%}	0,804	0,242	1,048	1,104	0,354	1,172	2,004	0,848	2,034
2005									
	virágzás kezdete			hüvelytelítődés kezdete			teljes érés		
Kezelés	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P
Kontroll	6,34	1,22	5,33	5,49	0,95	5,81	3,56	0,93	3,82
N0,5P0,5K0,5	5,73	1,22	4,68	5,91	1,06	5,57	3,69	1,10	3,48
N1P0,5K1	7,84	1,36	5,72	7,60	1,23	6,23	3,72	1,28	2,96
N0,5P1K0,5	6,44	1,07	6,01	4,93	0,85	5,83	3,44	1,50	2,29
N1P1K1	9,24	1,37	6,77	7,90	1,09	7,39	3,95	1,35	3,30
N2P1K2	10,04	1,45	6,94	10,05	1,38	7,30	6,93	1,53	4,43
N1P2K1	8,86	1,44	6,23	6,84	1,13	6,12	3,59	1,21	3,00
N2P2K2	10,31	1,59	6,47	10,86	1,63	6,78	7,00	1,99	3,60
N4P2K4	10,66	1,44	7,42	10,59	1,51	7,06	7,87	1,71	4,78
N2P4K2	10,16	1,52	6,72	10,22	1,93	5,33	7,52	1,59	5,40
N4P4K4	10,91	1,58	6,93	11,05	1,60	6,92	10,45	2,03	6,06
SzD_{5%}	1,160	0,272	0,878	1,352	0,310	1,096	2,406	0,736	2,486

A szántóföldi szója kísérletek többi kezelésében kapott eredmények alapján csernozjom barna erdőtalajon a következő értékek mellett beszélhetünk optimális tápelemarányokról:

N/P-arány virágzás kezdetén 5,73-12,49, hüvelytelítődés kezdetén 4,93-12,48, teljes éréskor a hajtásban 3,44-13,85, a magban 5,03-12,67;
N/K-arány virágzás kezdetén 1,04-1,62, hüvelytelítődés kezdetén 0,85-1,94, teljes éréskor a hajtásban 0,93-3,47, a magban 2,20-3,47;
K/P-arány virágzás kezdetén 4,68-8,12, hüvelytelítődés kezdetén 5,33-7,71, teljes éréskor a hajtásban 2,29-10,11, a magban 2,21-3,66.

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A kísérleti eredmények értékelése során környezetvédelmi és gazdasági okokból, a műtrágya-adagok mérséklésének lehetősége érdekében kifejezett hangsúlyt kapott a N1P1K1-nél alacsonyabb adagú kezelések teljesítményének elemzése.

Borsónál a N1P0,5K1 és a N0,5P1K0,5 NPK hatóanyag kombinációk statisztikai értelemben nem különböztek a N1P1K1 kezeléstől, és N-, P- és K-tartalmukban sem mutattak elmaradást a kiegyensúlyozottnak tartott kezeléshez képest. A N, P és K műtrágya hatóanyag adagok csökkentése a borsó műtrágyázási gyakorlatában a fentiek alapján lehetséges, hogy nem indokolatlan. A csökkentés esetleges mértékéről, valamint a kijuttatandó tápelemek arányairól további célirányos kísérletek során szükséges kellő információt szerezni.

Szója esetében a tenyészedényes kísérletekben nem volt olyan kisebb adagú kezelés, amely egyértelműen igazolta volna, hogy a műtrágya adagok csökkentése céljából további kísérletek elvégzésére lenne szükség. Az a tény azonban, hogy a kisparcellás kísérletekben a N0,5P0,5K0,5 és a N1P0,5K1 kezelések mindkét kísérleti évben egyaránt jól szerepeltek, terméshozamuk a kiegyensúlyozottnak tartott N1P1K1 kezeléstől szignifikánsan nem tért el, mégiscsak nyitva engedi hagyni ezt a kérdést.

Az ellátottsági határértékek felkutatására irányuló gyűjtőmunka során egyértelművé vált, hogy a borsóra, ill. szójára fellelhető N-, P- és K-ellátottsági kategóriák számszerűsített adatbázisa nehezen hozzáférhető. Bár több gyűjteményes kötet is feldolgozásra került az irodalmi források felkutatása során, csak korlátozott számú publikáció volt található a témában. Bebizonyosodott, hogy a fellelhető adatok köre nem teljes, a legtöbb ellátottsági kategóriára vonatkozóan rendkívül kevés adat áll rendelkezésre. Mind a borsó, mind a szója esetében előfordulnak magyarázatra szoruló, olykor ellentmondásos információk, egymást átfedő, túl szűk, vagy éppen túlságosan tágak tűnő intervallumok.

A kísérleti munka eredményeként kapott értékek nemzetközi adatokkal való összehasonlítása közben ismételten beigazolódott, hogy az eltérő környezeti viszonyok között végzett kísérletek adatai a hazai körülményekre nem adaptálhatók. Ugyanakkor azonban az összevetés során jelentősen eltérések mutatkoztak a Magyarországon végzett vizsgálatok eredményei között is.

A saját kísérletekben mért tápelem-koncentrációk irodalmi adatokkal való összevetése alapján nem lehet egyértelműen állást foglalni az élettani optimumokról. Az analíziseinkben kapott eredmények tanúsága szerint több esetben nincs olyan kezelés, melynek koncentrációértéke a munkánk során összegyűjtött valamelyik irodalmi forrás alapján ne lenne a „kielégítő” kategóriába sorolható. Ugyanakkor ezek az értékek más szerzők adataiból kiindulva már tápelem-hiányra, vagy feleslegre utalhatnak.

Mind a borsóval, mind a szójával végzett növényvizsgálati eredmények alapján számított tápelemarányok tükrözték a kijuttatott műtrágya hatóanyag mennyiségek arányait. A kapott tápelemarányok a kísérleti növények számára biztosították a jó produkció elérését. Az optimális tápelemarányok pontosítására a jövőben termésminőség-vizsgálatokat szükséges végezni.

Az irodalmi összehasonlítás a tápelemarányok tekintetében a tápelem-koncentrációknál tapasztaltnál hasonló eredményt hozott. A mellékletekben összegyűjtött irodalmi adatok a tápelemarányok esetében olyan nagy szórást mutatnak, hogy nem lehet objektíven eldönteni, melyiket vegyük alapul annak elbírálására, van-e a saját kísérletek eredményei között a növényi tápláltság esetleges zavarát jelző érték.

A szakirodalmi adatok alapján számított intervallum több esetben annyira tág, hogy még a leginkább kiegyensúlyozatlan műtrágya-kombinációt kapott kezeléseknél mért arányok is optimálisnak bizonyulnak, így a kísérletekben kapott tápelemarányok ismerete az irodalmi összehasonlítással nem teszi lehetővé a növény tápláltsági állapotának egyértelmű megítélését.

A kultúrnövényeink tápláltsági állapotára vonatkozó kísérleti eredmények publikálásakor általános gyakorlat, hogy a szerzők nem közölnek külön tápelemarányokat, mivel azok a megadott koncentrációkból egyszerű osztással kiszámíthatók. A tápelem-ellátottsági kategóriák határértékeinek osztásából azonban sok esetben rendkívül széles intervallumokat kapunk. Kérdéses, hogy egy ilyen tág intervallum mindkét szélső értéke jelenthet-e valóban optimális, kiegyensúlyozott tápláltságot.

A jelen dolgozatban ismertetett kísérleti munka során újabb egzakt értékek kerültek meghatározásra a borsó és a szója növények tápláltsági állapotára vonatkozóan. Bár az eredmények a konkrét kísérleti körülmények, ill. az adott vizsgálati évek klimatikus viszonyai között értelmezhetők, az értékek bővítik a hazai adatbázist, és hozzájárulhatnak a két jelentős pillangós kultúrával végzendő további kutatások eredményeinek értékeléséhez.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Kultúrnövényeink kiegyensúlyozott tápanyagellátása meghatározó a termés mennyisége és minősége, valamint a termésbiztonság szempontjából. (Fageria, 1992; Kádár, 1992; Sárdi, 1995; Kamprath, 2000; Sumner, 2000). Már a tápláltsági állapotot jelző mutatók kezdeti alakulása utal arra, ha a kiegyensúlyozatlan tápláltság következtében termés kieséssel, ill. a termésminőség romlásával kell számolnunk.

Termesztett növényeink tápláltsági állapotának jellemzésére a növényi tápelem-koncentrációk és ezek egymáshoz viszonyított arányai szolgálnak. Ha egy növényi szervezetben az összes tápelem az adott faj, ill. fajta specifikus igényeit kielégítő mennyiségben van jelen, tehát azok egymáshoz viszonyított arányai a növény számára optimálisak, akkor kiegyensúlyozott, optimális tápláltságról beszélhetünk. A magas termésszint elérésének feltétele, hogy a tápelemeket az adott faj ill. fajta számára kielégítő mennyiségben biztosítsuk (Frageria et al., 1995). A műtrágyázás gazdaságossága akkor a legnagyobb, ha az esszenciális tápelemek koncentrációja a növényben a „kritikus” szinthez közeli, így a lehetséges legmagasabb hozamot érhetjük el anélkül, hogy túlzott mennyiségű hatóanyagot juttatnánk a talajba (Fageria, 1992). A növények tápláltsági állapotának számszerűsített ismerete tehát elengedhetetlen feltétele a faj, ill. fajta igényeihez optimalizált tápanyagutánpótlásnak.

A nagy hozamhoz és jó termésminőséghez tartozó tápelem-koncentrációk és -arányok meghatározásával, azaz a tápláltsági állapot számszerűsítésével, számos neves hazai és külföldi szerző foglalkozott már (Reuter és Robinson 1988, 1997; Kádár 1992; Jones 1998; stb.). A publikált adatbázis azonban még nem teljes, a megbízható határértékek több növényfajra, tápelemre, fejlődési stádiumra, növényi részre hiányoznak. A különböző szerzők által megadott tápelem-ellátottsági határértékek nagy szórást mutatnak, olykor ellentmondásosak.

A hüvelyes növények magas beltartalmi értékük, elsősorban fehérjetartalmuk miatt kiemelkedő szerepet töltenek be a gazdasági állatok takarmányozásában és a humán táplálkozásban egyaránt. Termesztésük a talajállapot javításával, illetve a tápelemek mobilizálásával számos kedvező hatást gyakorol az utónövényre. A borsó és a szója az utóbbi évtizedekben a két legnagyobb területen termesztett hüvelyes növény hazánkban (<http://portal.ksh.hu>, <http://www.akii.hu>).

A kutatás egyik fő célja volt hogy tenyészedényes és szabadföldi kisparcellás kísérleteken keresztül bemutassuk a borsó és a szója, ill. e két faj kiválasztott perspektivikus fajtáinak reakcióit az eltérő adagú és arányú tápelemellátásra.

Törekedtünk a főbb szántóföldi kultúrák közül a borsó és a szója növények tápláltsági állapotára vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalom elemző értékelésére, különös tekintettel a tápelem-ellátottságot jellemző számszerű adatokra. Kísérleti eredményeinket az így összeállított adatbázissal vetettük össze.

Egyúttal bővíteni kívántuk a két növényfaj tápláltsági állapotát jelző tápelem-ellátottsági kategóriákra és tápelemarányokra vonatkozó hazai adatbázist.

A 2004-től 2006-ig terjedő időszakban üvegházi tenyészedenyes és szántóföldi kisparcellás kísérleteket végeztünk borsó (*Pisum sativum* L.) és szója [*Glycine max* (L.) Merrill] növényekkel. Mind a tenyészedenyes, mind a szabadföldi kisparcellás kísérleteket mindkét növényt két-két éven keresztül folytattuk, a második évben változatlan körülmények között megismételve.

A kísérletek során a Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt. 'Power' borsófajtáját és 'Boróka' szójafajtáját alkalmaztuk. A tenyészedenyes kísérletekben a növényeket agyagbemosódásos barna erdőtalajon, a szántóföldi kísérletekben Bóly környékén, csernozjom barna erdőtalajon neveltük. A borsó és a szója esetében egyaránt mind a két kísérlet típusban azonos kezeléseket – a trágyázatlan kontrollon kívül 10 különböző, növekvő adagú NPK-kombinációt – alkalmaztunk. Az egyszeres műtrágyamennyiségeket (N1, P1, K1) a szakirodalomban tárgyalt módon, a kísérleti talaj tápanyag-ellátottsága és a tervezett termésátlag alapján határoztuk meg.

A mintavételi időpontok megválasztása úgy történt, hogy a növények tápláltsági állapotát jellemző mutatók alakulását a vegetációs periódus fontosabb szakaszaiban legyen értékelhető. Borsónál a három vizsgált fejlődési stádium a négy nóduszos állapot, a virágzás kezdete és a teljesérés; míg szójánál a virágzás kezdete, a hüvelytelítődés kezdete és a teljesérés voltak. A kísérletek értékeléséhez a növénymagasság, a zöldtömeg, a szárazanyag-produkció, különböző hozamparaméterek (hüvelytömeg, hüvelyszám, magtömeg, magszám, valamint szántóföldi körülmények között nyerstermés), a N-, a P- és a K-koncentráció, továbbá a N/P-, N/K- és K/P-arányok meghatározására került sor.

A növénymagasság, a zöld- és száraztömeg, a hüvely- és magszám, a hüvely- és magtömeg, továbbá a nyerstermés megállapítása egyszerű mérésekkel történt. Az összes nitrogéntartalmat Kjeldahl módszerrel, a növényi foszfor-koncentrációt 430 nm-es hullámhosszon spektrofotometriásan, a káliumtartalmat 766 nm-es hullámhosszon lángfotometriás eljárással határoztuk meg, majd a koncentrációk ismeretében kiszámítottuk a tápelemarányokat. Az eredmények statisztikai értékelését varianciaanalízissel végeztük (ANOVA).

2001 óta kísérjük figyelemmel a borsó és a szója hazai és nemzetközi szakirodalmát. A két faj számára optimális tápanyagellátás megismerésére törekedve összegyűjtésre kerültek a tápelem-ellátottsági határértékek, valamint a két növény számára kedvező tápelemarányok.

Kísérleti eredményeink értékelésekor a kezelt növényeknél mért értékeket a trágyázatlan kontroll mellett a MÉM NAK (Antal et al., 1979) ajánlás szerinti N1P1K1 műtrágya-kombinációval is összehasonlítottuk. A mezőgazdasági termelés finanszírozásában bekövetkezett változások, illetve a természeti értékek megőrzésének fokozódó igénye miatt ez utóbbi összevetést is érdemesnek bizonyult elvégezni.

A vizsgálati eredmények felhívták a figyelmünket egyes kisebb adagú kezelések kiemelkedő teljesítményére. Borsónál a N1P0,5K1 és a N0,5P1K0,5 kombinációk produkciójukat tekintve statisztikailag igazolhatóan nem különböztek a N1P1K1 kezeléstől, és N-, P- és K-tartalmukban sem maradtak el attól. A szójával végzett kisparcellás kísérletekben a N0,5P0,5K0,5 és a N1P0,5K1 kezelések mindkét kísérleti évben jól szerepeltek, hozamukban a kiegyensúlyozottnak tartott N1P1K1 kezeléstől szignifikánsan nem tértek el. Ez további célirányos kísérletek szükségességére hívja fel a figyelmet arra vonatkozóan, hogy környezetvédelmi és gazdaságossági szempontok alapján indokolt-e a borsó-, ill. szójatermesztési gyakorlatban a N, P és K műtrágya adagok csökkentése.

Mind a borsóval, mind a szójával végzett kísérleteinkben mért N-, P- és K-koncentrációkat, valamint N/P-, N/K- és K/P-arányokat összevetettük a hazai és nemzetközi szakirodalomban közölt adatokkal, alakulásukat azokkal együtt is értékeltük.

Az ellátottsági határértékek felkutatására irányuló gyűjtőmunka során azt tapasztaltuk, hogy a borsó, ill. szója N-, P- és K-ellátottsági kategóriáit számszerűsítő adatbázis nehezen hozzáférhető. A fellelhető adatok köre nem teljes, csupán a „kielégítő” ellátottsági kategóriára vonatkozóan találtunk viszonylag több forrást. A megadott értékek olykor ellentmondásosak, az intervallumok átfedésben vannak, olykor látszólag túl szűkek, vagy éppen túlzottan tágak.

A kísérletekben kapott tápelem-koncentrációk és tápelemarányok szakirodalmi adatokkal való összehasonlítása alapján nem lehet egyértelműen állást foglalni az élettani optimumokról. A vizsgálatok során kapott eredmények tanúsága szerint több esetben nincs olyan kezelés, melynek koncentrációértéke az általunk feldolgozott irodalmi források közül legalább egy alapján ne lenne a „kielégítő” kategóriába sorolható. Ugyanezek az értékek más szerzők adataiból kiindulva akár tápelem-hiányra, vagy feleslegre utalhatnak. A tápelemarányok esetében az összegyűjtött irodalmi adatok rendkívül nagy szórást mutatnak. Ezeket alapul véve nem könnyű objektíven állást foglalni arra vonatkozóan, hogy kísérleti eredményeink optimális tápláltságot, vagy épp a növényi tápláltság zavarát jelzik.

A kultúrnövényeink tápláltsági állapotára vonatkozó kísérleti eredmények közlésekor elterjedt szokás, hogy a szerzők nem közölnek a tápelemarányokra vonatkozóan számszerű értékeket, mivel azok a tápelem-koncentrációkból egyszerűen kiszámíthatók. Kérdéses azonban, hogy a tápelem-ellátottsági kategóriák határértékeinek osztása során gyakran kapott rendkívül tág intervallumok ténylegesen jelezhetnek-e minden esetben harmonikus tápláltságot.

Az értekezésben ismertetett tenyészedényes és kisparcellás kísérletek során újabb egzakt értékeket határoztunk meg a borsó és a szója növények tápláltsági állapotára vonatkozóan. A kísérleti eredmények tovább bővítik a hazai adatbázist, és hozzájárulhatnak a két faj tápláltsági állapotának megismerését célzó jövőbeni kísérletek értékeléséhez.

8. SUMMARY

Nutrient supply of crops is determinant from the aspect of yield levels and quality as well as yield stability (Fageria, 1992; Kádár, 1992; Sárdi, 1995; Kamprath, 2000; Sumner, 2000). Changes in the parameters characterizing the nutrient status of plants in the early vegetative period shows that yield losses and decreases in yield quality cannot be avoided because of the inadequate nutrient supply.

For characterizing the nutrient status of crops, nutrient concentrations of plants and ratios are suitable. Nutritional status of plants can be adequate and optimum if the amounts of all the nutrient elements in the plant meet the specific requirements of the species and varieties. Accordingly, the ratios of these elements are optimum for the plant. Adequate supply of nutrient elements related to crop requirements is determinant for ensuring high yield levels (Fageria et al., 1995). The maximum efficiency of fertilization can only be obtained when concentrations of essential nutrients in plants are near the critical nutrient supply category, thus potentially maximum yields can be reached without getting excessive amounts of nutrients into the soil (Fageria, 1992). Consequently, obtaining exact information on the nutritional status of crops is an essential criteria for optimizing nutrient management practice.

Nutrient concentrations and ratios needed for the high yield levels and good quality were determined for describing the nutritional status were established by several authors (Reuter and Robinson 1988, 1997; Kádár 1992; Jones 1998; etc.). However, the database is still insufficient, reliable nutrient category intervals for several plant species, nutrient elements, growth stages and plant parts are incomplete and missing. Concentration ranges of nutrient supply categories published by different authors show a big variability, and sometimes they are inconsequential.

Because of their outstanding nutritive value – particularly as they have high protein content –, leguminous crops play a significant role both in animal feeding and human nutrition. By improving soil fertility and mobilization of soil nutrients, their production has several favourable influences on the following crops. In the last decades, peas and soybeans have been the two leguminous crops grown in the largest area in Hungary (<http://portal.ksh.hu>, <http://www.akii.hu>).

One of the main objectives of our research was to demonstrate responses of pea and soybean varieties to the increasing levels of nutrient supply with different nutrient ratios from the results of pot experiments and field trials.

Literature data available in Hungarian and international publications on the nutritional status of peas and soybeans were widely reviewed especially the numerical values characterizing nutrient supply. Our experimental results were compared to the collected database.

The other subject of this research was to extend the existing Hungarian database regarding the nutrient supply intervals and nutrient ratios suitable for characterizing their nutritional status.

In the period of 2004-2006, pot and field experiments were carried out with peas (*Pisum sativum* L.) and soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill]. Both the pot and the field experiments were carried out parallel and repeated in the second year with both crops under the same conditions.

The 'Power' pea and 'Boróka' soybean varieties of the Bóly Agricultural Production and Commercial Share Company were applied in the experiments. Under greenhouse conditions plants were grown in pots using a lessivated brown forest soil (FAO taxonomy: Luvic phaeosem). Under field conditions, experiments were carried out in a chernozem brown forest soil (FAO taxonomy: Haplic Chernozem). The same treatments i.e. nutrient amounts were applied for peas and soybeans. Besides of the unfertilized control, 10 different treatment combinations were applied with increasing NPK fertilizer rates. The single rate nutrient amounts (N1, P1, K1) were calculated based on the amounts of available soil nutrients and the expected yields, as suggested in the literature.

Harvest and sampling dates were determined in order to evaluate the main parameters characterizing nutritional status of plants during the important periods of vegetation. Peas were harvested at the stage of 4 nodes, at the start of flowering and at full ripening; while soybeans at the start of flowering, at the start of pod filling and at full ripening.

For evaluating the results of experiments, average plant height, fresh weight, dry matter (DM) production, several yield parameters (number and average weight of pods, number and average weight of seeds, in field conditions also raw yield), N, P and K concentration, and nutrient ratios (N/P, N/K, K/P) were determined.

Plant height, fresh weight, dry matter production, number of pods and seeds, average weight of pods and seeds and raw yield were determined by simple measurements. Total nitrogen content of plants was analyzed with the Kjeldahl method. Phosphorus concentration was determined by using a spectrophotometer at 430 nm wavelength and potassium content by flame photometry at 766 nm. Nutrient ratios were calculated from the concentrations. Experimental results were evaluated with analysis of variance at the $P=0.05$ level (ANOVA test).

Hungarian and international literature of peas and soybeans since 2001 was thoroughly studied. One of the main tasks of this present study was to get reliable information on the optimum nutrient supply of these two crops, so intervals of nutrient supply categories and the adequate nutrient ratios were collected and evaluated.

While evaluating the experimental results, differences i.e. surpluses in production were compared to the unfertilized control. Because of the increasing costs of agricultural production and also from the aspect of environmental considerations, an other comparison was also important: experimental results were compared to the N1P1K1 treatment as well, as „adequate” level, according to the previous „standard” fertilizer recommendation system MÉM NAK (Antal et al., 1979) in Hungary.

Results of the experiments called the attention to the favourable results of low rates of fertilizer treatments for both environmental and economic considerations. The productivity and the NPK nutrient content obtained with the N1P0.5K1 and N0.5P1K0.5 combinations of peas was not significantly different from those of the N1P1K1 treatment. In the field experiments carried out with soybeans, productivity of the N0.5P0.5K0.5 and N1P0.5K1 treatments were similar when compared to the results of N1P1K1 treatment. These results showed the necessity of further studies whether lower fertilizer rates for pea and soybean production practice may be reasonable.

N, P and K concentrations and N/P, N/K and K/P ratios measured in the experiments were compared to and evaluated together with data available in Hungarian and international literature.

It was found that the database describing the level of N, P and K nutrient supply is still not complete. Comparing the nutrient concentration intervals and ratios of the experiments with literature data was not enough to obtain reliable information on the physiological status of plants. Relatively more sources could be found regarding the „adequate” nutrient supply category. The published data are often inconsistent, intervals are overlapping, are sometimes seemingly too close or even too wide.

Based on the comparison of nutrient concentrations and ratios of the experiments with literature data it could be stated that data interpretation was rather difficult. In several cases there could not be found any treatment where the concentration values would not be classified as „adequate” based on at least one of the sources. The same values may show nutrient deficiency or even nutrient excess compared to the results given by other authors. Literature data regarding the nutrient ratios were also rather variable. Based on these, it was difficult to evaluate experimental results in an objective way.

Results of pot and field experiments discussed in the PhD dissertation and thesis provided new and complementary results for the evaluation of nutrient supply level of peas and soybeans. These results give an extension of the Hungarian database and contribute to the evaluation of further experiments in order to obtain more information on the nutrient supply of these two crops.

9. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A kísérleti eredmények arra engednek következtetni, hogy környezetvédelmi és gazdasági okokat szem előtt tartva a csernozjom barna erdőtalajon folytatott borsó-, ill. szójatermesztési gyakorlatban a korábban általánosan alkalmazott szaktanácsadási rendszer által ajánlott N, P és K műtrágya adagok csökkentése indokolt lehet. A csökkentés mértékének megállapítására további, célirányos kísérletekre van szükség.

1.1. A borsóval végzett szántóföldi kisparcellás kísérletekben a N1P0,5K1 és a N0,5P1K0,5 kezeléskombinációk produkciójukat tekintve statisztikailag igazolhatóan nem különböztek a N1P1K1 kezeléstől, és N-, P- és K-tartalmukban sem maradtak el attól.

1.2. A szójával végzett szántóföldi kisparcellás kísérletek során a N0,5P0,5K0,5 és a N1P0,5K1 kezelések hozama a kiegyensúlyozottnak tartott N1P1K1 kezeléstől szignifikánsan egyik kísérleti évben sem tért el.

2. A kísérletekben kapott eredmények szerint nem kizárólag a MÉM NAK (Antal et al., 1979) ajánlásban javasolt műtrágya hatóanyag mennyiségek (N1P1K1 kezelés) biztosították a növények optimális tápláltsági állapotát.

2.1. A növényvizsgálati eredmények alapján csernozjom barna erdőtalajon nevelt borsó „kielégítő” ellátottsága

4 nóduszos állapotban	3,81-5,11 % N,	0,26-0,42 % P és	2,62-3,20 % K;
virágzás kezdetén	1,78-3,79 % N,	0,19-0,42 % P és	1,25-3,08 % K;
teljes éréskor a hajtásban	0,68-1,14 % N,	0,05-0,11 % P és	0,33-1,53 % K;
a magban	3,26-5,76 % N,	0,38-0,50 % P és	1,02-1,31 % K
koncentrációk mellett biztosított.			

2.2. A szója „kielégítő” ellátottságát csernozjom barna erdőtalajon

virágzás kezdetén	2,40-4,19 % N,	0,31-0,42 % P és	1,98-2,76 % K;
hüvelytelítődés kezdetén	1,57-3,61 % N,	0,24-0,35 % P és	1,40-2,29 % K;
teljes éréskor a hajtásban	0,45-1,09 % N,	0,04-1,18 % P és	0,23-0,68 % K;
a magban	4,16-6,66 % N,	0,40-0,85 % P és	1,51-1,91 % K
biztosítja.			

3. A növényvizsgálati eredmények alapján számított tápelemarányok a kísérleti növények számára biztosították a jó produkció elérését. Az optimális tápelemarányok pontosítása érdekében termésminőség-vizsgálatokat szükséges végezni.

3.1. A szántóföldi kísérletek eredményei alapján csernozjom barna erdőtalajon a tápelemarányok alábbi értékei a borsó számára optimálisnak mondhatók:

4 nóduszos állapotban	N/P 10,82-15,73,	N/K 1,33-1,68,	K/P 6,57-10,93;
virágzás kezdetén	N/P 7,84-13,04,	N/K 1,05-1,78,	K/P 5,59-7,99;
teljes éréskor a hajtásban	N/P 6,89-22,20,	N/K 0,58-2,39,	K/P 5,19-29,87;
a magban	N/P 6,95-15,20,	N/K 2,62-5,38,	K/P 2,19-2,83.

3.2. A szántóföldi szója kísérletekben kapott eredmények alapján csernozjom barna erdőtalajon optimális tápelemarányoknak bizonyultak a következők:

virágzás kezdetén	N/P 5,73-12,49,	N/K 1,04-1,62,	K/P 4,68-8,12;
hüvelytelítődés kezdetén	N/P 4,93-12,48,	N/K 0,85-1,94,	K/P 5,33-7,71;
teljes éréskor a hajtásban	N/P 3,44-13,85,	N/K 0,93-3,47,	K/P 2,29-10,11;
a magban	N/P 5,03-12,67,	N/K 2,20-3,47,	K/P 2,21-3,66.

10. NEW SCIENTIFIC RESULTS

1. From the experimental results it was suggested that in pea and soybean production in a chernozem brown forest soil (FAO taxonomy: Haplic Chernozem) reduction of N, P and K fertilizer rates recommended by the standard fertilizer recommendation system in Hungary may be reasonable for both environmental and economic considerations. For determining the extent of reduction, further studies are needed.

- 1.1. The productivity and the NPK nutrient content obtained under field conditions using the N1P0.5K1 and N0.5P1K0.5 combinations of peas was not significantly different from those using the N1P1K1 treatment.

- 1.2. In the field experiments carried out with soybeans, productivity of the N0.5P0.5K0.5 and N1P0.5K1 treatments were similar when compared to the results of N1P1K1 treatment in both of the experimental years.

2. According to the experimental results, the recommended fertilizer rates based on the MÉM NAK (Antal et al., 1979) referred “standard” recommendation system (i.e. rates applied in the N1P1K1 treatment) was not the exclusive among the treatments which could ensure the optimum nutritional status of plants.

- 2.1. Based on the plant analysis results, peas grown in a chernozem brown forest soil were “adequate” supplied when N-, P- and K concentrations in the plants were
at the stage of 4 nodes 3.81-5.11 % N, 0.26-0.42 % P and 2.62-3.20 % K;
at the start of flowering 1.78-3.79 % N, 0.19-0.42 % P and 1.25-3.08 % K;
at full ripening in the shoot 0.68-1.14 % N, 0.05-0.11 % P and 0.33-1.53 % K;
in the seed 3.26-5.76 % N, 0.38-0.50 % P and 1.02-1.31 % K.

- 2.2. The “adequate” nutrient supply of soybeans in a chernozem brown forest soil was ensured by the following N-, P- and K concentration values:

- at the start of flowering 2.40-4.19 % N, 0.31-0.42 % P and 1.98-2.76 % K;
at the start of pod filling 1.57-3.61 % N, 0.24-0.35 % P and 1.40-2.29 % K;
at full ripening in the shoot 0.45-1.09 % N, 0.04-1.18 % P and 0.23-0.68 % K;
in the seed 4.16-6.66 % N, 0.40-0.85 % P and 1.51-1.91 % K.

3. Nutrient ratios calculated from the plant analyses results ensured the good production of test plants. For precizing the optimal nutrient ratios, yield quality analyses are required.

- 3.1. According to the field experiments in a chernozem brown forest soil, following values of nutrient ratios could be considered as optimum for peas:

- at the stage of 4 nodes N/P 10.82-15.73, N/K 1.33-1.68, K/P 6.57-10.93;
at the start of flowering N/P 7.84-13.04, N/K 1.05-1.78, K/P 5.59-7.99;
at full ripening in the shoot N/P 6.89-22.20, N/K 0.58-2.39, K/P 5.19-29.87;
in the seed N/P 6.95-15.20, N/K 2.62-5.38, K/P 2.19-2.83.

3.2. Based on the results of the field experiments carried out with soybeans in a chernozem brown forest soil, optimum values of nutrient ratios were the followings:

at the start of flowering	N/P 5.73-12.49,	N/K 1.04-1.62,	K/P 4.68-8.12;
at the start of pod filling	N/P 4.93-12.48,	N/K 0.85-1.94,	K/P 5.33-7.71;
at full ripening in the shoot	N/P 3.44-13.85,	N/K 0.93-3.47,	K/P 2.29-10.11;
in the seed	N/P 5.03-12.67,	N/K 2.20-3.47,	K/P 2.21-3.66.

11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik a témakidolgozás során nyújtott segítségükkel, a kísérletek elvégzéséhez szükséges feltételek megteremtésével, illetve értékes szakmai tanácsokkal támogattak dolgozatom elkészítésében.

Kiemelt köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. habil. Sárdi Katalin egyetemi tanárnak, Dr. Máté Ferenc professor emeritusnak, valamint a Talajtani és Agrokémiai Tanszék oktatóinak és dolgozóinak.

12. IRODALOMJEGYZÉK

- Ács A., Csatári-Szűts K., Kiss Á.** (1980): Az ökológiai tényezők hatása. In: A borsó. *Pisum sativum* (L.) (szerk.: Mándy Gy., Szabó L., Ács A.). Magyarország kultúrflórája, 17. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 80-83.
- Andriská V., Ponyi I.-né** (1989): Hatékonyság, versenyképesség, jövedelmezőség optimalizációja a szántóföldi növénytermesztésben. OMIKK. Budapest. II. kötet: Napraforgó és szója. pp. 97-156.
- Antal J.** (1999): Szántóföldi növények trágyázása. In: Tápanyaggazdálkodás (szerk.: Füleky Gy.). Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 295-366.
- Antal J., Buzás I., Debreczeni B., Fekete A., Nagy M.** (1987): Talajvizsgálaton alapuló műtrágyázás irányelvei és új javaslat a műtrágyaigény megállapítására. Új műtrágyázási irányelvek. (szerk.: Patócs I.) I. rész. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest. pp. 1-69.
- Antal J., Buzás I., Debreczeni B., Fekete A., Nagy M., Sipos S., Sváb J.** (1979): N, P, K műtrágyázási irányelvek. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. (szerk.: Buzás I. et al.) I. rész. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. pp. 1-47.
- Árendás T., Csathó P., Németh T.** (1998): Navigare necesse est!... Trágyázni nem? Gyakorlati Agroforum. 9(13): 42-45.
- Arnon, I.** (1975): Mineral Nutrition of Maize. International Potash Institute. Switzerland. pp. 145-152.
- Balikó K.** (2004): Tápelem-arányok alkalmazása a növények tápanyag-ellátottságának jellemzésére. X. ITF. Keszthely. 301.pdf.
- Balikó S.** (2001): Újabb esély vagy ismételten elszalasztott lehetőség? Mag Kutatás, Termesztés, Kereskedelem XV. évf. No1. 2001. február, Felelős kiadó: VETMA Kht. Ügyvezetője, Budapest. pp. 4-6.
- Balikó S., Bódis L., Kralovánszky U.P.** (2006): A szója termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest. pp. 36-67., 80-89., 114-124.
- Balikó S., F. Kuszák K.** (1997): Amit a szójáról tudni kell. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest. pp. 5-17.
- Beaufils, E.R.** (1973): Diagnostic and recommendation integrated system (DRIS). Soil Sci. Bull. 1. Univ. of Natal, S. Africa.
- Bennett, W.F. (Ed.)** (1996): Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. APS Press. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. pp. 1-7., 99-103.
- Bergmann, W.** (1979): Termesztett növényeink táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Bergmann, W.** (1986): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena. pp. 8., 12-13.

- Bergmann, W., P. Neubert** (Ed.) (1976): Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena. pp. 545-552.
- Bódis L., Kralovánszky U.P.** (1988): A szója – Élelmiszer és takarmány. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 7-10.
- Bódis L., Lindmayer N.-né, Kiss T.** (1982): A takarmányhüvelyesekkel végzett fajtakísérletek eredményei. Vetőmag Kiadó. pp. 5-24.
- Buzás I.** (szerk.) (1983): A növénytáplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 59-71.
- Cattelan, A.J., M. Hungria** (1994): Nitrogen Nutrition and Inoculation. In: Fehérjehordozó takarmánynövények (szója, lóbab, borsó) termesztése és vetőmag-előállítása az Európai Unióban (dr. Sági Ferenc, 1997) Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ, Budapest. Mezőgazdaságunk útja az Európai Unióban, 14. füzet.
- Chapman, H.D.** (Ed.) (1966): Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Berkeley. Riverside Div. Agric. Sci., University of California, USA. pp. 207, 793.
- Crozat, Y., J.P. Gillet, F. Tricot** (1992): Effects of soil compaction on root distribution, N,P,K uptakes and growth of the pea crop. Root Ecology and its Practical Application. 3rd ISRR. Wien. Proceedings pp. 411-414.
- Csatári-Szűts K., Komjáti I.** (1965): Borsó- és babtermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 7-9.
- Csathó P.** (1992): K- és P-hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 41: 241-260.
- Csathó P., Árendás T., Németh T.** (1998): New environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29(11-14): 2161-2174.
- Csathó P., Radimszky L.** (2005): A magyar mezőgazdaság környezetvédelmi és agronómiai megközelítésű NPK tápelemmérlege 1901 és 2000 között. Agrokémia és Talajtan. 54: 217-234.
- Debreczeni B.** (1979): Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. p. 357.
- Debreczeni B., Debreczeni B.-né** (szerk.) (1994): Trágyázási Kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 40-59.
- Debreczeni B.-né, Sárdi K.** (1999): A tápelemek és a víz szerepe a növények életében. In: Tápanyaggazdálkodás (szerk.: Fülek Gy.). Mezőgazda Kiadó, Budapest. 2. fejezet. pp. 30-90.
- Elek É., Kádár I.** (1977): Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. Veszprém NEVIKI Ankét, Keszthely pp. 71-81.
- Epstein, E.** (1972): Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Wiley & Sons. New York.
- Fageria, N.K.** (1992): Nutrient Use Efficiency in Crop Production. In: Maximizing Crop Yields. Marcel Dekker Inc. New York. Chapter 5. pp. 125-163.

- Fisher, R.A., F. Yates** (1957): Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. 5th ed.. Hafner Publishing Co., New York.
- Frageria, N.A., N.C. Baligar, Ch. Jones** (1995): Soybean. In: Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. (Ed.: Bowker, R.R.) Marcel Dekker Inc. USA. Chapter 1. pp. 1-11.
- Fülek Gy., Rajnainé Végh K.** (1999): A talaj tápelem-szolgáltató képessége. In: Tápanyaggazdálkodás (szerk.: Fülek Gy.). Mezőgazda Kiadó. Budapest. 3. fejezet, pp. 91-139.
- Giesecke, F.** (1954): Der Vegetationsversuch. 2. Der Vegetationsversuch und seine Technik. Neumann Verlag. Radebeul und Berlin.
- Görgényi L.-né** (1980): A borsó belső alaktana. In: A borsó. *Pisum sativum* (L.) (szerk.: Mándy Gy., Szabó L., Ács A.). Magyarország kultúrflórája, 17. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 33-38.
- Gyetvai E., Lengyel T., Balikó K.** (2007): Practical experiences of a fertilizer advisory system, aiming harmonic nutrient supply. 10th International Symposium on Soil and Plant Analysis. Budapest. Proceedings p. 187.
- Győri Z.** (1999): A tápanyagellátás hatása a növényi termékek minőségére. In: Tápanyaggazdálkodás (szerk.: Fülek Gy.). Mezőgazda Kiadó, Budapest. 13. fejezet, pp. 560-674.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, W.L. Nelson** (2005): Soil Fertility and Fertilizers. Pearson Education, Inc., Upper Sadle River, New Jersey. Chapter 9. pp. 298-361.
- Indra Hooda, R.K. Grover** (1989): Influence of host nutrition on the efficiency of fungicides in controlling *Macrophomina phaseolina* on mung bean. Plant Disease Research 4(2): 170-173.
- Ivány K., Kismányoki T., Ragasits I.** (1994): Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. pp. 194-235.
- Jolánkai M.** (1987): A tápanyag és a vízellátás szerepe. Magyar Mezőgazdaság. 42(20): 9.
- Jones, J.B.** (1967): Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: Soil Testing and Plant Analysis. Part II. Plant Analysis. SSSA Madison, Wisconsin, USA. pp. 49-58.
- Jones, J.B., Jr.** (1998): Plant Nutrition Manual. CRC Press, New York. pp. 1-146.
- Kádár I.** (1980): A kálium jelentősége földművelésünkben és egy csernozjom talaj termékenységében. Agrokémia és Talajtan 29: 577-594.
- Kádár I.** (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest. pp. 54-100; 334-370.
- Kádár I.** (2002): A repce (*Brassica napus* L.) tápláltsági állapotának megítélése növényanalízissel. Agrokémia és Talajtan. 51: 395-416.
- Kádár I.** (2005): Műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) elemfelvételére. Agrokémia és Talajtan 54: 359-374.
- Kádár I., Elek É.** (1977): Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. NEVIKI. Keszthely. pp. 71-81.

- Kádár I., Márton L.** (1999): A szója ásványi tápelemforgalma. *Agrokémia és Talajtan*. Budapest. 48:67-82.
- Kádár I., Pusztai A.** (1997): N-műtrágyák hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben. I. meszes homoktalaj (Őrbottyán). *Agrokémia és Talajtan*. 46: 217-228.
- Kamprath, E.J.** (2000): Soil Fertility and Plant Nutrition. In: *Handbook of Soil Science*. Sumner, M.E. (Ed.) CRC Press. Washington. Section D. pp. 1-189.
- Kartha, K.K., K.G. Nema** (1969): Effect of host nutrition on the incidence and severity of a *Rhizoctonia* disease of *Phaseolus aureus*. *Indian Phytopath.* 22: 471-475.
- Kovács G.J., Csathó P.** (szerk.) (2005): A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok. MTA TAKI. Budapest.
- Kralovánszky U.P.** (1975): A fehérjeprobléma. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. pp. 5-25., 47-49., 52-53.
- Krammer M., Debreczeni B.-né** (1962): A tenyészedény-kísérletezés módszerei (talaj- és homokkultúrák). In: *Talaj- és trágyavizsgáló módszerek* (szerk.: Ballenegger R., di Gléria J.). *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. pp. 376-382.
- Kurnik E.** (1962): A szója. *Akadémiai Kiadó*. Budapest. pp. 35-42., 79-87., 135-164.
- Kurnik E.** (1976): Nagyüzemi szójatermesztés. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. pp. 7-9., 27-116., 136-142.
- Liebig, J.von** (1840): *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*. Verlag von F. Vieweg und Sohn. Braunschweig. (7. Auflage. 1862)
- Loch J.** (1992): Tápelemek a talajban, a növényben. In: *Agrokémia és növényvédelmi kémia* (Loch J., Nosticzius Á.). *Mezőgazda Kiadó*, Budapest. 2. fejezet. pp. 85-87., 90-92.
- Lochow, J.v., W. Schuster** (1961): *Anlage und Auswertung von Feldversuchen*. DLG-Verlag. Frankfurt (Main).
- Mándy Gy., Szabó L., Ács A.** (1980): A borsó. *Pisum sativum* (L.). Magyarország kultúrflórája, 17. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) *Akadémiai Kiadó*. Budapest. pp. 13-14.
- Marschner, H.** (1997): Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Chapter 11. pp. 436-460.
- Máté A., Jolánkai M.** (2001): Tápanyagellátás, tápanyag-visszapótlás a növénytermesztésben. *Gyakorlati Agroforum*. 12(7): 3-5.
- Mengel, K., E.A. Kirkby** (1982): *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute. Bern, Switzerland. pp. 335-368., 387-435.
- Mills, H.A., J.B. Jones, Jr.** (1996): Utilization of Plant Tissue Analysis. In: *Plant Analysis Handbook II*. MicroMacro Publishing. USA. Part II. pp. 155-184.
- Munson, R.D., W.L. Nelson** (1990): Principles and Practices in Plant Analysis. In: *Soil Testing and Plant Analysis*. (Ed.: Westerman, R.L.) SSSA. USA.
- Nagy J.** (2000): A zöldborsó. *Dinasztia Kiadó*. Budapest. pp. 5-7. 22-26.
- Németh T., Csathó P., Árendás T.** (2001): New, environmentally friendly wheat fertilizer advisory system for Hungary. In: *Wheat in a Global Environment* (szerk.: Bedő Z.,

- Láng L.). Proceedings of the 6th International Wheat Conference. Budapest. pp. 625-631.
- O. Kovács** Zs. (1987): A szója belső alaktana. In: A szója. *Glycine max* (L.) Merrill (szerk.: Kurnik E., Szabó L.). Magyarország kultúrflórája, 18. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 33-39.
- Pásztor** K. (1981): Kísérletezés. In: Növénytermesztési praktikum (szerk.: Kovács A.). Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 363-382.
- Pepó** P., **Sárvári** M. (1991): Borsó, szója és egyéb maghüvelyes növények. Növénytermesztési füzetek 4. (szerk.: Ruzsányi I.). Debreceni Agrártudományi Egyetem Növénytermesztéstani Tanszék. Debrecen. p. 3.
- Pozsár** B. (1980): A borsó kémiai összetétele és anyagcseréje. In: A borsó. *Pisum sativum* (L.) (szerk.: Mándy Gy., Szabó L., Ács A.). Magyarország kultúrflórája, 17. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 51-54.
- Puskás** I. (1985): Tápanyagigény. In: Zöldbab- és zöldborsótermesztés (szerk.: Velich I., Csizmadia L.). Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 252-253.
- Reuter**, D.J., J.B. **Robinson** (Ed.) (1988): Plant Analysis. An Interpretation Manual. Inkata Press. Melbourne, Sydney. Chapter 4. pp. 34-99.
- Reuter**, D.J., J.B. **Robinson** (Ed.) (1997): Plant Analysis. An Interpretation Manual. Second Edition. CSIRO Publishing. Australia. pp. 37-70., 202-212., 428-429.
- Sági** F. (1997): Fehérjehordozó takarmánynövények (szója, lóbab, borsó) termesztése és vetőmag-előállítása az Európai Unióban. Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ. Budapest. Mezőgazdaságunk útja az Európai Unióba, 14. füzet. pp. 5-24., 39-47.
- Sárdi** K. (1993): A talaj-növény rendszer káliumforgalmának tanulmányozása tenyészedény kísérletekben. Kandidátusi értekezés. Keszthely.
- Sárdi** K. (1995): Talajaink tápanyagforgalmi vizsgálatainak szerepe a talajkímélő trágyázás továbbfejlesztésében. *Agrokémia és Talajtan*. 44: 353-360.
- Sárdi** K. (2000): Tápanyagellátottság hatásainak tanulmányozása fiatal növényeken. XIV. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok. Kiadvány. pp. 238-241.
- Sárdi** K., **Csitári** G. (1997): Responses of Corn and Sunflower to Nutrient Stress. 11th International World Fertilizer Congress of CIEC; Fertilization for Sustainable Plant Production and Soil Fertility; Gent, Belgium. 526-534. p.
- Sárdi** K., **Sisák** I. (1996): Relationship between dry matter production and plant nutrient accumulation as affected by soil properties of long-term fertilization trials. 4th ESA Congress, Proceedings. (Eds.: van Ittersum, M.K. et al.) Veldhoven-Wageningen. The Netherlands. pp. 272-273.
- Sarkadi** J. (1959): Útmutató a trágyázási kísérletek tervezéséhez és végrehajtásához. Fővárosi Nyomdaipari Vállalat. Budapest.
- Sarkadi** J. (1996): Szerves- és műtrágyák tápelemtartalmának érvényesülése tartamkísérletekben. III. K-forgalom. *Agrokémia és Talajtan* 45: 45-56.

- Sárvári M.** (1991): Borsó. In: Borsó, szója és egyéb maghüvelyes növények. Növénytermesztési füzetek 4. (szerk.: Ruzsányi I.). Debreceni Agrártudományi Egyetem Növénytermesztéstan Tanszék. Debrecen. pp. 5-46.
- Schüller F.** (1980): Termesztéstörténet. In: A borsó. *Pisum sativum* (L.) (szerk.: Mándy Gy., Szabó L., Ács A.). Magyarország kultúrflórája, 17. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 14-18.
- Sinha, R.K.P., B.B.P. Sinha** (2004): Effect of potash botanicals and fungicides against wilt disease complex in lentil. *Annals of Plant Protection Sciences* 12(2) 454-455.
- Sivaprakasam, K., K. Pillayarswamy, S. Rajaram** (1975): Effect of NPK on root rot disease incidence in sunflower. *Madras Agricultural Journal* 62(5) 308-309.
- Sumner, M.E.** (1978): Interpretation of Nutrient Ratios in Plant Tissue. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 9(4) 335-345.
- Sumner, M.E. (Ed.)** (2000): Soil Fertility and Plant Nutrition. In: *Handbook of Soil Science*. CRC Press. Washington. pp. D1-D189.
- Sváb J.** (1959): Útmutató szántóföldi kísérletek elrendezésére és értékelésére varianciaanalízissel. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest.
- Sváb J.** (1973): Biometria módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 1-150., 496.
- Szabó L.** (1980a): A borsómag fejlődése és csírázása. In: A borsó. *Pisum sativum* (L.) (szerk.: Mándy Gy., Szabó L., Ács A.). Magyarország kultúrflórája, 17. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 48-51.
- Szabó L.** (1980b): Termesztés napjainkban. In: A borsó. *Pisum sativum* (L.) (szerk.: Mándy Gy., Szabó L., Ács A.). Magyarország kultúrflórája, 17. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 18-19.
- Szabó L.** (1980c): A borsó tápértéke. In: A borsó termesztése. (szerk.: Kiss Á.). Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 29-31.
- Szabó L.** (1987a): A szója növekedése és fejlődése. In: A szója. *Glycine max* (L.) Merrill (szerk.: Kurnik E., Szabó L.). Magyarország kultúrflórája, 18. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 118-119.
- Szabó L.** (1987b): A szója anyagcseréje és kémiai összetétele. In: A szója. *Glycine max* (L.) Merrill (szerk.: Kurnik E., Szabó L.). Magyarország kultúrflórája, 18. füzet. (szerk.: Máthé I., Priszter Sz.) Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 79-81.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.B. Beaton, J.L. Havlin** (1993): Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publishing Company. New York. Chapter 3. pp. 45-79.
- Várallyay Gy.** (2005): Klímaváltozások lehetséges talajtani hatásai a Kisalföldön. *Agro-21 füzetek. Klímaváltozás-hatások-válaszok.* 43:11-23.
- Vavilov, N.I.** (1926): Studies on the origin of cultivated plants. *Bulletin of Applied Botany*. 16. Leningrad.
- Vavilov, N.I.** (1951): The origin, variation, immunity, and breeding of cultivated plants. *Chronica Botanica* 13. Ronald Press. New York.

- Wolf, B.** (1982): A comprehensive system of leaf analysis and its use for diagnosing crop nutrient status. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 13: 1035-1059.
- Zazzerini, A., M. Monotti, R. Buonauro, V. Pirani** (1985): Effects of some environmental and agronomic factors on charcoal rot of sunflower. Helia No. 8. 45-49.
- Zhang, F., B. Pan, D.L. Smith** (1997): Application of Gibberellic Acid to the Surface of Soybean Seed (*Glycine max* (L.) Merr.) and Symbiotic Nodulation, Plant Development, Final Grain and Protein Yield Under Short Season Conditions). Plant and Soil. pp. 188., 329-335.

Egyéb források:

Fajtaajánlat 2003, Bóly Rt.

<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

http://portal.ksh.hu/portal/page?_pageid=37,569024&_dad=portal&_schema=PORTAL

http://www.akii.hu/gazdel/_frames.htm

http://www.bolyrt.hu/vetomaguzemi_tevekenyseg

MSZ 08-1783/1:1983: Nagy teljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok kémiai mintaelőkészítési eljárása ásványi tápanyagok mennyiségi meghatározásához.

MSZ 08-1783/6:1983: Nagy teljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok nitrogéntartalmának mennyiségi meghatározása.

MSZ 08-1783/4:1983: Nagy teljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok foszfortartalmának mennyiségi meghatározása.

MSZ 08-1783/5:1983: Nagy teljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok kálium és nátriumtartalmának mennyiségi meghatározása.

13. FÜGGELÉK

1. melléklet

A 2004-2006-ban végzett saját szántóföldi borsó és szója kísérletek agrotechnikai jellemzői

	Borsó		Szója	
	2005	2006	2004	2005
Elővetemény	kukorica	őszi búza	kukorica	kukorica
Sortávolság	12,5 cm		45 cm	
Tőtávolság	7-7,5 cm		3,5-4 cm	
Vetett csíraszám	1.1 M. cs./ha		600 e. cs./ha	
Parcellaméret	4,0 m x 4,0 m=16,0 m ²		2,7 m x 3,0 m=8,1 m ²	
Műtrágya kijuttatás	04.08.	03.30.	05.06.	05.03.
Vetés	04.08.	04.03.	05.11.	05.03.
Betakarítás	07.15.	07.12.	09.09.	09.15.
Talajművelés - őszi	nehéztárcsa + gyűrűshenger; őszi mélyszántás; könnyűtárcsa	könnyűtárcsa + gyűrűshenger; Mulch tiller; őszi mélyszántás	nehéztárcsa + gyűrűshenger; őszi mélyszántás; könnyűtárcsa	
Talajművelés - tavasz	nehézfogas + simító; germinátor	nehézfogas + simító; germinátor 2x	nehézfogas + simító; germinátor	
Növényvédelem	Afalon Dispersion 1,2 l/ha + Dual Gold 960 EC 1,6 l/ha	Basagran 1,5 l/ha + Tropotox 1,5 l/ha	Basagran 1,5 l/ha + Blazer 2S 0,5 l/ha; Perenal 1,5 l/ha; Antracol WP 1,2 kg/ha	Pulsar 40 SL 1,0 l/ha; Pulsar 40 SL 0,5 l/ha + Refine 75 DF 6,0 g/ha

**A Bóly Zrt. területén végzett saját borsó kisparcellás műtrágyázási kísérlet
meteorológiai adatai 2005/2006**

Év	Hónap	Havi közép- hőmérséklet (°C)	Hőségnapok száma $T_{\max.} \geq 30\text{ °C}$	Csapadék		
				(mm)	Csapadékos napok száma	Csapadék > 10 mm
2005	Január	-0,1	-	10,1	4	-
	Február	-2,5	-	61,3	10	3
	Március	4,0	-	58,4	4	2
	Április	11,1	-	73,3	9	3
	Május	16,6	4	55,0	9	3
	Június	19,1	2	92,7	7	3
	Július	21,1	9	153,6	9	5
	Összesen	-	15	504,4	52	19
2006	Január	-1,2	-	32,9	4	1
	Február	0,9	-	42,7	8	2
	Március	5,2	-	35,5	8	1
	Április	13,1	-	64,8	11	2
	Május	16,2	1	80,0	8	1
	Június	19,5	12	85,5	7	3
	Július	23,4	21	55,2	6	2
	Összesen	-	34	396,6	52	12

Forrás: Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt.

A Bóly Zrt. területén végzett saját szója kisparcellás műtrágyázási kísérlet meteorológiai adatai 2004/2005

Év	Hónap	Havi közép-hőmérséklet (°C)	Hőségnapok száma $T_{\max.} \geq 30\text{ °C}$	Csapadék		
				(mm)	Csapadékos napok száma	Csapadék > 10 mm
2004	Január	-1,2	-	29,7	12	1
	Február	2,6	-	47,7	13	1
	Március	5,6	-	33,6	12	1
	Április	11,8	-	107,3	18	4
	Május	15,1	-	64,5	16	1
	Június	19,0	-	93,2	16	4
	Július	21,0	11	38,5	7	2
	Augusztus	20,4	3	111,0	10	4
	Összesen	-	14	525,5	104	18
2005	Január	-0,1	-	10,1	4	-
	Február	-2,5	-	61,3	10	3
	Március	4,0	-	58,4	4	2
	Április	11,1	-	73,3	9	3
	Május	16,6	4	55,0	9	3
	Június	19,1	2	92,7	7	3
	Július	21,1	9	153,6	9	5
	Augusztus	19,3	2	81,2	9	3
	Szeptemb	17,0	-	60,9	7	1
	Összesen	-	17	646,5	68	23

Forrás: Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt.

A Bóly Zrt. területén végzett műtrágyázási kísérletek meteorológiai adatai 13 év átlagában (1990-2002)

Hónap	Meteorológiai adat	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	13 év átlaga
Január	Csapadék (mm)	17,0	30,7	10,2	13,1	69,7	65,2	45,7	32,0	71,3	23,6	22,9	62,6	9,8	38,1
	Havi középhőmérséklet (°C)	0,6	1,1	1,6	1,1	3,3	-0,2	-1,8	-1,4	2,3	0,1	-1,5	1,9	0,2	0,6
Február	Csapadék (mm)	21,0	29,9	18,6	10,1	24,7	44,8	29,1	25,6	2,0	57,7	14,2	5,9	49,8	26,0
	Havi középhőmérséklet (°C)	6,4	-1,9	4,0	-1,5	3,2	5,7	-2,4	3,6	4,9	0,7	3,8	3,9	5,7	2,5
Március	Csapadék (mm)	36,0	36,0	19,9	42,6	33,9	21,0	12,2	10,3	20,4	26,3	33,6	76,3	2,9	28,0
	Havi középhőmérséklet (°C)	9,9	8,5	7,0	4,8	9,8	5,1	2,4	6,3	4,9	8,0	7,2	8,7	8,0	6,7
Április	Csapadék (mm)	40,0	34,7	56,8	57,7	51,6	29,3	37,9	45,1	71,5	39,9	41,0	42,5	72,7	48,4
	Havi középhőmérséklet (°C)	11,6	9,7	12,0	10,7	12,6	11,3	11,3	8,2	12,5	12,5	14,4	10,3	11,0	11,4
Május	Csapadék (mm)	36,0	76,1	29,0	24,0	37,1	64,3	85,8	49,4	108,2	59,9	26,0	21,3	81,5	55,2
	Havi középhőmérséklet (°C)	17,5	12,7	16,2	18,4	17,3	15,4	17,6	17,2	15,5	16,6	17,6	18,3	18,7	16,8
Június	Csapadék (mm)	64,0	25,8	123,2	56,5	80,1	79,2	64,1	92,5	48,6	95,1	27,9	183,7	28,0	75,4
	Havi középhőmérséklet (°C)	19,5	19,5	19,5	19,2	20,6	18,7	20,5	20,0	21,0	19,8	20,9	17,9	21,4	19,9
Július	Csapadék (mm)	35,0	80,9	48,9	71,0	31,5	3,5	101,8	48,6	94,9	125,6	54,2	36,3	67,4	63,7
	Havi középhőmérséklet (°C)	21,0	22,4	21,7	21,0	25,1	13,7	19,5	20,5	21,5	21,6	20,5	21,4	22,8	21,0
Augusztus	Csapadék (mm)	34,0	53,8	20,3	54,1	95,5	70,4	32,0	65,4	96,4	58,5	4,3	46,7	105,4	58,6
	Havi középhőmérséklet (°C)	21,7	20,5	25,7	22,4	22,1	20,3	20,3	20,6	21,2	20,5	22,9	22,0	20,9	21,6
Szeptember	Csapadék (mm)	49,0	42,2	23,3	102,8	87,1	164,1	136,7	25,8	103,3	31,3	42,8	159,3	87,5	83,9
	Havi középhőmérséklet (°C)	15,7	18,0	18,3	16,4	10,3	14,7	12,8	15,7	15,3	18,5	16,9	14,4	15,5	15,6
Október	Csapadék (mm)	30,0	100,5	99,3	70,5	66,5	10,7	59,3	70,5	80,3	25,1	16,2	13,6	55,4	55,7
	Havi középhőmérséklet (°C)	12,7	10,6	11,2	12,9	9,4	11,8	11,3	8,5	11,6	11,4	14,1	13,3	11,1	11,4
November	Csapadék (mm)	64,0	64,5	106,7	104,3	17,2	51,0	51,3	26,7	52,3	117,1	44,9	60,0	36,7	61,1
	Havi középhőmérséklet (°C)	6,3	6,4	7,4	1,2	6,7	2,9	7,6	5,6	3,2	3,4	10,2	3,5	8,1	5,5
December	Csapadék (mm)	19,0	13,2	39,9	82,6	28,4	99,7	39,1	47,8	31,0	64,2	37,6	37,4	34,0	46,2
	Havi középhőmérséklet (°C)	1,6	-0,9	0,5	2,1	1,6	0,6	-0,7	2,3	-2,8	0,8	3,2	-4,0	0,4	0,3
Éves átlag	Csapadék (mm)	445,5	588,3	596,1	689,3	623,3	713,2	695,0	539,7	780,2	724,3	365,6	745,6	631,1	641,0
	Havi középhőmérséklet (°C)	12,0	10,6	12,1	10,7	11,8	10,8	9,9	10,6	10,9	11,2	12,5	11,0	12,0	11,2

Forrás: Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt.

A 2004-2006-ban végzett saját borsó és szója kísérletek lebontásainak / mintavételeinek időpontjai dátum szerint, valamint a vetéshez viszonyítva

				Vetés	Lebontás / mintavétel		
					1.	2.	3.
Tenyészedényes	Borsó	2004	naptári időpont	04.07.	04.27.	05.22.	06.28.
			vetéstől eltelt napok száma	-	20	45	82
		2005	naptári időpont	03.21.	04.20.	05.25.	06.27.
			vetéstől eltelt napok száma	-	30	65	98
	Szója	2004	naptári időpont	05.13.	06.25.	07.13.	08.31.
			vetéstől eltelt napok száma	-	43	61	110
		2005	naptári időpont	05.05.	06.27.	07.11.	08.30.
			vetéstől eltelt napok száma	-	53	67	117
Szántóföldi	Borsó	2005	naptári időpont	04.08.	05.06.	05.31.	07.07
			vetéstől eltelt napok száma	-	28	53	90
		2006	naptári időpont	04.03.	05.07.	06.06.	07.10.
			vetéstől eltelt napok száma	-	34	64	98
	Szója	2004	naptári időpont	05.11.	06.26.	07.14.	09.08.
			vetéstől eltelt napok száma	-	46	64	120
		2005	naptári időpont	05.13.	06.23.	07.19.	09.13.
			vetéstől eltelt napok száma	-	41	66	123

A borsóhajtás nitrogén-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (N%)

Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
		6,0			5-6. levél megjelenése	összes levél	BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)
		4,0-5,5			3-6 leveles állapot	teljes föld feletti rész	
		3,2-3,8			bimbóképződés	teljes föld feletti rész	
		3,0-3,7			virágzás	teljes föld feletti rész	
		4,34			hüvelyképződés	1. hüvely alatti 2 levél	
		3,0-3,5			érés kezdete	teljes föld feletti rész	
		2,0-4,0			érés kezdete	felső 2 levél	
		4,4-5,8			8-9 nóduszos állapot	csúcstól 3. levéllemez	REUTER ÉS ROBINSON (1988)
		4,0-5,0			első virágzás	50 fiatal kifejlett levél	MILLS ÉS JONES (1996)
		4,0-6,0			-	-	HAVLIN ET AL. (2005)
		3,1-3,6			késői virágzás	teljes föld feletti rész	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
		2,7-3,5			közepes fejlettség	legfiatalabb kifejlett levél levélkéje	
		4,8			korai virágzás	levélke	
		3,0-4,0			virágzás kezdete	levél	KÁDÁR (2005)
		0,9			teljes érés	szalma	CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)

A borsóhajtás foszfor-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (P%)

Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
		0,4			5-6. levél megjelenése	összes levél	BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)
		0,35			3-6 leveles állapot	teljes föld feletti rész	
		0,35			bimbóképződés	teljes föld feletti rész	
		0,22-0,35			virágzás	teljes föld feletti rész	
		0,29			hüvelyképződés	1. hüvely alatti 2 levél	
		0,13			érés kezdete	felső 2 levél	
		0,22-0,31			érés kezdete	teljes föld feletti rész	
		0,36-0,51			8-9 nóduszos állapot	csúcstól 3. levéllemez	REUTER ÉS ROBINSON (1988)
		0,16			virágzás kezdete	teljes föld feletti rész	
<0,6		>0,92			vetés után 36 nappal	teljes föld feletti rész	
<0,53		>0,71			vetés után 51 nappal	teljes föld feletti rész	
<0,46		>0,64			vetés után 66 nappal	teljes föld feletti rész	
<0,4		>0,55			vetés után 81 nappal	teljes föld feletti rész	
≤0,43		>0,6			vetés után 96 nappal	teljes föld feletti rész	MILLS ÉS JONES (1996)
		0,3-0,8			első virágzás	50 fiatal kifejlett levél	
		0,3-0,8			-	-	HAVLIN ET AL. (2005)
		0,3-0,35			késői virágzás	teljes föld feletti rész	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
		0,25-0,35			közepes fejlettség	legfiatalabb kifejlett levél levélkéje	
		0,33			korai virágzás	levélke	
		0,25-0,5			virágzás kezdete	levél	KÁDÁR (2005)
		0,4			teljes érés	szalma	CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)

A borsóhajtás kálium-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (K%)

Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
		3,0			5-6. levél megjelenése	összes levél	BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)
		2,5-3,5			3-6 leveles állapot	teljes föld feletti rész	
		2,5-3,0			bimbóképződés	teljes föld feletti rész	
		2,0-3,0			virágzás	teljes föld feletti rész	
		2,17			hüvelyképződés	1. hüvely alatti 2 levél	
		1,5-1,8			érés kezdete	felső 2 levél	
		1,7-2,1			érés kezdete	teljes föld feletti rész	
		2,1-2,7			8-9 nóduszos állapot	csúctól 3. levéllemez	REUTER ÉS ROBINSON (1988)
<0,8	0,8-1,3	1,3-2,0	>2,0		virágzás kezdete	csúctól 3. levéllemez	
<0,7	0,7-1,1	1,1-1,5	>1,5		teljes virágzás	csúctól 3. levéllemez	
		2,0-3,5			első virágzás	50 fiatal kifejtett levél	MILLS ÉS JONES (1996)
		2,0-3,5			-	-	HAVLIN ET AL. (2005)
		2,0-3,0			késői virágzás	teljes föld feletti rész	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
		1,5-3,0			közepes fejlettség	legfiatalabb kifejtett levél levélkéje	
	1,3				virágzás előtt	levélke	
		2,4			korai virágzás	levélke	
		2,5-3,5			virágzás kezdete	levél	KÁDÁR (2005)
		1,0			teljes érés	szalma	CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)

A borsó termés tápelem-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (N, P, K)

	Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
N%			3,9			érés	mag	BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)
			2,1			hüvelytelítődés eleje	hüvely	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
			4,8			teljes érés	mag	
			3,7			teljes érés	mag	CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)
P%			0,44			érés	mag	BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)
	0,38-0,51		0,55-0,95			érés	mag	REUTER ÉS ROBINSON (1988)
			0,2			hüvelytelítődés eleje	hüvely	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
			0,35			teljes érés	mag	
		0,23	0,57-0,78			hüvelytelítődés eleje	hüvely	
			1,0			teljes érés	mag	CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)
K%			1,3			érés	mag	BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)
			1,2			hüvelytelítődés eleje	hüvely	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
			1,2			teljes érés	mag	
			1,2			teljes érés	mag	CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)

A borsóhajtás tápelemarányai különböző szerzők adataiból számítva

Szerző(k)	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	N/P-arány	N/K-arány	K/P-arány
BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)	5-6. levél megjelenése	összes levél	15,0	2,0	7,5
	3-6 leveles állapot	teljes föld feletti rész	11,43-15,71	1,14-2,2	7,14-10,0
	bimbóképződés	teljes föld feletti rész	9,14-10,86	1,07-1,52	7,14-8,57
	virágzás	teljes föld feletti rész	8,57-16,82	1,0-1,85	5,71-13,64
	hüvelyképződés	1. hüvely alatti 2 levél	14,97	2,0	7,48
	érés kezdete	teljes föld feletti rész	9,68-15,91	1,43-2,06	5,48-9,55
	érés kezdete	felső 2 levél	15,38-30,77	1,11-2,67	11,54-13,85
REUTER ÉS ROBINSON (1988)	8-9 nóduszos állapot	csúcstól 3. levéllemez	8,63-16,11	1,63-2,76	4,12-7,5
MILLS ÉS JONES (1996)	első virágzás	50 fiatal kifejtett levél	5,0-16,67	1,14-2,5	2,5-11,67
HAVLIN ET AL. (2005)	-	-	5,0-20,0	1,14-3,0	2,5-11,67
REUTER ÉS ROBINSON (1997)	késői virágzás	teljes föld feletti rész	8,86-12,0	1,03-1,8	5,71-10,0
	közepes fejlettség	legfiatalabb kifejtett levél levélkéje	7,71-14,0	0,9-2,33	4,29-12,0
	korai virágzás	levélke	14,55	2,0	7,27
KÁDÁR (2005)	virágzás kezdete	levél	6,0-16,0	0,86-1,6	5,0-14,0
CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)	teljes érés	szalma	2,25	0,9	2,5

A borsó termés tápelemarányai különböző szerzők adataiból számítva

Szerző(k)	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	N/P-arány	N/K-arány	K/P-arány
BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)	érés	mag	8,86	3,0	2,95
REUTER ÉS ROBINSON (1997)	hüvelytelítődés eleje	hüvely	10,5	1,75	6,0
	teljes érés	mag	13,7	4,0	3,43
CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)	teljes érés	mag	3,7	3,08	1,2

A szójahajtás nitrogén-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (N%)

Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
<3,0	3,1-4,0	4,1-5,5	5,6-7,0	>7,0	vegetáció közepe	legfelső kifejlett levél	CHAPMAN (1966)
<4,0	4,0-4,24	4,25-5,5	5,51-7,0	>7,0	hüvelyképződés előtt	felső kifejlett levél	JONES (1967)
		4,0-5,5			hüvelyképződés előtt	legfiatalabb levél	JONES (1998)
2,2-3,2	3,4-3,6	4,2-5,4			korai virágzás	legfiatalabb levéllemez	REUTER ÉS ROBINSON (1988)
		4,26-5,5			hüvelykötés előtt	legfiatalabb levéllemez	
		4,25-5,0			hüvelytelítődés eleje	legfiatalabb levéllemez	
		3,6-4,7			augusztus eleje	levéllemez	
		4,0-4,5			vetés után 65 nappal	levéllemez	
		4,0-5,5			hüvelyképződés előtt	25 fiatal kifejlett levél	MILLS ÉS JONES (1996)
		4,3-5,5			hüvelyképződés előtt	felső kifejtett levél	HAVLIN ET AL. (2005)
		6,8			lomblevél megjelenése	szár	KURNIK (1976)
		5,5			lomblevél megjelenése	levél	
		2,1			elágazódás	szár	
		4,0			elágazódás	levél	
		2,5			bimbósodás	szár	
		4,1			bimbósodás	levél	
		2,0			virágzás	szár	
		4,3			virágzás	levél	
		1,7			hüvelyesedés	szár	
		3,3			hüvelyesedés	levél	
		1,4			csúcsi fűrtvirágzás	szár	
		2,9			csúcsi fűrtvirágzás	levél	
		0,8			levélhullás	szár	
		0,5			érés	szár	
1,26-1,51		2,79-3,99			átültetés után 25-30 nappal	teljes föld feletti rész	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
<3,2	3,2-4,0	4,2-5,5	6,0-7,0		virágzás	legfiatalabb kifejlett levél	
<3,5	3,5-4,2	4,3-5,5	5,5-9,0		R1 (virágzás eleje (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb kifejlett levél	
		4,5-5,5			késői virágzás	legfiatalabb kifejlett levél	
	3,6-4,2	4,5-5,1			R5 (magképződés eleje (Fehr et al., 1971))	összes levél	
	1,4-1,7	1,7-2,3			R7 (érés kezdete (Fehr et al., 1971))	-	KÁDÁR ÉS MÁRTON (1999)
3,0-4,0		4,0-5,0	5,0-7,0		hüvelyképződés kezdete	levél	

A szójahajtás foszfor-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (P%) /1. rész/

Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
<0,2	0,21-0,25	0,26-0,5	0,51-0,8	>0,8	vegetáció közepe	legfelső kifejtett levél	CHAPMAN (1966)
0,19	0,22	0,26-0,27			virágzás	levél	BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)
	<0,45	>0,45			virágzás vége	felső kifejtett levél	
		0,59			virágzás után	fiatal hajtás és levél	
		0,35			hüvelyképződés előtt	legfelső kifejtett levél	
<0,16	0,16-0,25	0,26-0,5	0,5-0,8	>0,8	hüvelyképződés előtt	felső kifejtett levél	JONES (1967)
		0,26-0,5			hüvelyképződés előtt	legfiatalabb levél	JONES (1998)
	0,11-0,19	0,11-0,23			teljes virágzás	teljes föld feletti rész	REUTER ÉS ROBINSON (1988)
	0,25	0,3-0,66	0,66	0,85-2,38	korai virágzás	legfiatalabb levéllemez	
<0,35	0,35	>0,35			vetés után 18 nappal	legfiatalabb levéllemez	
<0,4	0,4-0,45	>0,45			vetés után 31 nappal	legfiatalabb levéllemez	
<0,39	0,39-0,41	>0,41			vetés után 45 nappal	legfiatalabb levéllemez	
<0,34	0,34-0,38	>0,38			vetés után 60 nappal	legfiatalabb levéllemez	
<0,25	0,25-0,29	>0,29			vetés után 74 nappal	legfiatalabb levéllemez	
<0,21	0,21-0,24	>0,24			vetés után 88 nappal	legfiatalabb levéllemez	
		0,26-0,5			hüvelyképződés előtt	legfiatalabb levéllemez	
	0,35				hüvelyképződés eleje	legfiatalabb levéllemez	
		0,3-0,5			hüvelytelítődés eleje	legfiatalabb levéllemez	
	<0,1	>0,2			korai virágzás	levéllemez	
		>0,15			hüvelyesedés	levéllemez	
	0,37				hüvelyesedés	felső levéllemez	
		0,25-0,6			augusztus eleje	levéllemez	
		0,25-0,5			hüvelyképződés előtt	25 fiatal kifejtett levél	MILLS ÉS JONES (1996)
		0,3-0,5			hüvelyképződés előtt	felső kifejtett levél	HAVLIN ET AL. (2005)

A szójahajtás foszfor-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (P%) /2. rész/

Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
		0,187			kelés	szár	KURNIK (1976)
		0,193			kelés	levél	
		0,167			lomblevél megjelenése	szár	
		0,193			lomblevél megjelenése	levél	
		0,035			elágazódás	szár	
		0,06			elágazódás	levél	
		0,046			bimbósodás	szár	
		0,07			bimbósodás	levél	
		0,071			virágzás	szár	
		0,085			virágzás	levél	
		0,043			hüvelyesedés	szár	
		0,059			hüvelyesedés	levél	
		0,042			csúcsi fürtvirágzás	szár	
		0,064			csúcsi fürtvirágzás	levél	
		0,007			levélhullás	szár	
		0,015			érés	szár	

A szójaghajtás foszfor-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (P%) /3. rész/

Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
0,1-0,22		0,26			átültetés után 20 nappal	teljes föld feletti rész	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
		0,33-0,4			átültetés után 25-30 nappal	teljes föld feletti rész	
	0,12/0,19				vetés után 49 nappal	teljes föld feletti rész	
0,14-0,21		0,27-0,72			kelés után 55 nappal	teljes föld feletti rész	
		0,32			vegetatív periódus	legfiatalabb levéllemez	
		0,29			R1 (virágzás eleje (Fehr et al., 1971))	-	
		0,32			R3 (hüvelyképződés eleje (Fehr et al., 1971))	-	
		0,24			R5-6 (magképződés (Fehr et al., 1971))	-	
		0,335			korai virágzás	legfiatalabb levéllemez	
<0,15	0,25	0,3-0,55	0,6-0,7	0,8-2,4	virágzás	legfiatalabb levéllemez	
<0,17	0,17-0,29	0,3-0,5	>0,5		R1 (virágzás eleje (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb levéllemez	
		0,35-0,6			késői virágzás	legfiatalabb levéllemez	
	0,34	0,39			R1-3 (virágzás-hüvelyképződés eleje (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb levéllemez	
0,13-0,17		0,38-0,59			átültetés után 27-42 nappal	levéllemez	
		0,43			vetés után 49 nappal	levéllemez	
		0,34			vetés után 70 nappal	-	
		0,26			vetés után 98 nappal	-	
		0,28			vetés után 119 nappal	-	
0,19-0,25	0,27	0,35			vetés után 18 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
0,21-0,31	0,37	0,4-0,45			vetés után 31 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
0,21-0,31	0,35	0,38-0,41			vetés után 45 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
0,16-0,27	0,32	0,33-0,38			vetés után 59 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
0,13-0,2	0,23	0,25-0,29			vetés után 73 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
0,15-0,19	0,19	0,21-0,24			vetés után 87 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
	0,18-0,45	0,46-0,55			kelés után 42 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
	0,185-0,33	0,345-0,406			R2 (virágzás vége (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb kifejlett levél	
	0,31	0,31-0,5	0,51-0,8		R2 (virágzás vége (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb kifejlett levél	
			0,58-0,92	1,08-2,91	sókezelés után 17 nappal	levél	
				1,25-2,5	sókezelés után 22 nappal	összes levél	
0,15-0,25		0,25-0,5	0,5-0,8		hüvelyképződés kezdete	levél	KÁDÁR ÉS MÁRTON (1999)

A szójahajtás kálium-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (K%) /1. rész/

Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
<1,45	1,46-1,8	1,81-3,4	3,41-4,5	>4,5	vegetáció közepe	legfelső kifejlett levél	CHAPMAN (1966)
	<2,15	>2,15			virágzás vége	felső kifejlett levél	BERGMANN ÉS NEUBERT (1976)
		2,59			virágzás után	fiatal hajtás és levél	
		2,2			hüvelyképződés előtt	legfelső kifejlett levél	
<1,26	1,26-1,7	1,71-2,5	2,51-2,75	>2,75	hüvelyképződés előtt	felső kifejlett levél	JONES (1967)
		1,7-2,5			hüvelyképződés előtt	legfiatalabb levél	JONES (1998)
0,29-0,74	1,5	2,15-3,25			korai virágzás	legfiatalabb levéllemez	REUTER ÉS ROBINSON (1988)
		1,7-2,5			hüvelyképződés előtt	legfiatalabb levéllemez	
	3,0				korai virágzás	legfiatalabb levéllemez	
	2,0				hüvelyképződés eleje	legfiatalabb levéllemez	
	2,2				1. hüvelyek megjelenése	legfiatalabb levéllemez	
		2,0-2,5			hüvelytelítődés előtt	legfiatalabb levéllemez	
		1,35-2,3			augusztus eleje	levéllemez	
		>1,7			hüvelyesedés	felső levéllemez	
1,35		2,25			20 cm magas növény	levéllemez	
0,91		1,99			korai virágzás	levéllemez	
0,51		0,81			hüvelyesedés eleje	levéllemez	
0,29		0,52			maximális hüvelyméret	levéllemez	
		1,7-2,5			hüvelyképződés előtt	25 fiatal kifejlett levél	MILLS ÉS JONES (1996)
		1,7-2,5			hüvelyképződés előtt	felső kifejtett levél	HAVLIN ET AL. (2005)
		0,153			kelés	szár	KURNIK (1976)
		0,225			kelés	levél	
		0,165			lomblevél megjelenése	szár	
		0,235			lomblevél megjelenése	levél	
		0,1			elágazódás	szár	
		0,3			elágazódás	levél	

A szójahajtás kálium-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (K%) /2. rész/

Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
		0,165			bimbósodás	szár	KURNIK (1976)
		0,18			bimbósodás	levél	
		0,34			virágzás	szár	
		0,32			virágzás	levél	
		0,125			hüvelyesedés	szár	
		0,195			hüvelyesedés	levél	
		0,15			csúcsi fürtvirágzás	szár	
		0,215			csúcsi fürtvirágzás	levél	
		0,09			levélhullás	szár	
		0,152			érés	szár	
	3,4				vetés után 52 nappal	teljes föld feletti rész	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
	2,0-2,2				vetés után 26 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
	1,0-1,3				R1 (virágzás eleje (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb kifejlett levél	
	0,5-0,9				R3 (hüvelyképződés eleje (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb kifejlett levél	
	0,3-0,4				vetés után 55 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
<0,8	1,0-1,5	1,7-3,2	4,0		virágzás	legfiatalabb kifejlett levél	
	0,84-1,2	1,2-1,8			virágzás	legfiatalabb kifejlett levél	
		2,5-3,7			késői virágzás	legfiatalabb kifejlett levél	
<0,9	0,9-1,7	1,8-3,0	>3,0		R1 (virágzás eleje (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb kifejlett levél	
	1,07	1,78			R1-3 (virágzás-hüvelyképződés eleje (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb kifejlett levél	
	0,88				vetés után 37 nappal	legfiatalabb kifejlett levél	
	0,39				vetés után 55 nappal	-	
	1,76	1,78-2,35			R1-2 (virágzás (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb kifejlett levél	
	1,51	1,51-2,5	2,51-2,75		R2 (virágzás vége (Fehr et al., 1971))	legfiatalabb kifejlett levél	
	1,85	1,91-2,45			virágzás	legfiatalabb kifejlett levél	
	0,67	0,72-0,97			hüvelytelítődés	-	
1,2-1,7		1,7-2,5	2,5-2,8		hüvelyképződés kezdete	levél	KÁDÁR ÉS MÁRTON (1999)

A szója termés tápelem-ellátottsági határértékei különböző szerzők adatai szerint (N, P, K)

	Hiány	Kritikus	Kielégítő	Magas	Toxikus	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	Szerző(k)
N%			5,9			levélhullás	mag	KURNIK (1976)
			6,3			érés	mag	
		6,4	6,67-6,75			érés	mag	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
			5,5			teljes érés	mag	CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)
P%		0,33-0,67	0,37-0,55			érés	mag	REUTER ÉS ROBINSON (1988)
			0,135			levélhullás	mag	KURNIK (1976)
			0,126			érés	mag	
	0,33-0,36	0,37-0,41	0,54-0,69		0,68-0,75	érés	mag	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
		0,33-0,67	0,37-0,55			érés	mag	
			1,0			teljes érés	mag	CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)
K%			0,201			levélhullás	mag	KURNIK (1976)
			0,26			érés	mag	
	1,11-1,51	1,78	1,77-1,88			érés	mag	REUTER ÉS ROBINSON (1997)
		1,55-1,8	1,75-1,98			érés	mag	
			1,2			teljes érés	mag	CSATHÓ ÉS RADIMSZKY (2005)

A szójahajtás tápelemarányai különböző szerzők adataiból számítva

Szerző(k)	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	N/P-arány	N/K-arány	K/P-arány
CHAPMAN (1966)	vegetáció közepe	legfelső kifejtett levél	8,2-21,15	1,21-3,04	3,62-13,08
JONES (1967)	hüvelyképződés előtt	felső kifejtett levél	8,5-21,15	1,7-3,22	3,42-9,62
JONES (1998)	hüvelyképződés előtt	legfiatalabb levél	8-21,15	1,6-3,24	3,4-9,62
REUTER ÉS ROBINSON (1988)	korai virágzás	legfiatalabb levéllemez	6,36-18,0	1,29-2,51	3,26-10,83
	hüvelytelítődés eleje	legfiatalabb levéllemez	8,5-16,67	1,7-2,5	4,0-8,33
	augusztus eleje	levéllemez	6-18,8	1,57-3,48	2,25-9,2
MILLS ÉS JONES (1996)	hüvelyképződés előtt	25 fiatal kifejtett levél	8,0-22,0	1,6-3,24	3,4-10,0
HAVLIN ET AL. (2005)	hüvelyképződés előtt	felső kifejtett levél	8,6-18,33	1,72-3,24	3,4-8,33
KURNIK (1976)	lomblevél megjelenése	szár	40,72	41,21	0,99
	lomblevél megjelenése	levél	28,5	23,4	1,22
	elágazódás	szár	60,0	21,0	2,86
	elágazódás	levél	66,67	13,33	5,0
	bimbósodás	szár	54,35	15,15	3,59
	bimbósodás	levél	58,57	22,78	2,57
	virágzás	szár	28,17	5,88	4,79
	virágzás	levél	50,59	13,44	3,76
	hüvelyesedés	szár	39,53	13,6	2,91
	hüvelyesedés	levél	55,93	16,92	3,31
	csúcsi fürtvirágzás	szár	33,33	9,33	3,57
	csúcsi fürtvirágzás	levél	45,31	13,49	3,36
	levélhullás	szár	114,29	8,89	12,86
	érés	szár	33,33	3,29	10,13
KÁDÁR ÉS MÁRTON (1999)	hüvelyképződés kezdete	levél	8,0-20,0	1,6-2,94	3,4-10,0

A szója termés tápelemarányai különböző szerzők adataiból számítva

Szerző(k)	Fejlődési stádium	Vizsgált növényi rész	N/P-arány	N/K-arány	K/P-arány
KURNIK (1976)	levélhullás	mag	43,7	29,35	1,49
	érés	mag	50,0	24,23	2,06
REUTER ÉS ROBINSON (1997)	érés	mag	12,13-18,24	3,37-3,86	3,18-5,35
CSATHÓ ÉS RADIMSKY (2005)	teljesérés	mag	5,5	4,58	1,2

