

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

UDVARDY PÉTER

KESZTHELY

2001.

VESZPRÉMI EGYETEM
GEORGIKON MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
Növénytudományi Intézet

Programvezető:

Dr. Debreczeni Béláné

MTA doktora

Témavezető:

Dr. habil. Késmárki István

ÉTKEZÉSI ÉS ABRAKHÜVELYESEK MIKROELEM ELLÁTOTTSÁGÁNAK,
FELVEHETŐSÉGÉNEK ÉS PÓTLÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA AZ ÉSZAK
PANNON TÉRSÉG MESZES ÖNTÉSTALAJAIN

Készítette:

UDVARDY PÉTER

KESZTHELY

2001.

1. TARTALOMJEGYZÉK

2. BEVEZETÉS	3
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
3. 1. A hüvelyesek termesztésének hazai és világhelyzete	5
3. 2. A hüvelyesek rendszertani besorolása, jellemzőik	8
3. 2. 1. A borsó (<i>Pisum sativum</i> L.) besorolása, jellemzői	8
3. 2. 2. A bab (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) besorolása, jellemzői	10
3. 2. 3. A lóbab (<i>Vicia faba</i> L.) besorolása, jellemzői	11
3. 2. 4. A szója (<i>Glycine max</i> L.) besorolása, jellemzői	11
3. 3. A mikroelemek általános jelentősége, a növények mikroelem hiánytünetei és ennek okai	14
3. 3. 1. A kobalt jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei	16
3. 3. 2. A molibdén jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei	18
3. 3. 3. A réz jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei	21
3. 3. 4. A cink jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei	27
3. 3. 5. A vas jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei	31
3. 3. 6. A mangán jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei	35
4. A KÍSÉRLETEK KÖRÜLMÉNYEI, ANYAG ÉS MÓDSZER	41
4. 1 A kísérletek és a vizsgálatok helyének jellemzése	41
4. 2 A kísérletek leírása	44
4. 3. Az alkalmazott vizsgálati és értékelési módszerek	47
5. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE	49
5. 1. Az 1996-1999. közötti kisparcellás szántóföldi kísérletek eredményei.....	49
5.2. A martonvásári tenyészedenyes kísérletek eredményei.....	89
6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	97
7. ÖSSZEFOGLALÁS	100
SUMMARY	106
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	108
9. IRODALOMJEGYZÉK	109
MELLÉKLETEK.....	115

2. BEVEZETÉS

Talajaink mikrotápelem mérlege az elmúlt évtizedekben hazánk több talajtípusán kedvezőtlené vált. A szervesstrágyázás arányának csökkenése, illetve a melléktermékek a termőterületről való elszállítása és más helyen történő hasznosítása szintén okai ennek. A mikrotápelemek hatásával és okszerű pótlási lehetőségeivel csak az 1900-as évek közepe felé kezdtek el szélesebb körben foglalkozni. A nagyüzemi termelés során elsősorban a makrotápanyagok kijuttatása volt a cél, de már ekkor folytak biztató kísérletek a mikroelem pótlás gyakorlati alkalmazhatóságával kapcsolatosan.

Az étkezési- és abrakhüvelyesek, mint értékes fehérjeforrások fontos szerepet töltenek be az élelmezésben és az állati takarmányozásban egyaránt. Kielégítő hozamokat, jó minőséget akkor adnak, ha többek között termőterületük makro- és mikrotápanyag-szolgáltató képessége jó. Hazánk fehérjeimportra szorul, az elmúlt évek során több próbálkozás is volt a hiány csökkentésére, elsősorban a növényi fehérjeimport részbeni kiváltására. Magyarországon a talaj és klimatikus adottságok alapján például a borsó és a szója termesztésére kb. 700 ezer hektár optimálisan alkalmas területtel rendelkezünk (Bódis és Oravecz, 1998). A gazdaságossági megfontolások mellett a nagymagvú hüvelyesek termesztésének vannak további előnyei is: javul a talajszerkezet, gyarapodik a talaj szervesanyag- és nitrogén tartalma, és lehetővé válik a talaj vízkészletével való helyesebb gazdálkodás is (Turi, 1998).

A talaj szervesanyagait védeni kell, segíteni kell bekapcsolódásukat a makro- és mikroelemek körforgásába, gyorsítva lebomlásukat és újraképződésüket, mert ez a talaj termékenységét növeli (Stefanovits, 1977).

Kísérleteink során meszes öntéstalajon termesztett borsó (*Pisum sativum* L.), bab (*Phaseolus vulgaris* L.), lóbab (*Vicia faba* L.) és szója (*Glycine max* (L.) Merr.) két-két fajtáját kezeltük mikroelemekkel és vizsgáltuk a hozamot és a beltartalmi mutatókat. Az alkalmazott mikroelemek a kobalt, a molibdén, a cink, a réz, vas és a mangán voltak. Ezen mikroelemeket szervesetlen vegyületek formájában bimbós állapotban juttattuk ki. A fajták kiválasztásánál figyelembe vettük a tájtermesztés jelentőségét is, a Mosonmagyaróváron nemesített fajtákat részesítve előnyben.

A talaj mésztartalma a kísérletek helyén magas, kb. 20 százalék, így a talajon keresztüli mikroelem adagolás helyett a levélen keresztüli mikrotápelem pótlást választottuk. Baranyai et al. (1987) adatai szerint Győr-Moson-Sopron megye talajainak több, mint 65 %-a pH 6,5 feletti értékű.

A kisparcellás kísérleteinkben az alkalmazott dózisokat előkísérletek eredményei alapján választottuk ki. Emellett végeztünk még tenyészedényes kísérleteket szabályozott körülmények

között fitotronban, itt a zöld növények beltartalmi változásait figyeltük meg, illetve növényélettani megfigyeléseket végeztünk.

Célként fogalmazódott meg a kísérletek megtervezésénél, hogy növényfajra illetve fajtára lebontva megfigyeljük az egyes mikrotápelemekre adott reakciókat, a fajták közötti különbségeket. A növényfajok reakciói közötti hasonlóságokat és különbségeket nem vizsgáltuk. Több éves kísérleteink célja a gyakorlatban is alkalmazható mikroelempótlási rendszer továbbfejlesztése hüvelyes növényekre. A termesztés méretének ismeretében elsősorban a borsó és a szója növényfajokra kialakított mikrotápelem pótlási rendszernek van nagyobb gyakorlati jelentősége.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

E fejezetben a hazánkban termesztett fontosabb hüvelyes növények termesztésének hazai- és világhelyzetét, a mikroelemek élettani hatásait és hiánytüneteit, valamint a mikroelemek hüvelyesekre gyakorolt hatását mutatom be.

3.1. A hüvelyesek termesztésének hazai és világhelyzete

A hüvelyes növények jelentős fehérjeforrásként szerepelnek étrendünkben és a takarmányozásban. Általában véve széles körben termesztethők, jótékony hatásúak a vetésváltásra és javítják a talaj szerkezetét és tápanyag-szolgáltató képességét is (Bódis és Oravecz, 1998).

Termesztésük jelentősége a táplálkozásban betöltött sokoldalú szerepük miatt növekszik. Példaként hozhatjuk fel a zöldborsó- és zöldbabfogyasztás növekedését (Kurnik, 1970).

A magyar növénytermesztés szerkezete eltorzult, a kalászosok és a kukorica uralkodik vetésterületeken, a hüvelyes növények területe nem számottevő. Habár évente hazánk még mindig kb. 500 ezer tonna szójadarát importál, ezt az importot részben ki is válthatnánk vetésterületének és hozamainak növelésével. Ez a vetésszerkezet javulását is eredményezné, illetve jelentős megtakarítást is eredményezne. A 80-as évek elején a hüvelyesek termesztésére vetési, a szójára még feldolgozási támogatást is adtak, így a vetésterület pár év alatt 3-4 szeresére növekedett, azonban amikor a támogatás megszűnt, a vetésterület lecsökkent az eredeti szint alá (Bódis és Oravecz, 1998).

Magyarországon a borsó vetésterülete a 80-as évekre jellemző közel 115 ezer hektárról a 90-es évek közepére 50-60 ezer hektárra, a szójáé a 80-as évek 45-50 ezer hektáros területéhez képest 1996-ra 13 ezer hektárra csökkent. A termésátlagok alakulása a borsó esetében 2,5 t/ha-ról 1,9 t/ha-ra csökkent, míg a szója termésátlaga 1,82 t/ha-ról 2,2 t/ha-ra növekedett.

A borsó felhasználása sokféle lehet, például az őszi takarmányborsó jó hatással van a vetésforgóra, nagy tömegű, értékes zöldtakarmány, jó előveteménye az őszi gabonáknak (Tóth és Balogh, 1995). Ács (1998) szerint alig van olyan növény, amelynek ennyi fajtája lenne köztermesztésben. A világ vetőmag kereskedelmében több száz fajta található meg. A borsó hozama a kiválasztott fajta szerint 0,5-3,0 t/ha lehet.

A lóbab vetésterülete a 80-as években 12-13 ezer hektár, a babé 3-6 ezer hektár volt. Termésátlaguk 1,4-1,8 t/ha illetve 0,8-1,0 t/ha között változott.

Az EU felé haladva a fehérjetermelés (ezen belül a szója termelése) növelése emeli a gazdálkodás általános színvonalát és elősegíti a vidékfejlesztést. Így ezt EU komform gondolkozásmódnak is nevezhetjük (Turi, 1998).

A világon a legnagyobb arányban a szóját termesztik, vetésterülete a hüvelyes növényeken belül közel 50 %, a további 50 %-on a szárazbab (24 %), a csicsriborsó (11%), a szárazborsó (10%), a lóbab (5%) és a lencse (2%) osztoznak. A termésátlaga a világon a szójának a legnagyobb (1,5 t/ha), a szárazborsóé 1,4 t/ha, a lóbabé 1,2 t/ha, a többi hüvelyesé kb. 0,6-0,7 t/ha. A világ szójatermelésének több mint a felét az USA, Kína és Brazília állítja elő.

A szárazbabbként Európában a *Phaseolus vulgaris*-t, míg más éghajlati övekben más *Phaseolus* fajokat termesztnek. Ázsiában termesztik a világon a legnagyobb mennyiségben a csicsriborsót, a lencsét és a lóbabot (Bocz, 1992).

A szója jellemző példa a hüvelyes növények elterjedésére a világon. Az USA-ban a 30-as években kb. 430 ezer hektáron termesztették. A 60-as évekre már közel 10 millió hektáron volt megtalálható, és a 90-es évekre 25 millió hektár lett ez az érték. A világon az 50-es években 15 millió hektáron, a 90-es években már 60 millió hektáron termesztik. Az USA-ban a szója és a kukorica termésátlagának az aránya 1:3,0-3,3 míg Magyarországon ez az arány 1:2,3. Az USA-ban a kukorica váltónövénye a szója, ezért is lehet e két növényt gazdaságosan termelni (Turi, 1998).

Az agrárökológiai tényezők rendkívül kedvezőek hazánkban a szójatermesztésre. Már az 1970-es években külön szójatermesztési szaktanácsadó hálózat alakult az iregszemcsei Takarmánytermesztési Kutató Intézetben, Kurnik Ernő akadémikus irányításával (Kralovánszky, 1975).

A szója termesztését tanulni kell, termesztése gondos és jó szakembereket kíván. Magyarország gabonacentrikus gazdálkodási rendszerébe két gabona közé jól beilleszthető (Balikó, 1998).

3.2. A hüvelyesek rendszertani besorolása, jellemzőik

E fejezetben az általunk vizsgált hüvelyes növények főbb jellemzőit mutatom be mind botanikai, mind növénytermesztési oldalról.

A pillangós virágú növények gyökérgümőkik segítségével a légkörből képesek megkötni a nitrogént. A nitrogénkötő gümőbaktériumok fajspecifikusak, minden faj gyökerein csak a rá jellemző gümőbaktérium található meg. Az általuk megkötött nitrogén átlagos mennyisége 140 kg/ha/év, ez összesen $3,5 \times 10^6$ t/év megkötött mennyiséget jelent a világon (Burns és Hardy, 1975 in Paul és Clark, 1989).

Érdekességként jegyzem meg, hogy a Rhizobiumok speciális jellemvonása a denitrifikációs képességük. Elsősorban a nem szimbiota törzsek ezirányú képessége igazolt. A *Bradyrhizobium japonicum* fajon végzett kísérletek eredményei szerint szabadföldi körülmények között működik a denitrifikáció is, azonban a nitrogénfixációhoz intenzitásához képest relatíve csak igen kis szinten (Szabó, 1989).

3.2.1. A borsó (*Pisum sativum* L.) besorolása, jellemzői

Soó (1966) szerint a borsó a zárvatermők osztálya, *Rosidae* alosztálya, hüvelyesek (*Fabales*, *Leguminosae*) rendje, pillangósvirágúak (*Fabaceae*, *Papilionaceae*) családja, *Pisum* nemzetségébe tartozik. A legrégebben termesztett hüvelyes növényünk. A következő alakköröket különböztetjük meg:

Vadborsó (*Pisum sativum* L. subsp. *elatius* (STEV.) ALEF.)

Kerti borsó (*Pisum sativum* L. subsp. *hortense* (NEILR.)

Mezei borsó (*Pisum sativum* L. subsp. *arvense* (L.) POIR.)

Termesztési cél szerint kifejtő- (*Pisum sativum* L. convar. *glaucospermum*) és velőborsóról (*Pisum sativum* L. convar. *medullare*) beszélhetünk (Bocz,1992).

Magyarországon a borsót az írásos emlékek szerint már az 1200-as évektől termesztik. Ennek ellenére a borsó megmaradt a kiskertek növényének, szántóföldi termesztése csak az 1800-as évek végére tehető. A zöldborsó nagyüzemi termesztése csak a hazai konzervipar kialakulásával kezdődött meg.

Beltartalmi értékeit tekintve a borsómag fehérjetartalma 20-24 %, nyerszsír tartalma 1-2 %, nyersrosttartalma 6-7 %, a nyersshamu 3,5% (Schmidt,1993). Emellett szénhidrát tartalma sem elhanyagolható (55-60%), és vitamintartalma is jelentős (B₁, B₂, C, E, nikotinsav). A borsó

hűvös körülmények között maximum 121 kg/ha légköri nitrogén megkötésére képes, ennél több csak a csillagfürttől várható (204 kg/ha) (Sparrow et al. 1995).

Győri és Bocz (1991) kísérleteiben a borsó nitrogéntartalma sem a műtrágyázás, sem az öntözés hatására nem változott meg szignifikánsan.

A borsómag mikroelemtartalma a különböző szerzők szerint változatos képet mutat. Spector (1956) adatai szerint a borsómag vastartalma 70-282 mg/kg, mangántartalma 4-25 mg/kg, cinktartalma 40-48 mg/kg, réztartalma 6-15 mg/kg, bórtartalma 2-8 mg/kg. Tölgyesi (1969) szerint a vastartalom 65 mg/kg, a mangán 15 mg/kg, a cink 33 mg/kg, a réz 8,8 mg/kg és a molibdén 2,1 mg/kg. Saját vizsgálataim szerint a vastartalom 40-62 mg/kg, a mangántartalom 13-19 mg/kg, a cinktartalom 39-53 mg/kg, a réztartalom 8-14 mg/kg. A mag mikroelem tartalma nem tér el jelentősen a más nemzetségekbe illetve családokba tartozó kultúrnövényekétől. A vastartalomhoz képest a többi mikroelem abszolút- és relatív arányban egyaránt kisebb (Mándy et al., 1980).

Az NPK növekvő adagjai szignifikánsan csökkentették a borsómag cinktartalmát az évek során Győri és Bocz (1992) kísérleteiben. Az ennek ellensúlyozásaként kiadagolt mikroelemtrágyák növelték a mag cinktartalmát.

3.2.2. A bab (*Phaseolus vulgaris* L.) besorolása, jellemzői

Soó (1966) szerint a bab a zárvatermők osztálya, *Rosidae* alosztálya, hüvelyesek (*Fabales*, *Leguminosae*) rendje, pillangósvirágúak (*Fabaceae*, *Papilionaceae*) családja, *Phaseolus* nemzetségébe tartozik. Főként emberi táplálékként használjuk, de kisebb mértékben takarmányozási jelentősége is van. Az emésztésgátló anyagok miatt csak főzve etethető az állatokkal. Takarmányértéke a borsóéhoz hasonlít (Schmidt, 1993).

A különböző babfajok közép- és dél-amerikai eredetűek, mintegy 20 faj van köztermesztésben. Vizsgálataink során a közönséges vagy veteménybabot használtuk. Magyarországon a 18. században terjedt el szárazbabként, zöldbabként csak 19. században kezdték el fogyasztani.

Beltartalmi mutatói közel azonosak a borsóéval, a nyersfehérje mennyisége 20-21%, a nyerszsír 1,0-1,5%, a szénhidrát tartalma 57-62%. Az étkezési szárazbabok magjának fehérje- és

rosttartalma alacsonyabb, zsírtartalma nagyobb a zöldbabnak termesztett fajtáknál (Kurnik,1970).

Spector (1956) adatai szerint a bab magjának mangántartalma 95 mg/kg, cinktartalma 20 mg/kg és réztartalma 10 mg/kg. Tölgyesi (1969) mérései szerint a vastartalom 74 mg/kg, a mangán 13 mg/kg, a cink 36 mg/kg, a réz 8,7 mg/kg és a molibdén 1,9 mg/kg. Saját eredményeim szerint a vastartalom 63-98 mg/kg, a mangán 13-16 mg/kg, a cink 27-35 mg/kg és a réz 9-11 mg/kg. Összevetve saját eredményeimet más szerzők eredményeivel megállapítható, hogy jelentős eltérés mutatkozik Spector (1956) és a Tölgyesi (1969) eredményei között a mangántartalom esetében. Saját eredményeim Tölgyesi (1969) mérési adatait támasztják alá.

3.2.3. A lóbab (*Vicia faba* L.) besorolása, jellemzői

Soó (1966) szerint a lóbab a zárvatermők osztálya, *Rosidae* alosztálya, hüvelyesek (*Fabales*, *Leguminosae*) rendje, pillangósvirágúak (*Fabaceae*, *Papilionaceae*) családjába tartozik. Elsősorban takarmánynövény, de emberi fogyasztásra is alkalmas, hazánkban régóta termesztik. Kis-, közepes- és nagymagvú fajtákat különböztetünk meg az ezermagtömeg alapján. Géncentruma a Földközi tenger vidékére tehető. Amerika felfedezése előtt a *Vicia faba* L. volt az Óvilág általánosan elterjedt babfélése (Bocz,1992). Angol nyelvterületen többféle neve is előfordul, mint horsebean, Windsor bean, broad bean.

Beltartalmi értékeit tekintve magas nyersfehérjetermésű (24-28%) miatt egyike a legértékesebb abraktakarmányoknak. Nyerszsírtartalma alacsony, 0,9-1,4 %, nyersrosttartalma 3,8-7,6 %. A fehérjetermésűben az egyes fajták között nagy különbségek vannak. Aminosav összetételét tekintve a szója után a legkedvezőbb a hüvelyes növények közül.

A légköri nitrogént a biológiai nitrogénkötés során a levegőből megköti. Hűvös időjárási körülmények között a megkötött nitrogén mennyisége a tenyészidő alatt 50 kg/ha lehet (Cochran et al.,1995).

Spector (1956) eredményei alapján a lóbab mag vastartalma 21 mg/kg, mangántartalma 14-15 mg/kg, cinktartalma 28 mg/kg, réztartalma 10-11 mg/kg. Saját vizsgálati eredményeim alapján a mag vastartalma 48-56 mg/kg, mangántartalma 13-14 mg/kg, cinktartalma 38-42 mg/kg és réztartalma 14-16 mg/kg között változik.

3.2.4. A szója (*Glycine max* (L.) Merr.) besorolása, jellemzői

Soó (1966) szerint szója a zárwatermők osztálya, *Rosidae* alosztálya, hüvelyesek (*Fabales*, *Leguminosae*) rendje, pillangósvirágúak (*Fabaceae*, *Papilionaceae*) családjába tartozik. A szója az emberiség egyik legrégebb kultúrnövénye. Sokoldalúan felhasználható a táplálkozásban, emellett takarmányozási jelentősége is nagy. Több mint 100 féle felhasználási lehetősége van, az élelmiszeripar fontos alapanyaga. Az USA mezőgazdasági minisztériumának prognózisa szerint ma a világ szójabab termelésének 70 %-át állati takarmányozásra, 30 %-át pedig közvetlen emberi táplálkozásra használják fel. Hivatalos becslésük szerint ez az arány 2020-ban 50-50 % lesz, tehát a humán célú felhasználás ugrásszerűen növekedni fog (Balikó és Fülöpné, 1997).

Szabó (1980) a szójamagvak imbibíciós légzését tanulmányozta. Vizsgálatai szerint a hazai és az USA-beli köztermesztésben lévő fajták többsége nem különbözik egymástól az első és a második napi légzés erősségében. Ezek szerint a légzés intenzitásának mérése fontos kiegészítő információt szolgáltat a szójajetőmagvak biológiai értékére vonatkozóan.

Papp és Szabó (1979) a hőmérséklet csírázásélettani hatását, több, hazánkban termesztett szójafajta csírázási hőmérsékletének kardinális értékeit elemezte. Megállapították, hogy 10 °C-on a csírázás elhúzódó, 20 és 30 °C között pedig a legtöbb fajtánál 2–3 nap alatt végbemegy. A csírázás 35 °C-on volt a leggyorsabb, azonban sem a hipokotil, sem a gyököcske mérete nem érte el a 30 °C-on csírázott egyedek méreteit.

Beltartalmát tekintve a hüvelyesek közül a legnagyobb a fehérjetartalma (40-42 %), a nyerszsír (olaj) mennyisége is nagy, 20 % körüli. E két beltartalmi tulajdonság negatív korrelációban áll egymással. Az extrahált szójadara nyersfehérje tartalma 50 %, nyerszsír tartalma viszont 3% (Nehring et al., 1972). A szénhidrát-tartalom 30-34 %.

A szójafehérje biológiai értéke, amit a tojásfehérjéhez viszonyítanak közel 100 %, így azt mondhatjuk, hogy a szója teljes értékű fehérjét tartalmaz. A szójában található emésztésgátló anyagok, melyeket technológiai műveletekkel lehet inaktiválni. Ezen antinutritív anyagokhoz tartoznak a proteáz-inhibitorok, a lipáz-inhibitor, a fitohemagglutininek (lektinek), a goitrogén peptidek, az ásványi anyagcserezavart előidéző és vitamin-felszívódást gátló peptidek, a flatusképződést okozó peptidek és az ösztrogén izoflavon-származékok (Csáky et al., 1976).

A szójaolaj a félig száradó olajokhoz tartozik. Kedvező összetétele miatt igen sokoldalúan használják fel. A takarmányokból túlnyomó részben kivonják az olajat és a visszamaradó dara szolgál takarmányként, azonban újabban használnak teljes zsírtartalmú, ún. full-fat szóját is takarmányozási célokra.

Kádár és Marton (1999) kísérleteinek eredményei azt mutatták, hogy a szója a gyenge ellátottságú talajokon a nitrogénigényének 33 %-át a kijuttatott műtrágyából fedezi. Emellett a *Bradyrhizobium*-mal való oltás javítja a nitrogénellátottságot. A szója gyökerein gümőt képző *Bradyrhizobium japonicum* lassú szaporodású baktérium, savakat nem képez. A szóján kívül még a *Macropitium atropurpureum* gyökerein képez gümőket (Simon, 1991).

A világ szójatermésének jelentős részét étolaj és közvetlen fogyasztású élelmiszerek előállítására fordítják, az USA-ban viszont nagyobb feldolgozási fokú készítményeket gyártanak a szójából (Borosné, 1995).

A szója makro- és mikroelemekben egyaránt gazdag. Ez a szójanövény intenzív anyagcseréjére és tápanyag-raktározó képességére utal (Kurnik és Szabó, 1987).

Spector (1956) adatai alapján a szójamag vastartalma 57-161 mg/kg, mangántartalma 14-41 mg/kg, cinktartalma 18 mg/kg, réztartalma 12-23 mg/kg. Saját vizsgálati eredményeim alapján a magban a vastartalom 72-89 mg/kg, a mangán 27-31 mg/kg, a cink 35-46 mg/kg, a réz 10-14 mg/kg között változik. Az általam mért cinktartalom duplája a Spector (1956) által megadott adatnak.

3.3. A mikroelemek általános jelentősége, a növények mikroelem hiánytünetei és ennek okai

E fejezetben ismertetem a kísérleteinkben vizsgált mikroelemek hatását a növényekre, pótlási lehetőségeiket. Elsősorban olyan irodalmi adatokra hivatkozom, amelyek az általunk is vizsgált növények mikroelemkezelésre adott reakcióit illetve hiánytüneteit mutatja be. Emellett természetesen általános jellegű vizsgálati eredményeket is bemutatok. A mikroelem mennyiségek többnyire ppm-ben (part per million) vannak feltüntetve. Ez nem SI mértékegység, helyesen mg/kg–ot kellene használni, azonban a régebbi irodalmi művekben ez a mértékegység szerepel, és a gyakorlati életben ez az elterjedtebb.

A mikroelem elnevezést többféle szempontból értelmezhetjük. Egyes szerzők az emberi szervezetben előforduló mennyiségük alapján sorolják ide az elemek egy részét. Mások az organogén elemeknél kisebb koncentrációban előforduló elemeket értik a mikroelemek alatt. Egyszerűsítve egyetérthetünk azzal a besorolással, miszerint a mikroelem valamennyi olyan elem, ami nem sorolható sem az organogén (C, H, O, N), sem a makroelemek (Na, K, Ca, Mg, P, S, Cl) közé.

Az esszenciális mikroelemek olyan elemek, amelyek kis mennyiségben alapvető fontosságúak a növények számára. A talajok humuszminősége és humusztartalma meghatározó a mikroelemek (és a toxikus elemek) megkötésében (Hargitai, 1984).

Az analitika fejlődésével párhuzamosan bővült az esszenciális mikroelemek köre, így került ebbe a körbe a króm, nikkell, kobalt, vanádium és a szelén is. Érdekes, hogy a bört a növények számára közel 70 éve esszenciális elemnek tekintjük, azonban az emberi és állati szervezetben játszott szerepéről nincsenek megbízható adataink. Kíváncsi lenne, hogy az egész rendszert szemlélő, szintetizáló eredmények jelennének meg a mikroelemkutatásban (Pais, 1987).

A mikrotápelemek mérlegét Győri és Keresztény készítették el 1978-ban. A tápelemmérleg két részből áll: a veszteségekből és a bevitelből. A veszteségek a kivonás a növények által, a kimosódás és az eróziós veszteségek. A bevitel törtéhet szerves- és műtrágyákkal, meszezőanyagokkal. A mérleget 24 növény figyelembevételével készítették el. Megállapították, hogy a mikroelem veszteségek jelentősek, az eróziós veszteség az összes veszteség 10-20%. A vas kivételével az országos mikroelemmérleg negatív minden elemre, így a mikroelem pótlás jelentősége növekszik (Győri, 1984). Németh és Várallyai (1998) szerint a racionálisan tervezett termésmennyiség optimális tápanyagellátása biztosítja a környezet minimális terhelését. Ebbe beleértendő a mikroelem pótlás bonyolult rendszere is.

Kádár (1998) szerint az 'NPK' analízisek ideje remélhetően elmúlt. A növényelemzésre épülő szaktanácsadás, valamint az esszenciális mikroelemek mellett a toxikus nehézfémeket is vizsgáló módszereké a jövő.

A környezetbe kerülő elemek és kémiai anyagok nagyobb része nem közvetlenül hat a szervezetre, hanem a talajba, vízbe, üledékbe kerül. A táplálékláncba kerülő mikroelemek mennyiségét Szabó (1995) vizsgálta, a talaj-növény-állat rendszer megfigyelésével. 13 mikroelemet vizsgált 4 szinten. Megállapította, hogy a molibdén viszonylag kevésbé mobilis a talajban, viszont extrém módon felhalmozódhat a növényben. A környezetszennyező elemek szignifikánsan csökkentik a növények termését. Példaként hozhatók fel Kádár (1995) eredményei, melyek szerint az arzén és króm terheléssel a magtömeg a felére csökkent, míg a nagyadagú szelén kezeléssel értékelhető termést már nem kapott.

Lásztity (1996) eredményei azt mutatják, hogy a nem esszenciális mikroelemek közül az alumínium szemescirokban a bugahányáskor éri el a maximumát, mennyisége 30 mg/kg a földfeletti részekben. Ez a mennyiség még nem toxikus a cirok számára. A szeléntartalma 3 mg/kg körül mozgott. Ez a mennyiség az egészséges fejlődést nem gátolja.

Kiss et al. (1989) mikroelemekkel kiegészített szilárd NPK műtrágyák hatását vizsgálta káposzta jelzőnövényen. Eredményeikből kitűnik, hogy a mikroelemek hatására a tápelemek magasabb koncentrációját figyelhetjük meg a növényben, illetve a mért tápelem koncentrációk az optimális tartományban mozogtak.

A következőkben ismertetem az általunk vizsgált mikroelemek jelentőségét, pótlási lehetőségeit.

3.3.1. A kobalt jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei

1935-ig a kobaltnak nem tulajdonítottak mezőgazdasági szempontból jelentőséget. Ekkor kiderült, hogy a kérődzők táplálkozásában fontos. 1948-ban kimutatták, hogy a B₁₂ vitamin alkotórésze. Igen kis koncentrációban fordul elő a természetben, tápoldatban 1 ppm kobalt már toxikus hatású (Pais, 1980).

Még ma sincs bizonyítva, hogy a kobalt a magasabb rendű növények növekedéséhez, fejlődéséhez létfontosságú lenne. Ezzel szemben bizonyított tény, hogy a nitrogénmegkötő mikroorganizmusok, például a kék-zöld algák valamint a pillangósok gümőképző baktériumai számára esszenciális elem. Ezért a pillangósok autotróf nitrogénellátása esetén ezen növények mikrotápelemének minősülhet (Bergmann, 1979).

A növények kobalttartalma 0,01 és 0,40 ppm között változik, fontossága takarmányozási vonatkozásban van. Érdekességként jegyzem meg, hogy a Hawaii-szigetek növényeiben kimutatható 1 ppm-nél jóval magasabb kobalt tartalom. A talajok vastartalma általában ezerszerese a kobalttartalmának, ami szegény talajokon 0,4-2,0 ppm, jó talajokon 10-20 ppm. 0,3 ppm alatt a legelő állatokon hiánytünetek figyelhetők meg (Pais, 1980). A gyökér által felvehető Co-ionok az agyagásványok felületén kötődnek meg. A többi nehézfémhez hasonlóan a kobalt is hajlamos a kelátképzésre. A magasabb rendű növények számára a kobalt eddig nem bizonyult esszenciálisnak, viszont növekedést serkentő hatását több esetben is leírták (Láng, 1998).

Juhoknál az ún. tengerparti betegség gyógyítására napi 1 mg adagolásával sikerrel alkalmazták. Nagy koncentrációban elsősorban a májban, a vesében és a csontokban van jelen.

Az emberi szervezetben a kobalttartalom az életkorral nem változik, egy átlagos súlyú 70 kg-os felnőtt férfi szervezetében összesen 1,1 mg található. Emberen hiányát még nem sikerült regisztrálni, mivel a szokásos táplálék jóval több kobaltot tartalmaz, mint amennyi a B₁₂ vitamin képződéséhez szükséges. A napi 10 µg pótlás elegendő.

A kobalt pótlásának lehetőségeivel sok kutató foglalkozott az elmúlt időszakban. Takarmánynövények termesztésekor 200 g/ha kobaltszulfát adagolása jó eredménnyel alkalmazható a hiány megszüntetésére. Erősen meszes, valamint magas mangántartalmú talajokon a pótlást nem szabad a talajba adagolni, mert a növények nem képesek felvenni (Pais, 1980). Buzás (1983) szerint a növényi szervezet szükségletének kielégítéséhez átlag 0,01-0,10 ppm koncentrációban szükséges.

Szója mikroelem kezelési kísérletben a szerves vegyület formájában kijuttatott kobalt növelte az ezermagtömeget, elősegítette a molibdén felhalmozódását és növelte szinte az összes esszenciális aminosav tartalmat (Szakál és Tölgyesi, 1990).

Tenyészedényes kísérletben megfigyelték, hogy a kobalt növelte a szójanövény nitrogénkötésének hatékonyságát és növelte a termést. Viszont összehasonlítva a cink hatásával kevésbé javította a *Bradyrhizobium japonicum* nitrogénkötő képességét (Markova, 1996). Tápközegben adagolt kobalt hatására a szójabab gyökérgümőinek B₁₂ tartalmát a 35-szörösére lehetett növelni (Bergmann, 1979).

A gyakorlati termesztésben kobalttöbbletet még nem figyeltek meg, kivéve, ha civilizációs károsító hatás lépett fel. A kobalt többlet a vas- és a mangántöbbletchez hasonlóan klorotikus jelenségekben nyilvánul meg. Feltételezhető, hogy erős kelátképző hajlamossága miatt más, létfontosságú mikrotápelemeket szorít ki anyagcserében betöltött pozíciójukból. Nagyfokú többlet esetén nekrozisok keletkeznek, majd a növény elhal.

3.3.2. A molibdén jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei

A molibdén növényélettani jelentőségét 1940-ben bizonyították be. A nitrát-reduktáz molibdéntartalmú enzim, ezért a nitrogénnel jól ellátott növények több molibdént igényelnek. A molibdén esszenciális az *Azotobacter* baktérium számára is, és hatásos a rézklorózis kivédésében (Pais, 1980).

A molibdén különböző enzimek fémkomponense. Ilyen enzim az aldehidoxidáz, a xantin-oxidáz, a xantin-dehidrogenáz és a hidrogenáz is.

A molibdén jelentősége vegyértékváltozásra való képességében rejlik ($\text{Mo}^{\text{V}} \leftrightarrow \text{Mo}^{\text{VI}}$), aminek következtében elektronátvivőként fejtheti ki katalitikus hatását az enzimes anyagcsere-folyamatokban (például a nitrátredukcióban és a gümőbaktériumok N_2 -fixálásában), így döntően befolyásolja a növények fehérje anyagcseréjét (Bergmann, 1979).

A növény molibdenát formájában veszi fel a molibdént. A felvételt a SO_4 ionok konkurenciája akadályozhatja. Mozgékonyága a növényben csekély. A többi mikroelemmel ellentétben a növények lényegesen több molibdént is fel tudnak venni anélkül, hogy az toxikus hatással lenne rájuk. Így akár százszorosára is megemelkedhet a mennyisége. A növények molibdéntartalma 0,2-11,0 ppm között változik (Mengel, 1976).

A talajok felvehető molibdéntartalma alacsony (maximális érték 24 ppm), így a növényi részek is kevés molibdént tartalmaznak. Ezzel szemben más vizsgálatok azt állapították meg, hogy a növényekben a molibdén mennyisége feldúsul (Tölgyesi, 1969). A talajok szervesanyag tartalma és a szervesanyaghoz kötött molibdéntartalom között szoros összefüggés van, amit a 0,93 korrelációs tényezővel lehet kifejezni. Valószínű, hogy a talajok a növényi maradványok felhalmozódása által dúsulnak fel molibdénnel. Ennek szélsőséges példája a tőzeglápok extrém magas molibdéntartalma (Keresztény és Nagy, 1960).

A talajok alacsony molibdéntartalma alól kivételt képeznek a fent említett láptalajok, melyek magas molibdéntartalma a felvehető réz mennyiségét csökkenti. Alig van két olyan elem ugyanis, mely között olyan egyértelmű antagonizmus lenne, mint a molibdén és a réz. Egyéb feltételeket változatlanul hagyva a az egyik elem koncentrációjának növelése a másik elem beépülését csökkenti. Ezért a takarmányok összeállításakor a nagy réztartalom mellett nem szabad a molibdén tartalmat bizonyos határ fölé engedni (Tölgyesi, 1969). A molibdén toxikus hatása függ még néhány aminosav (metionin, cisztein) koncentrációjától is.

A gyakorlati növénytermesztésben elsőként a hereféléken és lucernán jelentkező molibdén hiányról számoltak be 1942-ben. A karfiol ostor nyelességét (whiptail) szintén molibdénhiányra vezették vissza, ami molibdén adagolásával megszüntethető. Az 50-es években

bebizonyosodott, hogy a floridai citrusültetvények sárgafoltossága szintén a molibdén hiányának következménye (Bergmann, 1979).

A legtöbb talaj elegendő molibdént tartalmaz, hiánya legfeljebb savanyú talajokon fordulhat elő az erős molibdén lekötődés miatt. A talaj geológiai eredete nagymértékben meghatározza az összes molibdén tartalmat és a felvehetőségét (Mengel, 1976).

Hiánya hasonló tünetekben nyilvánul meg, mint a nitrogénhiány. A hiánybetegségben szenvedő növények növekedésükben visszamaradnak, leveleik kivilágosodnak, lankadni kezdenek, virágzatuk nem fejlődik ki teljesen. A pillangósok molibdén hiánya is ebben nyilvánul meg, azonban nem a nitrát-reduktáz működése, hanem a gümőbaktériumok elégtelen molibdén ellátása a korlátozó tényező. Gyakori, hogy a hiány foltokban jelentkezik, így a tábla foltos benyomást kelt. A molibdén hiányos növények középső és alsó levelein nekrotikus foltok jelennek meg, az egész levéllemez szürkészöld, a levél széle besodródik. A levélen az erek között sárgás foltok jelennek meg. A hiánytünetek általában 0,1 ppm alatti koncentrációnál jelentkeznek, a toxikus hatás pedig csak igen nagy koncentrációnál jelentkezik: a levelekben a 100 ppm-t meghaladó értéknél aransárga, illetve bíbor szín jelentkezik (Pais, 1980). A levéllemez kisebb marad, szélsőséges esetben csak a levélszár fejlődik ki. A molibdénre nem érzékeny növények (például a bab) valószínűleg vakuólumokban tárolják a molibdént, míg az érzékeny fajok (pl. paradicsom) esetén nincs meg ez a védelmi mechanizmus.

Állatoknál molibdén-vérhast okozhat a túlzott mennyiség. Ellene réz etetésével lehet védekezni.

Mai tudásunk szerint a molibdén az emberi táplálkozásban alig játszik szerepet. A napi felvétel 100 µg körül mozog. A kiürülés elsősorban a vizelettel történik. Nagy fehérjefelvételkor jelentős mennyiség ürül ki a szervezetből. Legfontosabb forrásai a hüvelyesek és a máj. A kutatások szerint szerepe van a fogszuvasodás gátlásában is, de ezt még vitatják.

A levélanalízis általában megbízhatóan mutatja a növények molibdénellátottságát. A hiány megszüntetésére több módszer ismeretes. Hektáronként 1 kg nátrium-molibdenát talajba dolgozása javasolt, levélen keresztüli táplálás esetén elegendő a 3-5 g molibdénnek megfelelő vízoldható vegyület. Emellett még használják az ammónium-molibdenátot is a hiány megszüntetésére. A molibdenát-ion felvétele aktív folyamat. Felvételét kompetitív úton a szulfát-ionok gátolják. A többi mikroelemmel ellentétben a növények számára a molibdénfelesleg nem toxikus (Láng, 1998).

A molibdén pótlásának lehetőségeivel sok kutató foglalkozott az elmúlt időszakban. Borsónál 5-6 leveles állapotában és a virágzás kezdetén adagolt molibdén növelte a virágok

számát, a hozamot, a magok összfehérje tartalmát és a táplálkozási értékét is. A különböző fajták azonban különbözőképpen reagáltak a kezelésre (Kotecki, 1990).

Benedycka et al. (1995) mikroelemek levélen keresztüli adagolásának hatását vizsgálták babon. A foszfor javította a molibdén bejutását a növénybe. A maghozamot a molibdén + foszfor, illetve a molibdén önmagában szignifikánsan növelte. Rodrigues et al. (1997) szintén a molibdén babra gyakorolt hatását vizsgálták szántóföldi körülmények között. Levélen keresztül 0, 40, 80, 120 g/ha molibdén juttattak ki 25 nappal a kelés után. A száraz időszakokban a molibdénnek nem volt hatása a növényekre. Megfelelő csapadékellátottság mellett a 76-81 g/ha molibdén bizonyult a leghatásosabbnak, ezzel érték el a legnagyobb hozamot. Az ezermag tömeget is növelte a molibdénkezelés.

Sable et al. (1998) *Rhizobium*-mal kezelt szója vetőmagot 2, 4, 6 g/kg vetőmag molibdénnel csávázták. Az eredmények azt mutatták, hogy a mag fehérje- és olajtartalma is szignifikánsan növekedett. A *Rhizobium* kezelés + 4g/kg molibdén adta a legjobb eredményt.

A molibdén hozam-, illetve fehérjetartalom növelő hatása összefüggésben van a nitrogénforgalomban betöltött szerepével.

3.3.3. A réz jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei

A századfordulón a rezet még mint növénymérget tartották számon, az 5 %-os réz-szulfát oldat volt az első növényvédőszer. A 0,1-0,2 %-os réz-szulfát igen jó fungicid. 1925-ben bizonyították be, hogy a réz a növények és az állatok számára is esszenciális.

A réz jelentősége a növényi anyagcserében a redoxi képességén alapszik, így a transpirációs anyagcserében és az elektrontranszportban közreműködő enzimek közvetlen vagy aktiváló összetevőjeként van fontos szerepe. Ezenfelül a fehérje- és szénhidrátanyagcserében, de főképpen a polifenol-anyagcserében vesz részt, kihat a sejtfal lignifikálódására, ami a növény jobb vízháztartásával van összefüggésben (Bergmann, 1979). A réz is részt vesz a növényi fotoszintézisben, a kloroplasztok különböző réztartalmú enzimeket is tartalmaznak. Felfedeztek már néhány réz-oxidázt, amely képes hidrogén atomokat rávinni a molekuláris oxigénre (lakkáz, polifenol-oxidáz, aszkorbinsav-oxidáz). Ezek működése a $\text{Cu}^+ \leftrightarrow \text{Cu}^{2+}$ elektron-transzporton alapul. A réz optimális koncentrációban megóvjaa a klorofillt a lebomlástól (Mengel, 1976).

A felszíni édesvizekben átlagosan 3 $\mu\text{g/liter}$, a tengervízben 0,25 $\mu\text{g/liter}$, a litoszférában 55 mg/kg koncentrációban fordul elő. A talajban található réz mennyiségét elsősorban a talajképző kőzet ásványi összetétele határozza meg. A legtöbb rezet a bázikus kőzetek (140 mg/kg) tartalmazzák, az üledékes kőzetek réztartalma kisebb (57 mg/kg), a savanyú kőzeteké

(például a gránit) a legalacsonyabb (30 mg/kg). Hazánk talajainak réztartalma tág határok között változik (3,2-38 mg/kg). A kisebb értékek a homok- és láptalajokra vonatkozik, a nagyobb értékek a csernozjom talajokra jellemzők. Az összes réztartalomnak kis hányada van mozgékony, a növények számára könnyen felvehető formában, ennek mennyisége általában 4-20 mg/kg (Szabó et al., 1987).

Keresztény (1970) kutatásai szerint a Mosonmagyaróvár környéki talajok könnyen oldható réztartalma a szervesanyag mennyiségének növekedésével párhuzamosan növekedett. Debreczeni és Debreczeniné (1983) tenyészedényes kísérleteikben megállapították, hogy a talajok tápanyagtartalma és a növények ásványianyag-tartalma egymással lineáris összefüggésben van. A réz a talajban általában két vegyértékű formában, agyagásványokhoz, illetve szervesanyagokhoz kötött formában fordul elő. Komplexképzésre való hajlama miatt a talajok rézellátottságát nem annyira a redoxfolyamatok, sokkal inkább a kolloidtartalom és a szervesanyag-tartalom határozza meg. A takarmánynövények réz-molibdén aránya fontos takarmányozási mutató, legalább ötször annyi réznek kell lenni mint molibdénnek (Debreczeni, 1979).

A növényi magvak réztartalma 2 és 20 mg/kg között változhat. Mennyisége bizonyos növényeknél meghaladja a vegetatív részekben mért értékeket. Igen alacsony a magvak mangán-réz aránya ami arra enged következtetni, hogy a mangántartalom a szénhidrát-, míg a réztartalom a fehérjetartalommal párhuzamosan változik a növényekben, mivel a szénhidrátokban a vegetatív szervek, fehérjében pedig a magvak gazdagabbak (Tölgyesi, 1969). A levelek kritikus rézkoncentrációja száraztömegre vonatkoztatva 3-5 µg/g, a toxikus szint pedig 20-30 µg/g között található (Láng, 1998). A réz ellátottság szempontjából Fekete és Patócs (1988) úgy találta, hogy az általuk vizsgált talajok 13 %-a gyenge ellátottságú. Általában a meszes alapközetten képződött csernozjom-, öntés és réti csernozjom talajokban fordul elő kevés réz. Hasonló talajviszonyok között jelentősen különbözhet a növényfajok rézkoncentrációja. Az élelmiszernövények közül viszonylag magas réztartalommal rendelkezik a rizs, a szója, a burgonya, a spenót és a fejessaláta, míg a takarmánynövények közül a vöröshere és a lucerna, valamint a cukorrépa levele.

A rézből csak keveset vesz fel a növény. A felvétel csaknem kizárólag a talaj rézion tartalmától függ, más kationok konkurrenciája gyakorlati szempontból jelentéktelen. A gyökér felületén a réz erősen kötődik, kiszorítja a többi kationt. Ezzel függ össze, hogy a gyökerek tartalmazzák a legtöbb rezet. Csak kismértékben mozog, főleg komplex- és kelátkötésben van jelen a növényben (Mengel, 1976).

A természettől fogva rézszegény talajokon az intenzívebb növénytermesztés hatására gyakrabban jelentkezik rézhiány. A talaj nagy humusztartalma elősegíti a rézhiány kialakulását. A nagyadagú foszfortrágyázás fokozza a rézhiányt, mivel a magas foszforkoncentráció nemcsak a vas-, hanem a rézfelvételét is gátolja. A nagyadagú káliumtrágyázás könnyű humuszos homokon ugyancsak rézhiányt okozhat. A nitrogéntrágyázás, minthogy a réznek fontos szerepe van a fehérje-anyagcserében is, növeli vagy éppen kiváltja a rézhiányt (Bergmann, 1979).

A növények esetében egyértelműen bizonyítható, látható tünet rézhiányra nincs: általában klorózis, a csúcs száradása és rövidebb internódiumok utalnak rá. Igazán megbízható eredményt csak analitikai mérés ad. Néhány növénynél van azért megbízható jelzés: a káposzta és a saláta fejképzése gyenge, a szövetek turgornyomása sem megfelelő (Pais, 1980). Minthogy a tünetek kezdetben vagy kisebb mérvű hiány esetén nem túl jellegzetesek (ellentétben a magnézium-, bór-, vashiánnyal), sokszor a rézhiányt nehéz azonosítani. Legtöbbször ilyen látens hiány lép fel, de ezt növényanalízissel lehet tisztázni. Tipikus tünetek a fonnyadás, a besodródás, a fiatalabb levelek elhalása. Másodlagos tünetek az összes szerv gátolt fejlődése, a klorózisok, a korai elágazásképződés kétszikűeknél. Következésként gombafertőzés és más tápelemek fölöslegbe jutásának káros hatásai figyelhetők meg. A rézhiány jelentkezése ugyanazon a területen az időjárási viszonyoktól függően évről évre jelentősen ingadozhat. Szárazabb években, a növények fiatalabbkori fejlődési stádiumában rézhiány gyakrabban érzékelhető (Bergmann, 1979).

Olyan területeken, ahol a gombabetegségekkel szembeni védekezés miatt hosszú ideig nagy mennyiségű réz-szulfátot permeteztek ki, a növények nagy mennyiségű rezet akumulálhatnak. Így előfordulhat, hogy a toxikus hatás következtében klorózis és természsökkenés következik be. Ilyen esetben a növények 150-250 mg/kg rezet tartalmaznak, sőt egy Franciaországból származó szőlőlevél mintában 800 mg/kg rezet is mértek (Szabó et al. 1987).

Egyes növények már a 0,5 %-os oldattal való permetezésre is érzékenyek, perzselési tüneteket mutatnak. A csonthéjasok általában érzékenyebbek, mint a szőlő és az almástermésűek. A rézzel való gyakori permetezés hatására a talaj réztartalma túl nagyra nőhet. Komló- és szőlőkultúrákban a talaj réztartalma elérheti akár a 0,2 %-ot is. Más növénykultúrákban a réztöbbséggel ritkán találkozhatunk. Előfordulása bányameddőkön vagy rézbányák közelében lévő termőterületeken illetve galvanizáló üzemek környezetében várható. Érdekesség, hogy ilyen területeken erősen felszaporodik a hólyagos habszekfű (*Silene cucubalus*), amely kifejezetten réztűrő faj. Ezzel ellentétben a közönséges habszekfű (*Silene vulgaris*) nitrátreduktázának aktivitása 0,001 mM koncentrációnál 50 %-kal csökken (Kovács in Hortobágyi, 1986).

Terheléses kísérletben Kádár (1993) azt találta, hogy a réz más nehézfémekhez hasonlóan (króm, nikkell, higany, ólom) a gyökerekben halmozódik fel, a növények földfeletti részeiben nem. Ezzel szemben a bárium, kadmium, stroncium megtalálható volt a fiatal hajtásokban is.

Mivel a túlzott mennyiségben jelenlevő Cu^{2+} a vasfelvételt és szállítást gátolja, a vastartalmú enzimrendszerek hatásmechanizmusát gátolja vagy inaktíválja, továbbá a Cu^{2+} a protoplazmában levő Fe^{2+} -t az inaktív Fe^{3+} -má oxidálja (hasonlóképpen a Mn^{2+} a sejtnedvben), a réztöbblet hatása rendszerint jellegzetes vas-hiánytünetekben nyilvánul meg (Bergmann, 1979). A herefélék, a lucerna, a mák, a paraj és a cukorrépa különösen érzékenyek a réztöbbletre. Vaskeláttal, vasszulfáttal történő permetezés a kártételt megszüntetheti. Ha a réztöbblet nagyon nagy, akkor a tünetek egyértelműen jelentkeznek. Az idősebb leveleken vörösesbarna nekrozisok keletkeznek, a fiatal levelek színe igen sötétzöld, a növények elpusztulnak.

Állatoknál a réz jelentőségét Angliában fedezték fel. Esszenciális jellegét 1928-ban bizonyították. A réz számos protein és enzimrendszer alkotóeleme. A rákoknál még az oxigéntranszportban is részt vesz. A rézabszorpció a gyomorban és a vékonybélben megy végbe. A vízoldható formák jobban hasznosulnak a bélben. A kiürülés az epén keresztül a bélsárral történik (Szabó et al., 1987).

Rengel et al. (1999) leírták, hogy a megnövelt mikroelem tartalmú élelmezésre szánt magvak enyhíthetik az emberiség mikroelemhiányos állapotát. Megállapítják, hogy a magvakban megvan a képesség arra, hogy szerves és szervetlen formában növekedjen a mikroelemek koncentrációja. A réz trágyaként való kijuttatását a cinkhez hasonlóan a talajon, míg a vasat a levélen át javasolják. A máj tárolja a rézet a szervezetben. A kifejlett állatok zsírmentes szárazanyaga 1,5-2,5 mg/kg rézet tartalmaz. A rézhiány kerdődzőknél jelenthet problémát, mivel naponta 8 mg/kg a rézszükségletük, másrészt a tömegtakarmányok réztartalma általában kicsi. A molibdén antagonizmus szintén növeli a szükségletet.

Az ember napi rézszükséglete 3 mg. Az élelmiszerek közül rézben gazdagok a belsőségek, a száraz hüvelyesek, a dió, a mák és a ribizke. Az emberi szervezetben nagy része fehérjékhez kötött, leglényegesebb fiziológiai funkciója az enzimek aktiválása és a hemoglobinképzés. A réz és a cink antagonizmusa miatt a 4:1, illetve 5:1 cink-réz arány az optimális. Kóros felhalmozódása betegséget okoz, ez a Wilson-kór.

Ha a vizsgálati adatok alapján a talaj rézellátottsága gyenge, a réztrágyázás alkalmazása javasolt, a trágyázószer rézszulfát vagy réz-monokelát lehet. Debreczeni (1979) a talajtrágyázást javasolja, a levéltrágyázást csak különleges esetekben. A réztrágyázás utóhatásával három évig számolhatunk. A javasolt permetlé a tervezett terméstől függően (10 t/ha össztermésre számítva) 0,05-0,2 kg fémrezt tartalmazzon, a kijuttatás maximum 0,5 %-os oldat formájában történjen. A

kijuttatás a tenyészidőszak folyamán többször történjen. Nincs szükség a permetezésre, ha az adott kultúránál réztartalmú fungicidkezelést hajtunk végre. A mikroelemes kezelés a szója termésmennyiségét 3-7 %-kal növelheti, illetve a réz- és a cinkkezelés javítja a szója beltartalmát, minőségét (Bocz, 1992).

A réz pótlásának lehetőségeivel sok kutató foglalkozott az elmúlt időszakban. Ipari melléktermékből előállított réz-amin trágyázószer hatását vizsgálta búza növényen Szakál és Schmidt (1996). A hozamot és a sütőipari értéket kísérték figyelemmel. Kísérleteikben a rezet az őszi talajelmunkáláskor illetve a virágzáskor juttatták ki. A talajműveléskor kijuttatott réztrágya hatására a hozam szignifikánsan növekedett, az 1,4 kg/ha rézmennyiség dózis adta a legjobb eredményt. A virágzáskor kijuttatott réz hatásosabb volt az előzőeknél. Az 1 kg/ha növelte a hozamot, a 2 kg/ha már toxikus hatású volt. Az 1,12 kg/ha réz hatására a nyersfehérje mennyisége szignifikánsan növekedett. A sütőipari értéket a 0,5 kg/ha réz növelte a legjobban. Unk (1984) szerint 1 tonna babmaghoz (és melléktermékhez) jó talajon 14,5g rézre van szükség. Réztrágyázáskor 4-5 évre 5-8 kg/ha mennyiséget kell kijuttatni.

3.3.4. A cink jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei

Azt, hogy a cink esszenciális mikroelem a növények számára, csak a 30-as években sikerült bizonyítani. Egyúttal kiderült az is, hogy a világon elég sok cinkhiányos terület van. Létfonosságát állatoknál 1934-ben mutatták ki. Gyakorlati jelentőségre az 50-es években tett szert, amikor is kiderült, hogy a sertések parakeratozisos megbetegedésének oka a cinkhiány.

A növények anyagcseréjében az adja a cink fiziológiai jelentőségét, hogy számos enzim specifikus fémkomponense (pl. a szénsav-anhidráznak), és más enzimreakciók többé-kevésbé specifikus serkentője, illetve gátlója (Bergmann, 1979). A növények a cinket főként Zn^{2+} formában veszik fel, de felvehetik még keláttípusú vegyületek formájában is.

Hatását tekintve a cink bizonyos párhuzamosságot mutat a Mg^{2+} -mal és Mn^{2+} -nal, valószínűleg az enzimszubsztrát-elrendeződés és -kötés létrejöttét teszi lehetővé. Emellett szól az is, hogy bizonyos enzimeket (pl. az enolázt) a Mg^{2+} , a Mn^{2+} és a Zn^{2+} azonos módon aktiválnak (Mengel, 1976).

A felszíni édesvizekben átlagosan 15 µg/liter, a tengervízben 5 µg/liter, a litoszférában 70 mg/kg, a talajokban 60 (1-2000) mg/kg koncentrációban fordul elő. A talajok összes cinktartalmát a talajképző kőzet ásványainak cinktartalma határozza meg. A savanyú kőzetek (gránit) cinktartalma kicsi (60 mg/kg), a bázikus kőzetek (bazalt) 130 mg/kg körüli cinket tartalmaznak.

Hazánk taljai elég változatos képet mutatnak. Legkisebb a homoktalajok cinktartalma (30 mg/kg), az erdőtalajok cinktartalma 70-115 mg/kg, a csenozjomoké pedig 120-150 mg/kg (Győri, 1984). A talajok összes cinktartalmának csak kis része hozzáférhető a növények számára. Elsősorban a vízdoldható és könnyen kicserélhető formák azok, amit a növény képes felvenni. A savanyú talajokon a vízdoldható és a kicserélhető cinktartalom lényegesen magasabb, mint semleges vagy lúgos kémhatású talajokon. A felvehető mennyiség általában az összes tartalom 1 %-a. Ez a felső talajrétegben 1-5 kg/ha mennyiséget jelent.

Keresztény (1961) még nem tartotta szükségesnek a cinkpótlás hatásának vizsgálatát, mert a külföldi szakirodalomban nem írtak akkor még le cinkhiányos állapotot, ezért nem tartotta valószínűnek hazai talajainkon hiányát. Ezzel szemben az 1990-es mérések alapján a Mosonmagyaróvári környéki talajok cinkellátottsága gyenge (Talajvédelem Magyarországon kiadvány, 1994).

Six (1967) kutatásai szerint a Duna és Rába menti talajok mozgékony cinktartalma a 20-50 cm-es rétegben a legnagyobb. A feltalaj mozgékony cinktartalma magasabb, mint az altalajé.

A növények különböző részeinek a cinktartalma jelentősen eltérhet. A levelek cinktartalma 10-70 mg/kg között változhat. A magvakban 20-80 mg/kg mennyiségben fordul elő. A legtöbb cink (a rézzel együtt) a *Cucurbitaceae* családhoz tartozó tök-, uborka- és dinnyemagvakban található (Tölgyesi, 1969). A növények a cinket főleg Zn^{2+} -ként veszik fel, de magasabb pH-nál valószínűleg $ZnOH^+$ -ként. A cink felvételének mechanizmusát illetően (aktív, passzív) még nem alakult ki egységes álláspont. Mivel a cink felvétele, valamint a növény cinkigénye meglehetősen kicsi, ennek megfelelően a növényen belüli cinktranszport nyomon követése is körülményes (Láng, 1998).

A cinkhiány főként a 6,0-6,5, vagy ennél magasabb pH-jú talajokon lép fel. Gyakorlati szempontból a következő talajféleségeken léphet fel cinkhiány: homokon és homokos vályogon, mészkarbonátos talajokon, és sok nehezen lebomló szervesanyagot tartalmazó talajon. A cink szerepet játszik a kloroplasztisz szerkezetének fenntartásában. Ezért a cinkhiányos növények klorofill szegények. Jellemző még, hogy a növények leveleinek határolósejtjei megnyúlnak, a levél kicsi marad és hosszúkás alakú lesz. Csökken a kloroplasztok száma, kevesebb lesz a keményítőszemcsék száma, megnő az olajcseppek mennyisége a kloroplasztban. Általában a

gyökér is abnormális fejlettségű, gyakran a keményítő is hiányzik a gyökerekből. A cinknek a növekedésszabályozó indolecetsav (IES) szintézisben is szerepe van, hiányában növekedési rendellenességek figyelhetők meg. A hiány fellépése a pH érték emelésével növekszik. Az ilyen és a foszfátgazdag talajokban a cink a legfelső talajrétegben megkötődik, nem tud lejutni a gyökérszónába. Különösen jelentős a mélyen gyökerező kultúráknál, mint például a gyümölcsösök vagy a szőlő.

A cinkhiány jellemző tünete a rozettásodás és aprólevelűség, amit először citrusféléken és őszibarackon írtak le. A komló egykor vírusbetegségnek vélt levélfodrosodása is a cinkhiányra vezethető vissza. A hiányra nagyon érzékeny a kukorica, a *Phaseolus* babok, a szója, a szőlő. Mérsékelt érzékeny a burgonya, a cukorrépa és a lucerna. Nem érzékeny rá a zab, a borsó és a fűfélék. A cinkhiány felismerését nehezíti, hogy a különböző fajokban a hiánytünetek kifejlődése nem egységes (Bergmann, 1979). A cinkhiány első jeleként feltűnő foltos, szabálytalan alakú érkezi klorózis lép fel. Megfigyelhető korai virágelrűgés, kisebb mag és gyümölcs. A gátolt vagy megzavart szénhidrát-anyagcsere miatt a fák ágai erősen fagyérzékenyek lesznek, ez vezet a téli ágelhaláshoz. A bab cinkhiány miatt zömökebb habitusú. A levélszélektől befelé nekrotikus jelentkeznek. A lóbab alacsonyabb növésű, levele jóval kisebb, a virágok nagy részét elrűgja. A cinktartalmú növényvédő szerek megjelenése a cinkhiányt csökkentette.

A rézhez hasonlóan a cinktöbblet is általában ércbányák környezetében és cinkkohók mellett található termőterületeken jelentkezhet. Ezen kívül cinktöbblet alig fordul elő. Az ilyen talajon a nagy cinktartalomra rezisztens növények telepednek meg. Ilyen például a juhcsenkesz (*Festuca ovina*), a mezei tarsóka (*Thlaspi arvense*). A tarsókában már mértek 20 000 ppm-es cinktartalmat is. Jellemző ezen növényekre az alacsony elterülő növény és kis levélméret. Cinkfeldúsulást okozhat a horganyzott edénybe gyűjtött esővízzel való öntözés és a nagyadagú hígtrágyázás is. A cink károsítása nem annyira súlyos, mint a rézé. A növények a 300-500 ppm cinket még eltűrik. Meszezéssel és foszfortrágyázással a növények megvédhetők a cinktöbblet ellen. A cinktöbblet részben a vas-, részben a mangán hiánytünetekkel mutat hasonlóságot, azonban nemcsak a fiatal leveleken mutatkozik meg. A növények a fejlődésben visszamaradnak és elpusztulnak (Bergmann, 1979). Kádár és Morvai (1998) tartamkísérletben borsó és sárgarépa teszt növényen vizsgálták a cink és más elemek toxikus mennyiségének hatását. A szelén mellett a nagy koncentrációban cinkkel kezelt növények mutatták legjobban a negatív tüneteket.

Az állatok számára is esszenciális a cink. A cinkfelszívódás más elemekhez képest nagy, szájon át 30-60 % abszorbeálódik. Sok enzim alkotórésze, igen nagy a komplexképző affinitása. Kiürülése az epén át történik, a vizelettel viszonylag kevés távozik. Hiányában csökken az étvágy, a takarmányfelvétel, ezzel együtt a testtömeggyarapodás is. A hámszövetek is

károsodnak. A cukoranyagcserében is részt vesz, az inzulinban 0,5 % cink van. Hiánya a hímivarú egyedeknél a rosszabb retenció miatt jobban kifejezésre jut, mint a nőivarúaknál (Szabó et al., 1987). A szervezet cinkstátuszát legjobban a bordacsont és a szőr tükrözi. Cinktartalmuk és a szervezet cinkellátottsága között szoros pozitív korreláció van. Vizsgálatok szerint elsősorban a sertés és a baromfi takarmányozásában kell a cinkpótlást megoldani, különösen akkor, ha sok az extrahált szójadara mennyisége a takarmánykeverékben. A gyakorlatban a cinkfeleslegből származó hátrányokkal nem vagy alig kell számolni. A vérben a cink a szérum-albuminokhoz és globulinokhoz kötötten fordul elő, az összes cink 80 %-a a vörösvérsejtekben van. A tejnek viszonylag magas a cinkkoncentrációja: 3-5 ppm.

Az emberben is előfordulhat a nem elégséges bevitelből származó hiánybetegség, ennek gyakorisága azonban jóval kisebb a vashiányénál. A napi szükséglet, ami függ a szervezeten belüli hasznosulástól is, kb. 10-15 mg. A cinkhiány elsősorban bőrbetegségeket okozhat, romlik az ízérzékelés. Figyelembe kell venni a tényleges szükségletnél más elemek (toxikus is) mennyiségét is. A kadmium felboríthatja például a vas-, réz- és cink anyagcserét is. A rendszeresen fogyasztott táplálékoknál a cink:kadmium aránynak legalább 300:1 kell lennie, ellenkező esetben relatív cinkhiány lép fel a bevitt cink mennyiségétől függetlenül. Az állati eredetű táplálékok gazdagabbak cinkben, mint a növényiek, különösen kiemelkednek a belsőségek. A növények közül a gabonamagvak cinkben szegények, a napraforgó, a szója, a vöröskáposzta gazdagok, a gombák és a korpa is sok cinket tartalmaznak szintén.

Amikor a talajvizsgálatok gyenge cink ellátottságot mutatnak, figyelembe kell vennünk az adott kultúra alá kiadott foszforműtrágya cinkellátottságot befolyásoló hatását. Talajon keresztül cink-szulfát vagy cink monokelát formájában kijuttatott trágyázószer adagolása javasolt. Ha a talajon keresztüli kijuttatás nem megoldható, levéltrágya alkalmazása indokolt. Ha a talajok foszforellátottsága közepes, vagy közepesnél rosszabb, kizárólag a levéltrágyázást alkalmazzuk. A cink-szulfát kijuttatása ősszel, a műtrágyával együtt történik. Utóhatása 3 év. Permettrágyaként 0,5 %-os oldatot használunk, az egy alkalommal kijuttatott cink hatóanyag mennyisége 0,5 kg/ha (Debreczeni, 1979).

Unk (1984) szerint cinkéhség a babnál cinksókkal gyógyítható. Elegendő, ha néhány grammot juttatunk a talajba. Derevyansky et al. (1995) a cink kijuttatásának legjobb módját keresték. Úgy találták, hogy a legjobb módszer a levéltrágyázás, 200 g/ha a hatásos dózis.

3.3.5. A vas jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei

A vas nélkülözhetetlenségét a növények számára már az 1800-as évek elején bizonyították tápoldatos kísérletekben. A mikrotápelemekhez sorolják, bár a többi mikrotápelemhez képest nagyobb mennyiségben van rá szükség. Egyes szerzők mezoelemnek tartják.

A vas jelentősége a növényi anyagcserében a redoxiképességén ($\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$), valamint kelátkomplex-képzési hajlamán alapszik. Különösen a citokróm-oxidáz rendszerben és ezzel a transpirációs láncban, a fotoszintetikus rendszer elektrontranszportjában, továbbá a klorofill- és fehérjészintézisben van fontos szerepe (Bergmann, 1979).

Átlagos koncentrációja felszíni édesvizekben $500 \mu\text{g/l}$, tengervízben $2 \mu\text{g/l}$, a litoszférában 5,6 %, a talajokban 3,2 % (0,01-21%). Bár a biogén elemek közül a talajban a szilícium után a vas fordul elő a legnagyobb mennyiségben, a vasvegyületek többnyire rosszul oldódó formában vannak jelen, tehát a talaj összes vastartalmának csak kis része hozzáférhető a növények számára. A biológiailag aktív forma a két vegyértékű vas, a növények ezt tudják felvenni, azonban a talaj vastartalmának csak kis részét képezi ez a forma. A három vegyértékű vas biológiailag inaktív.

A talajban a vas az ásványok kristályrácsaiba beépülve található meg. A hematit, a biotit, a klorit tartalmaz jelentős mennyiségű vasat. Hazánk talajaiban az összes vastartalom 4-6 %. Az agyagos talajokon több vas található. Az üledékes kőzetten (dolomit, mészkő) képződött talajok vastartalma elég alacsony, 0,2-0,3 %. A talajok magas vastartalma miatt abszolút hiány ritkán alakul ki, általában relatív hiány lép fel, valamely talajtulajdonság limitáló tényezőként akadályozza a vas mozgékonyvá válását, ezáltal a hasznosulását. Karbonátos és foszfátgazdag talajokon, különösen magas pH érték mellett, előfordulhat vashiányos állapot a vas oldhatatlanná válása miatt. Ugyanis a Fe^{2+} Fe^{3+} formává oxidálódik, nehezen oldható vasvegyületet képez. A talajban lévő szerves savaknak is nagy jelentősége van a vas mobilizációjában, a lehullott falevelek lebomlásakor keletkező anyagok például növelik a vas mobilitását. A növények számára felvehető vas a mozgékony vasnak az a része, ami könnyen átalakul ionos formává és könnyen redukálódik. Más mikroelemek (réz, mangán) a felvehető vastartalmat csökkentik (Szabó et al. 1987).

A növények vastartalma igen változó. A hüvelyes takarmánynövények szárazanyagában 200-300 mg/kg, a réti szénában 100-250 mg/kg, az olajos magvakban 100-200 mg/kg vas van. A magvak általában 60-280 mg/kg vastartalmúak (Tölgyesi, 1969). A növények levelének vastartalma a talajhoz képest század- vagy ezredrész. Seong et al. (1998) mérései szerint a Koreában gyűjtött szójamag átlagos vastartalma 224 mg/kg.

A vashiány még ma is az egyik legnehezebben orvosolható hiánybetegség. Egyes növénykultúrákban jelentős károkat okozhat. Ez annak ellenére igaz, hogy ma már rendelkezésre állnak olyan vas-kelátok, melyekkel a levél- és a talajtrágyázás hatékonyan megoldható (Bergmann, 1979). A vashiány mind semleges vagy lúgos, mind savanyú talajokon előfordul. A növénytermesztési gyakorlatban főként a 6-7 pH-jú leginkább a meszes és egyben nagy agyagfrakciójú talajokon fordul elő. A szőlő, a gyümölcsfák és a csillagfürt esetén mint mészklorózist említik, valójában azonban vashiány okozta klorózisról van szó. Egyes növények (például a citrusfélék) érzékenyen reagálnak a talaj magas kalciumtartalmára és a magas pH értékre. Ennek magyarázata, hogy a hidrogén-karbonátok feldúsulása az anyagcsere-folyamatoktól függően gátolja a vasfelvételt.

Savanyú talajokon a vashiányt elsősorban a nehézfémionok (réz, kobalt, nikkel, cink, mangán) fölöslege váltja ki, mivel ezek kiszorítják a vasat a felvevő- és hatáshelyekről. A magas mangántartalom főként a rizsben okoz vashiányt. Citrusfélékben a réz- és cinktartalom növekedése okozta ugyanezt. A réz- és mangántartalmú vegyszerek elterjedése szintén oka lehet a vashiányos állapotnak. Vaskelátok adagolásával ezen hiányt ki lehet küszöbölni. A vashiány látható tünete a klorózis, a klorofill csökkent koncentrációja. Először a vékonyabb, majd a vastagabb levélerek, végül az egész levél zöld színe kihalványodik. A vasklorózis jellemző tünete, hogy a levelek lehullanak, de a hajtások zöldek maradnak, és csökken a növekedés üteme is. A vas nem tartozik az újrafelhasználható elemek közé, nem képes az idősebb levelekből a fiatalabbakba szállítani. Ezért a vashiány jól megállapítható a látható tünetek alapján. A hiány utolsó stádiumára jellemző, hogy a levél teljes egészében megsárgul, sőt ki is fehéredik. Mindig a fiatalabb növényi részekben jelentkeznek, az idősebb levelek teljesen zöldek maradhatnak. Túlöntözés hatására léphet fel egy őszi-téli élettani betegség, a hajtásvég sárgulás; ez is a vashiányra vezethető vissza (Terbe, 1997).

Szántóföldi kultúráknál ritkaságszámba megy a vas pótlása, szőlő- és gyümölcskultúrákban viszont nagy gyakorlati jelentőséggel bír. A vashiány csak ideig-óráig szüntethető meg a talajba adagolt vas-szulfáttal sőt a kezelés teljesen eredménytelen is lehet, mivel a magas mésztartalmú talajokon a vas-(II)-szulfát nagyon gyorsan oldhatatlanná válik a vas-hidroxid kicsapódása miatt (Szabó et al., 1987). A növények tápoldatban történő nevelésénél sarkalatos probléma a megfelelő mennyiségű vas biztosítása. A szervetlen vasvegyületek még enyhén savas pH-n is kicsapódnak, így a tápoldatok összeállításánál komplexképző, kelátor vegyülethez kötött formában adagolják a vasat. A növényi gyökér maga is bocsát ki kis moltömegű szerves vegyületeket (pl. citromsav), amelyek képesek komplexálni a vasat (Láng, 1998).

Vastöbblet a köztermesztés körülményei között általában nem fordul elő. Ha mégis, a túladagolás következtében a levelek sötétzöld vagy kékeszöld színűek lesznek, a hajtás-, gyökér- és levélnövekedés gátolt. Súlyos esetben a levelek elszíneződés nélkül elszáradnak. Hiánytünetei hasonlóak a foszforhiányéhoz. A rizsben a vastoxicitást nagyadagú káliumtrágyával enyhíteni lehet (Bergmann, 1979).

Állatoknál a vas esszenciális jellegét már az 1700-as években ismerték. A vashiány okozta anémiát malacoknál viszont csak az 1920-as években írták le. A vashiányt több évtizede gyógyítják vasinjekcióval. Felszívódása gyors, elsősorban a vékonybélben történik. Az abszorpció mértéke a szükséglettől és az elraktározott mennyiségtől függ. A vasellátottság függ a rézellátottságtól is: a réztöbblet csökkenti a vas felszívódását. A vas számos enzim és fehérje alkotórésze. Az epén keresztül ürül ki. Hiányában anémia, hasmenés jelentkezhet. A vasterhelés étvágytalanságot, lassuló testtömeg gyarapodást és elhullást okozhat. A takarmányok vastartalma sok tényezőtől függ. Általában elegendő a vastartalmuk. Hiánya leggyakrabban malacoknál lép fel, más állatnál hiánya ritkán észlelhető.

Embernél gyakoribbak a vashiányból erdő jelenségek. A vas:réz, a vas:cink:mangán arányok között szoros az összefüggés. Egy átlagos 70 kg-os felnőtt szervezete 4-5 g vasat tartalmaz. Ez kb. kétszerese a cink-, és húszszorosa a réztartalomnak. A vas szerves molekulákhoz kötötten fordul elő. A nőknél fokozottabban jelentkezik a vashiányos állapot, a menstruáció és a terhesség alatt elég sok vasat veszítenek. A szervezetbe a táplálékkal 15-20 mg/nap vas jut be, ennek kb 5-10 %-a szívódik fel; a szükséglet 1 mg/nap körüli (Pais, 1980).

A vas pótlásának lehetőségeivel sok kutató foglalkozott az elmúlt időszakban. Gill et al. (1994) mikroelemkezelés hatását vizsgálták pillangósvirágú fákön. A legnagyobb zöldtömeget az NPK mellett adagolt vas eredményezte. Loch és Nosticzius (1983) szerint az enyhe vashiány tünetei vaspótlással gyorsan megszüntethetők, az előrehaladott vashiánynál a vastrágyázás már hatástalan. Bityutskii (1995) több növényen, köztük borsón is vizsgálta a levéltrágyaként adagolt vaskelátok hatását. Azt találta, hogy a vaskelátok hatása a fajoktól függetlenül pozitív volt a hozamra. Patra (1998) szóját kezelt mikroelemekkel, a legjobb hozamokat a molibdénkezelés hatására érték el. A vas nem eredményezett termésnövekedést. Al Shawk et al. (1986) a vasklorózis hatását tanulmányozták szója növényen. A különböző fajták toleranciája más és más volt. 0,2 kg/ha vas adagolásával jó hatást értek el a klorózis megszüntetésére.

3.3.6. A mangán jelentősége, hiánytünetei, pótlási lehetőségei

A mangán biológiai jelentőségére már a 18. század végén felfigyeltek, a 20. század elején igazolták növényélettani jelentőségét. Már ekkor gondoltak arra, hogy a redoxrendszerekben játszik szerepet. Először 1922-ben utaltak arra, hogy a mangán részt vesz a klorofill szintézisében (Pais, 1980).

A mangán fiziológiai jelentőségét a növények anyagcseréjében redoxtulajdonságai adják, melyekkel oxidációs és redukciós folyamatokat szabályoz, valamint részt vesz a szénhidrát- és fehérje-anyagcsere karboxiláló folyamataiban is. A növekedésben a cinkkel együtt szintén jelentős a szerepe. Prosztetikus csoport alkotórészeként több biológiailag fontos enzim (például a peptidáz, enoláz, karboxiláz, argináz) aktivátora, közreműködik a sejtlégzésben. Meghatározó szerepe van a növények nitrogén anyagcseréjében, mangánhiány esetén a növény nem képes hasznosítani a nitrátot. Mivel a mangán növényen belüli transzlokációja minimális, a hiánytünetek először a fiatal leveleken jelentkeznek.

A mangán két-, három- négy- és hét vegyértékű lehet. A hétvegyértékű forma a talajban nem fordul elő. A felszíni édesvizekben 8 µg/l, a tengervízben 0,2 µg/l, a litoszférában 950 mg/kg, a talajokban 760 mg/kg koncentrációban van jelen (Szabó et al. 1987). A talajok mangántartalmát tekintve célszerű az összes- és a felvehető mangántartalmat megkülönböztetni. A növények számára a mozgékony formák a hozzáférhetőek, melyek mennyisége –ellentétben az össztartalommal–állandóan változik. A növények számára a két vegyértékű mangán a felvehető. A különböző vegyértékű formák egymásba alakulása a talaj redoxpotenciáljának a függvénye. A redukciós folyamatoknak kedvező csapadék hullás, talajtömörítés, a szervestrágyázás megnöveli a mangán felvehetőségét. Hazánk talajainak összes mangántartalma 100-1100 mg/kg, a felvehető mangán ennek kb. 0,1-1 %-a.

Keresztény (1966) a Mosonmagyaróvár környéki talajok mangánmegkötő képességét vizsgálta. Megállapította, hogy a talajok erős oldószerrel kivonható mangántartalma és mangánmegkötő képessége egyaránt annál nagyobb, minél magasabb azok karbonáttartalma és pH értéke.

A növények mangántartalma a levelekből jól meghatározható. A normál értékek 15-300 mg/kg között mozognak. Toxikus tüneteket 800 mg/kg felett mutatnak a növények, bár már kisebb értékek is okozhatnak terméseszkökenést minden látható jel nélkül. A magvakban található mangán mennyisége 15-80 mg/kg között változik. A fenyőfélék egy része akkumulálja a mangánt (Tölgyesi, 1969). A mangánhiány kialakulását a növényben a talaj könnyen mozgó mangántartalma mellett a talaj pH-ja is döntően befolyásolja. A pH 6-nál kisebb értéknél mangánhiányra csak akkor kell számítani, ha rendkívül kicsi a talaj mangántartalma. Fontos még a talaj szellőzöttsége, szerkezete és vízháztartása. Ezért a magas pH-jú, meszes, láposodó

talajokon kell leginkább mangánhiánnyal számolni. Ilyen talajokban akkor is kialakul hiány, ha a mangántartalom magas. A mindenkori mangánellátottság jelentősen befolyásolja a növény növekedését, a nitrogén anyagcserét és a szénhidrátforgalmat. Mangánhiány esetén csökken a növény száraztömege, ezzel szemben az oldható nitrogén és a különböző oldható szénhidrátok mennyisége számottevően megemelkedik (Láng, 1998).

A magas pH érték mellett még a fokozott Ca^{2+} -ion tartalom is gátolja a Mn^{2+} felvételét. A növényekben a Ca:Mn arány 350:1 körül normális. A mangánfelvételt gátolja még a magnézium-, vas- és ammónium-ionok, ezzel szemben a kálium- és nitrátionok elősegítik (Bergmann, 1979). A mangánhiányról először a századfordulón számoltak be, mint szárazfoltosságról. Mivel a növényben a mangán sok helyen játszik szerepet, nem könnyű megállapítani az összefüggést a tünetek és a mangán hiánya között. A klorotikus és nekrotikus tüneteket a gátolt fehérje- és klorofillszintézis, a fokozott lebomlásuk és a nitrátvegyületek felhalmozódása együttesen okozza. Jellemző hiánytünet, hogy már kezdetekben is pontszerűen jelentkeznek a klorotikus foltok, ellentétben más elemek hiánytüneteire jellemző nagy felületre kiterjedő foltok megjelenésével. A mangán kisebb mozgékonyaságából kifolyólag a tünetek nem érintik kezdetből fogva az egész levelet, hanem a tünetek kialakulása az érközi mezőknek az erektől távolabb eső levélszövegekben kezdődik. A levelek pontszerűen kivilágosodnak, a pázsitfűveken ezek a klorotikus foltok gyöngysorszerűen sorakoznak. Az elégtelen mangánellátásra a zab reagál a legérzékenyebben: szárazfoltos lesz. Ez azt jelenti, hogy a levél alapi részén szennyesszürke csíkok vagy foltok jelennek meg. A turgor sem optimális a növényben. A rozs kevésbé érzékeny a talaj kevés felvehető mangántartalmára. Az érközőkben pontszerű foltosodás figyelhető meg, esetleg a levéllemez megtörik.

A szója fiatal levelein tipikus klorózis figyelhető meg fenyőfyszerű érzet kirajzolódásával. A bab legfiatalabb levelein pontszerű hálós klorózisok jelennek meg, a levélszéleken barna nekrotikus pontok keletkeznek, később ezek összeolvadhatnak. Tartós hiány esetén a magokon 'szívbarulás' látható. A borsó levelein áteső fényben márványozottnak látszó pontszerű klorózisok keletkeznek. Először a hajtáscsúcs, majd az egész növény megbarnul, elhal. A magokon szívbarulás figyelhető meg. A növények sejtjei kicsik. A sejtfalak élesen kirajzolódnak. Ismertek határértékek a növények a tápláltsági állapotára (például cukorrépa levelében 10 ppm alatt hozamcsökkenés várható), de a mangántartalom nem jelzi mindig biztosan a növény mangán tápláltsági állapotát. A döntő az, hogy fiziológiailag aktív mangán van-e jelen. Emellett figyelembe kell venni más ionok jelenlétét is, mert más ionok kiszoríthatják a mangánt a kötőhelyekről (Mengel, 1976).

Az OMTK keretein belül karbonátos öntéstalajon foszforműtrágyázás hatására előfordul a búzaszem mangántartalmának növekedése. A kukorica szármaradványában szintén megfigyelhető volt a mangántartalom növekvő tendenciája (Debreczeni et al., 1998).

A mangántöbblet a gyakorlatban gyakrabban fordul elő, mint azt korábban gondolták. A talaj alacsony pH értéke, a magas mangántartalom főként a pangóvízes talajokon a Mn^{2+} feldúsulásához vezethet. A mangán toxicitás tehát főleg a mészhiányra és az anaerób körülményekre vezethető vissza. A túlzott mangántartalmú talajokon más, a növények által még rosszabbul tűrt elemek (alumínium) is közrejátszanak a növekedésgátlásban. A levélanalízis elsőrendű támpont a mangántöbblet felismeréséhez, a levelek 1000 ppm feletti mangántartalma biztos jel. A 2000 ppm feletti koncentráció már pusztulást okoz. A mangántöbblet tünetei főként az idősebb leveleken jelentkeznek, klorózis, nekrozis és barnakő-lerakódás formájában. A közömbös vagy meszes talajokat kedvelő növényfajok sokkal érzékenyebben reagálnak a mangán többletre, mint a savanyú talajt kedvelők. Például a babon erősebben jelentkeznek a tünetek, mint a paradicsomon. A mangántöbblet zavart okoz a klorofillszintézisben, másodlagos vashiányt is okozva azáltal, hogy főleg a vas által katalizált klorofill-előanyagok szintézise gátlódik. Igen nagy többlet esetén a mangán a növényben mangán-dioxiddá oxidálódik, és a levél szélein és az indák végében raktározódik. Egyes növényeknél ez ugyancsak barna foltosodást idéz elő (Bergmann, 1979).

Állatoknál a mangán létfontosságát először egereken mutatták ki. Élettani szerepe nem tisztázott még kellőképpen. A glükózil-transzferáz enzimek mangánigényesek. Hiányában porc- és nyálkaképződési zavarok lépnek fel. Az oxidatív foszforiláció is mangánigényes folyamat, ennek kofaktora. A koleszterinszintézisben is szerepet játszik. A szervezetben igen gyorsan abszorbeálódik. A máj, a vese és a csontok gazdagok mangánban. A máj 10 mg/kg-ot tartalmaz átlagosan. Kiürülése az epén át történik. Hiányában a kérődzőknél szaporodásban következnek be zavarok. A normál ovuláció esetén is csendesivarzás figyelhető meg. Ivari eltolódáshoz is vezethet a hímivar javára. Megfigyeltek már csontkárosodást és idegrendszeri zavarokat is. A mangánszükségletet a kalcium- és a foszforellátás, illetőleg a vasterhelés befolyásolhatja. A takarmányok hazánkban mangánban szegények (Szabó et al., 1987).

Az embernél mangánhiány csak ritkán fordul elő. Ha a napi 2-3 mg mangán nem jut a szervezetbe, idegrendszeri károsodás, termékenyülési rendellenességek és csonttörékenységet okozhat. A napi szükséglet átlagosan 4 mg. A szervezetbe jutó mangán nagy része a gabonafélékből származik. A mangán pótlásának lehetőségeivel sok kutató foglalkozott az elmúlt időszakban. Egyes szerzők 50-150 kg/ha száraz mangán-szulfát kijuttatását javasolják vetés előtt, megjegyezve, hogy a talajba juttatás eredményesebb, mint a levéltrágyázás.

Debreczeni (1979) szerint a növények által kivont mangán mennyisége 1 kg/ha/év maximum. Ez a mennyiség csak töredéke a talajban lévő mennyiségnek, mely 100 ppm-től több ezer ppm is lehet. Ha a felvehető mangán mennyisége alacsony, akkor levéltrágya alkalmazása indokolt. A 0,5 %-os $MnSO_4$ permetezést kétszer végezzük. 10 t/ha össztermésre 0,5 kg/ha mangán hatóanyagot számítunk. Unk (1984.) szerint 1 t babmag és szalmatermés összesen 116 g mangánt von ki a talajból. Hiányának megszüntetésére 200-250 kg/ha mangániszap bevitelét javasolja. Fawzi et al. (1993) a vas-, mangán- és cink hatását vizsgálták borsón tenyészedényes kísérletben. 100 ppm mennyiségben levélen át alkalmazták a mikroelemeket. A vas és a mangán hatására növekedett a borsó hozama. Jana et al. (1996) mikroelem kelátokat juttattak ki szántóföldi kísérletekben borsóra. Az összes mikroelemkezelés növelte a hozamot. Kotecki (1990) üvegházi és szántóföldi kísérletek során 4-5 leveles állapotban és a virágzás kezdetén mangánnal kezelt lóbabot. A hozamot, a nyersfehérje tartalmat megnövelte a 4-5 leveles állapotban kiadagolt mangántrágya. Azer et al. (1992) lóbab magot vontak be 0,0-0,12-0,24-0,48 g Mn-EDTA/kg hatóanyaggal. A 0,12 g/kg mag mangán szignifikánsan megnövelte a hozamot. A 0,48 g/kg csökkentette a termést és a fehérjetartalmat. Hassanein et al. (1996) két szójafajtát kezeltek 0-200-400 ppm cinkkel és 0-50-100 ppm mangánnal levélen át. A 400 ppm cink és 100 pp mangán együttes kijuttatása adta a legjobb eredményt. Kriem et al. (1991) agyagos és homoktalajon vizsgálták a mikroelemek hatását a szójára. A kelát formában kipermetezett mangán jobban növelte a hozamot, mint a nem kelát formájú permetezőszer. A talajtípustól függően az optimális dózis különbözött a két termőhelyen.

4. A KÍSÉRLETEK KÖRÜLMÉNYEI, ANYAG ÉS MÓDSZER

Kisparcellás mikroelemkezelési kísérleteinket a Nyugat-Magyarországi Egyetem (korábban PATE) Mosonmagyaróvári Mezőgazdaságtudományi Karán, tenyészedényes kísérleteinket pedig a Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézetében Martonvásáron állítottuk be. A kísérleteket 1996 és 1999 között végeztük. A laboratóriumi vizsgálatokra a Növénytermesztési Intézet Központi Laboratóriumában került sor Mosonmagyaróváron.

4.1. A kísérletek és vizsgálatok helyének jellemzése

A mosonmagyaróvári szántóföldi kisparcellás kísérleteket a Kar Nemesítési- és Termesztéstechnológiai Állomásán végeztük 1996-1999. között. A kísérleti terület talaja karbonátos öntéstalaj. Az 1. táblázat mutatja be a legfontosabb talajjellemzőket.

1. táblázat A kísérleti terület talajjellemzői (Mosonmagyaróvár)

paraméterek	talajréteg		
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
pH (KCl)	7,48	7,55	7,43
K _A kötöttség	50	57	53
Összes só %	0,06	0,06	0,08
CaCO ₃ %	21	20	12
Humusz %	2,47	2,26	2,23
NO ₃ + NO ₂ mg/kg	18,8	20,3	20,6
AL-P ₂ O ₅ mg/kg	332	224	136
AL-K ₂ O mg/kg	156	97	83
Ca mg/kg	3461	3610	3794
Mg mg/kg	237	232	253
Na mg/kg	81	95	70
Zn mg/kg	2,70	1,55	0,47
Cu mg/kg	4,96	4,25	4,36
Mn mg/kg	14,9	14,1	8,0

A talajvizsgálatokat Tanakajdon a Növényegészségügyi és Talajvédelmi Intézet laboratóriumában végezték el.

A kísérleteink időjárási körülményeit a 2. táblázatban mutatom be. Az eredmények a Mosonmagyaróváron működő Meteorológiai Megfigyelő Állomásról származnak.

2. táblázat Meteorológiai adatok Mosonmagyaróváron 1996-1999-ben

hónapok	Csapadék (mm)				Középhőmérséklet (°C)				Napfényes órák száma (h)			
	1996.	1997.	1998.	1999.	1996.	1997.	1998.	1999.	1996.	1997.	1998.	1999.
Január	73,7	15,1	20,4	47,1	-2,9	-2,6	1,6	0,7	31,7	28,3	31,3	66,1
Február	22,3	9,2	36,4	62,6	-3,7	3,0	2,4	3,4	113,2	119,2	75,5	47,0
Március	14,7	46,8	89,3	27,4	2,9	5,2	11,1	10,7	116,2	173,0	113,7	139,5

Április	86,6	41,6	122,2	27,9	10,1	7,5	15,0	18,2	197,5	205,5	130,3	198,2
Május	105,0	77,5	56,8	50,8	19,0	16,0	20,6	19,2	225,4	278,9	298,1	239,7
Június	57,9	89,3	172,5	67,6	19,1	18,6	20,7	21,2	301,0	252,4	245,1	260,0
Július	28,6	150,6	50,4	98,3	18,6	18,9	19,9	18,4	287,0	209,4	252,8	238,4
Augusztus	106,3	5,2	32,5	49,8	19,4	20,3	15,7	16,0	214,6	302,6	269,6	260,8
Szeptember	147,1	29,3	42,4	69,8	12,2	15,5	12,0	11,6	92,3	269,3	182,0	187,5
Október	25,2	23,5	22,7	18,8	11,0	8,0	4,8	7,2	144,2	163,6	169,0	144,3
November	17,0	66,5	1,9	49,1	8,1	5,4	5,6	0,7	22,9	70,3	144,1	70,8
December	22,7	32,9	28,9	12,2	-2,0	2,2	1,8	-0,4	53,2	28,8	61,1	53,3
Átlag	58,9	49,0	56,4	48,5	9,3	9,8	10,9	10,6	149,9	175,1	164,4	158,8
Összesen	707,1	587,5	676,4	581,4	-	-	-	-	1799,2	2101,3	1972,6	1905,6
Eltérés*	+134,1	+14,5	+103,4	+8,4	-0,5	0,0	+1,1	+0,8	-111,4	+190,9	+62,2	-4,8

*: eltérés az 1951-1995. évek átlagától

Látható, hogy az 1996. és az 1998. év csapadékosabb volt a sokévi átlagnál, a középhőmérséklet pedig 1998-ban több mint 1 °C-kal meghaladta a sokévi átlagot. A napfényes órák száma két kísérleti évben is lényegesen eltér az átlagostól, míg 1996-ban kevesebb, addig 1997-ben több volt annál. A meteorológiai adatok ismerete nagy jelentőségű a kísérletek értékelésénél, a mikroelemek hatásának elemzésekor. Ezzel kapcsolatos összefüggés-vizsgálatok azonban nem képezték disszertációm témáját.

A martonvásári tenyészedenyes kísérleteket 1998 őszén végeztük. Kísérleteinket a mosonmagyaróvári kísérleti területről származó talajjal állítottuk be. A talajvizsgálati eredményeket a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat A Martonvásári kísérletekben felhasznált talaj legfontosabb jellemzői

Vizsgált paraméterek	évek	
	1996	1998
pH (KCl)	7,55	7,86
pH (H₂O)	7,23	7,38
K_A kötöttség	62	50
CaCO₃	23,0	16,0

Humusz %	4,9	3,8
Összes N %	0,3	0,2
NO₃⁻ ppm	170,0	204,0
AL-P₂O₅ ppm	384	326
AL-K₂O ppm	155	113
Na ppm	53	48
Mg ppm	261	210
Zn ppm	9,2	6,6
Cu ppm	9,9	7,6
Mn ppm	25,0	31,5
Fe ppm	30	37

Összehasonlítva az 1. táblázatban bemutatott talajjellemzőkkel megállapítható, hogy jelentős eltérés a humusztartalomban és a NO₃⁻ mennyiségében van a martonvásári kísérletekben felhasznált talaj javára.

A növényeket PGR-15 típusú (Conviron, Canada) kamrákban állítottuk be, melyekben a hőmérséklet, a páratartalom, a megvilágítás időtartama és az egységnyi felületre jutó fényenergia mennyisége szabályozható.

4.2. A kísérletek leírása

A szántóföldi kisparcellás kísérleteinket Mosonmagyaróváron borsó, bab, lóbab és szója növények két-két fajtájával állítottuk be. A felhasznált fajták: Akt, Tutti (borsó), Békési fehér, Sári (bab), Óvári-137, Lippói (lóbab), Csilla, Zsuzsanna (szója) voltak. A fajták jellemző tulajdonságait a következőkben ismertetem.

Hazánkban jelenleg közel 40 államilag elismert borsófajta van. Kísérleteinkben a Nyugat-Magyarországi Egyetem (korábban Pannon Agrártudományi Egyetem) Mosonmagyaróvári Karán nemesített két fajtát (Akt és a Tutti) használtuk. Az Akt étkezési szárazborsó fajta, 1992-ben minősítették. Simaszemű, sötétsárga magszínű fajta. Magja középnagy, 235g ezermag tömegű,

tetszetős megjelenésű. Közepes érésidejű. Magtermése az 1997-es kísérletekben 3,13 t/ha (OMMI leíró fajtajegyzék, 1997). A Tutti fajta őszi és tavaszi vetésre egyaránt alkalmas zöldtakarmányborsó, úgynevezett járóborsó, mely 1996-ban került elismerésre. A növény szára igen hosszú, természetesen támasztónövénnyel alkalmas. Ezermagtömege 88g, igen kicsi, emiatt galambborsónak is nevezik. Termésátlaga 15-25 %-kal alacsonyabb egyéb szárazborsó fajtákénál (Kajdi és Győri, 2000).

Magyarországon több, mint 30 államilag elismert étkezési szárazbab fajta van jelenleg (OMMI Nemzeti fajtajegyzék, 1997). Kísérleteinkben Békési fehér és Sári babfajtákat vizsgáltuk. A Békési fehér egyszínű fehérmagvú fajta, 1985-ben történt az állami elismerése. A Sári fajta kötődik a mosonmagyaróvári Karhoz, nemesítése itt történt. Tarkamagvú fajta, 1993-ban ismerték el. Közepes termetű, rövid tenyészidejű, hármashasznosítású bokorbab. Elérve a 'kifejtő' állapotot liláspiros cirmosság jelenik meg a hüvelyen. Ezermagtömege 340 g (Kajdi, 2000).

Az államilag elismert lóbabfajták száma Magyarországon több mint 10. Kísérleteinkben két közepes- illetve nagymagvú fajtát használtunk, a Lippóit és az Óvári 137-est. Mindkét fajta kötődik a Mosonmagyaróvári Karhoz, állami elismerésük 1971-ben, illetve 1984-ben történt. A Lippói lóbab nagy fehérjetartalmú, abrak- és zöldtakarmányozásra egyaránt alkalmas korai érésű fajta. Magja világosbarna, kissé lapított. Ezermagtömege 600-800 g. Az Óvári-137 jó állóképességű abraktakarmány. Magja közepes nagyságú, nem kiegyenlített magvak keveréke. Tompafényű, zöldesbarna magjának ezermagtömege 550-670 g. A fajtaválaszték bővítését szolgálja (Kajdi, 2000).

Magyarország közel 40 államilag elismert szójafajtaival rendelkezik. Fajtarendszerelési szempontból alkalmas tulajdonságnak tűnik a sziklevel alatti szár, a párta, a szörzet, az érett hüvely, a maghéj és a köldök színe, a maghéj foltossága, a hüvely alakja és mérete, a kifejtett lomblevel közepső levélkéjének alakja. A rendszerezés elsődleges szempontja a sziklevel alatti szár és a párta színe, a csoportokon belül a szörzet színe alapján újabb alcsoportok állíthatók fel. A

színeződés alapján jól elkülöníthetők az egyes fajták (Szabó et al., 1983). Kísérleteinkben a kései éréscsoportba tartozó Zsuzsanna fajtát és a Csilla fajtajelöltet használtuk. E két fajta szintén kötődik a Mosonmagyaróvári Karhoz. A Zsuzsanna fajta 1995-ben került állami minősítésre. Magas, indeterminált, vörösesbarna szőrzettel borított fajta. Virága lila, az érett hüvely hajlott. Magja közepes nagyságú, gömbölyded, sötétbarna köldökkel. Az évjárathatás a fehérjetartalmát öntözetlen körülmények között nem befolyásolja jelentősen (Kajdi et al., 1998). A Csilla a korai éréscsoportba tartozó fajtajelölt. A bejelentését időközben visszavonták, de nemesítése tovább folytatódik. Hozama közepesnek mondható (Kajdi, 2000).

A kísérletek négyismétléses, véletlenblokk elrendezésűek voltak. A mikroelemeket az egyes fajták esetében külön-külön bimbós állapotban juttattuk ki kézi permetezőgéppel. A felhasznált mikroelemeket és az előkísérletek során legjobbnak ítélt dózisokat a következő felsorolás tartalmazza: kobalt 10 g/ha, molibdén 15 g/ha, cink 300g/ha, réz 150 g/ha, vas 500 g/ha, mangán 50g/ha. Az adagok fémionban kifejezve értendők, a kijuttatás klorid- és szulfátion formájában történt. A kontroll vizes kezelést kapott. Minden évben azonos dózisokat alkalmaztunk az összehasonlíthatóság miatt, a mikroelemeket nem kombináltuk.

Az elővetemény minden évben őszi kalászos (őszi búza vagy őszi árpa) volt. Az általános talajművelési eljárás - nem részletezve az egyes éveket - a következő volt: az elővetemény betakarítása után tarlóhántás és hengerezés következett. Ezután került sor a nyári középmeley- vagy az őszi mélyszántásra. Minden évben azonos mennyiségű, 400 kg/ha 15:15:15 % N:P:K hatóanyag tartalmú műtrágyát juttattunk ki a szántás előtt.

Tavasszal a vetés időpontja igazodott az adott év hőmérsékleti viszonyaihoz. A vetést Wintersteiger parcellavetőgéppel végeztük, a vetőmagokat nem csáváztuk, talajoltást nem alkalmaztunk. A kivetett csíraszámok a következőképpen alakultak: borsónál 1,3 millió csíra/ha, a babnál 250 ezer csíra/ha, a lóbabnál 400 ezer csíra/ha, a szójánál a korai éréscsoportba tartozó

Csillánál 650 ezer csíra/ha, a késői éréscsoportba tartozó Zsuzsannánál 500 ezer csíra/ha. A kísérleti parcellák mérete, igazodva a Kísérleti Állomáson alkalmazott gépekhez 6 és 10 m², míg a sortávolság a borsónál és a lóbabnál 12 cm, a babnál és a szójánál 50 cm volt.

A gyomszabályozás vegyszeresen Duál 720EC (2 l/ha) és Malorán 50WP (2,5 kg/ha) herbicidekkel postemergensen, illetve kézi- és gépi sorközkapálással történt. Inszekticidként Fendonát használtunk.

A betakarítás időpontját az egyes fajták érettségi állapota határozta meg. A betakarítás Wintersteiger parcellakombájnnal történt. A magokat szükség szerint szárítottuk, majd a tisztítás és a zsisziktelenítés következett.

A martonvásári tenyészedényes kísérleteket a Magyar Tudományos Akadémia Kutatóintézetének fitotronjában állítottuk be 1998-ban. A felhasznált talaj a mosonmagyaróvári kísérleteink helyszínéről származott. A talajt a tenyészedénybe töltés előtt átrostáltuk. A kamrák típusa PGR-15 (Convion Canada) volt.

Borsó (Tutti) és szója (Zsuzsanna) egy-egy fajtáján vizsgáltuk kísérletünkben a háromféle mikroelem négy-négy dózisának hatását. A mikroelemek és a dózisok a következők voltak: cink 100, 300, 500, 1000 mg/kg, réz 100, 300, 500, 1000 mg/kg, vas 100, 300, 500, 1000 mg/kg. A kijuttatás a kelés után 25 nappal történt kézi permetezővel. A kísérlet típusa négyismétléses, véletlen elrendezésű volt.

A relatív páratartalmat mindkét fajtánál 75 %-ra állítottuk be. A borsónál a hőmérséklet a vetés után 10 és 15 °C, majd 14 és 24 °C között változott. A megvilágítás időtartamával hosszúnappalos körülményeket alakítottunk ki. A szója esetében a hőmérséklet a vetéskor 16 és 23 °C, majd 18 és 28 °C között változott. Szintén hosszúnappalos megvilágítást alkalmaztunk.

A növények fejlődése során növénymagasság mérést végeztem, illetve a mikroelemes kezelés után figyeltem az esetleges hiány- vagy túladagolási tüneteket. A kísérlet végén a növény külső megjelenését is feljegyeztem.

4.3. Az alkalmazott vizsgálati és értékelési módszerek

A Mosonmagyaróváron végzett kisparcellás szántóföldi kísérleteinkben vizsgáltuk a maghozamot, mint az egyik legfontosabb értékmérő tulajdonságot és mértük a beltartalmi mutatókat. A fajták reakcióit, azok hasonlóságait és különbségeit hasonlítottuk össze. A parcellánkénti hozamot átszámítottuk t/ha-ra az adatok könnyebb kezelhetősége és közérthetősége miatt. A mag beltartalmi mutatói közül elsősorban a nyersfehérje és a nyerszsír mennyiségét kísértük figyelemmel. Mértük még a szénhidrát-, a makro- és a mikroelem-tartalmat is. A mérési módszerek a következők voltak: a szárazanyagtartalmat az MSZ 6830-66 szabvány szerint határoztuk meg, míg a nyershamu mérése az MSZ 6830/8 alapján történt. A nyerszsír meghatározásakor petroléteres extrahálást alkalmaztunk MSZ 6830/6 alapján Soxlet készülékkel. A nyersfehérjét *KJEL-FOSS* automata nyersfehérje-meghatározó műszerrel Kjeldahl módszer szerint mértük. A vizsgálatok során két párhuzamos mintát elemeztünk, és ha az 5%-os tűrési határba belefértek, átlagoltuk őket.

A makro- és mikroelemek meghatározása a Magyar Szabvány szerint történt. Először a mintákat ledaráltuk, és 550°C-on elhamvasztottuk. A törzsoldat készítése után a magnézium (MSZ 6830/21-80), a mangán (MSZ 6830/24-80), a cink (MSZ 6830/25-80), a réz (MSZ 6830/23-80) és a vas (MSZ 6830/22-80) meghatározás atomabszorpciós spektrofotométerrel (AAS1, Carl Zeiss) történt. A kálium (MSZ 6830/28-30) és a kalcium (MSZ 6830/20-80) meghatározásra ugyanezen készülékkel emissziós üzemmódban került sor.

A Martonvásáron végzett kísérletekből származó gyökér- és hajtásrendszer minták beltartalmi mutatóit ugyanilyen módszerrel vizsgáltuk.

A biometriai értékelést Sváb (1981) szerint varianciaanalízissel végeztem el. Egytényezős véletlenblokk elrendezésű kísérletként értékeltem az egyes fajták mikroelemekre adott válaszát, majd kéttényezős kísérletek kiértékelési módszere

szerint analizáltam az egyes fajokon belül a fajták kezelésekre adott válaszainak hasonlóságát illetve különbségeit.

5. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

5.1. Az 1996-1999. közötti kisparcellás szántóföldi kísérletek eredményei

Kísérleteink során 4 hüvelyes növényfaj két-két fajtáját vizsgáltuk mikroelem-kezelési kísérletekben. A kezelést egy alkalommal bimbózáskor hajtottuk végre. Az értékeléskor először az egyes fajtákat, majd a fajták és a mikroelemek reakciója közötti hasonlóságot illetve különbségeket vizsgáltuk. A felvételezések során egyik évben sem találtunk mikroelem hiányra utaló jól látható jeleket egyik növényfajon sem. A makro- és mikroelem-tartalom mikroelem-kezelések hatására történő változását a mellékletben található táblázatokban mutatom be. Amennyiben valamely makro- vagy mikroelem mennyiségének változása szignifikáns, azt a szövegben az adott növényfajnál illetve fajtánál természetesen leírom.

Az 1996-os év csapadékosabb volt a sokévi átlagnál, az évi középhőmérséklet alacsonyabb volt 0,5 °C-kal. A tenyészidő folyamán is kielégítő mennyiségű csapadék hullott. A napfényes órák száma mind a sokévi átlagtól, mind a következő évek adataitól jelentősen elmaradt. Ilyen meteorológiai körülmények között az **Akt** borsófajtánál 1996-ban a hozamban 5%-os valószínűségi szinten megbízható különbség volt a kezelések hatására. A kontrollhoz képest a kobalt, a réz és a mangán növelte a hozamot, míg a vaskezelés hatására kismértékű hozamcsökkenés volt megfigyelhető. Ez a megfigyelés az irodalmi adatokkal ellentétben áll. A nyersfehérje-tartalom nem változott meg szignifikánsan. Az egyéb beltartalmi mutatók, a makro- és mikroelem-tartalom sem változott szignifikánsan (melléklet 1. táblázata).

A **Tutti** borsófajtánál 1996-ban 5%-os valószínűségi szinten megbízható különbség volt a hozamban a kezelések hatására. A kontrollhoz viszonyítva a kobalt-, réz- és vaskezelés bizonyult hozamnövelő hatásúnak. Szignifikáns

különbség mutatkozott 5%-os valószínűségi szinten a nyersfehérje-tartalomban is. A kontrollhoz képest az összes mikroelem-kezelés hatására növekedett a borsómag nyersfehérje-tartalma. A nyerszsír esetében szintén kimutatható szignifikáns különbség 10%-os valószínűségi szinten. A mangánkezelés növelte, míg a molibdén kezelés csökkentette a nyerszsír-tartalmat (kontroll 1,3%, Mn +38%, Mo -24%). A makro- és mikroelem tartalom esetében csak a kalciumtartalom mutatott 10%-os valószínűségi szinten szignifikáns különbséget, a mangánkezelés növelte a mag kalciumtartalmát (melléklet 2. táblázata). A 4. táblázatban mutatom be az 1996-os évi borsókísérletek hozamainak eredményeit.

4. táblázat A mikroelem-kezelt borsófajták hozamának (t/ha) alakulása 1996-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Akt	Tutti	Akt - Tutti	átlag
kontroll	1,60	0,78	0,82	<i>1,19</i>
kobalt (10g/ha)	1,94	0,84	1,10	<i>1,39</i>
molibdén (15g/ha)	1,61	0,61	1,00	<i>1,11</i>
cink (300g/ha)	1,74	0,67	1,07	<i>1,21</i>
réz (150g/ha)	1,89	0,92	0,97	<i>1,41</i>
vas (500g/ha)	1,46	0,86	0,60	<i>1,16</i>
mangán (50g/ha)	1,83	0,78	1,05	<i>1,31</i>
SzD _{5%} bármely variáns között				0,27
SzD _{5%} fajták között				0,19

A vizes kezelést kapott kontroll és a mikroelem kezelések között a fajták átlagában P=5%-os valószínűségi szinten megbízható hozamkülönbségek voltak. A legnagyobb hozamot a réz- és a kobaltkezelés adta (1,41 t/ha, illetve 1,39 t/ha), a többi kezeléshatás nem volt szignifikáns. A fehérjetartalom változását az 5. táblázatban mutatom be.

5. táblázat A mikroelem-kezelt borsófajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1996-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Akt	Tutti	Tutti - Akt	átlag
kontroll	22,9	26,6	3,7	24,8
kobalt (10g/ha)	23,0	28,1	5,1	25,6
molibdén (15g/ha)	23,4	28,1	4,7	25,8
cink (300g/ha)	23,0	28,7	5,7	25,9
réz (150g/ha)	23,5	28,0	4,5	25,8
vas (500g/ha)	22,6	28,2	5,6	25,4
mangán (50g/ha)	22,9	28,6	5,7	25,8
SzD _{5%} bármely variáns között				1,1
SzD _{5%} fajták között				0,7

A kontroll és a többi kezelés között a fajták átlagában P=5%-os szinten megbízható különbség volt a nyersfehérje tartalomban. A cinkkezelés (25,9%) szignifikánsan növelte a nyersfehérje tartalmát, a többi kezelés azonban nem.

Az 1997-es év a csapadék mennyiségét tekintve átlagosnak volt mondható. A sokéves átlagtól való eltérés kevesebb, mint 20 mm. A tenyészidőszak folyamán a csapadék mennyisége mindegyik hónapban elérte, vagy meghaladta a sokéves átlagot. Az évi középhőmérséklet értéke pontosan megegyezett az átlagossal. 1997-ben a napfényes órák száma jelentősen meghaladta a sokévi átlag értékét. Az **Akt** borsónál az 1997-es évben sem a hozam, sem a nyersfehérje-tartalom esetében szignifikáns különbség nem volt a kezelések hatására. A nyerszsír mennyiségében, a makro- és mikroelem-tartalomban szignifikáns változások a kezelések hatására nem voltak (melléklet 3. táblázata).

A **Tutti** borsófajtánál 1997-ben P=5%-os valószínűségi szinten megbízható különbség volt a hozam esetén a kezelések hatására, a réz- és a mangánkezelés

növelte azt. A nyersfehérje tartalom szintén P=5%-os szinten különbségeket mutatott, a cinkkezelés növelte a nyersfehérje mennyiségét. A nyerszsír-tartalom nem változott szignifikánsan. A makro- és mikroelem-tartalom a kezelések hatására nem változott meg (melléklet 4. táblázata). A 6. táblázatban mutatom be az 1997. évi borsókísérletek hozamainak eredményeit.

6. táblázat A mikroelem-kezelt borsófajták hozamának (t/ha) alakulása 1997-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Akt	Tutti	Akt - Tutti	átlag
kontroll	2,02	1,44	0,58	1,73
kobalt (10g/ha)	2,11	1,59	0,52	1,85
molibdén (15g/ha)	2,11	1,44	0,67	1,78
cink (300g/ha)	2,28	1,67	0,61	1,98
réz (150g/ha)	2,15	1,85	0,30	2,00
vas (500g/ha)	2,10	1,40	0,70	1,75
mangán (50g/ha)	2,22	1,86	0,36	2,04
SzD _{5%} bármely variáns között				0,40
SzD _{5%} fajták között				0,31

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között nem volt szignifikáns különbség a kezelések között. A két fajta hozama között szignifikáns különbség volt a rézkezelés kivételével az összes kezelés esetében. Ez a Tutti fajta kis ezermagtömeg jellegével magyarázható. A fehérjetartalom változását a 7. táblázatban mutatom be.

7. táblázat A mikroelem-kezelt borsófajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1997-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Akt	Tutti	Tutti - Akt	átlag
kontroll	23,2	26,0	2,8	24,6
kobalt (10g/ha)	23,5	26,8	3,3	25,2
molibdén (15g/ha)	23,9	26,9	3,0	25,4
cink (300g/ha)	23,9	28,4	4,5	26,2
réz (150g/ha)	24,1	25,9	1,8	25,0
vas (500g/ha)	24,0	27,0	3,0	25,5
mangán (50g/ha)	23,8	27,1	3,3	25,5
SzD _{5%} bármely variáns között				1,3
SzD _{5%} fajták között				1,0

A fajták átlagában a kontrollhoz képest a cinkkezelés növelte meg a nyersfehérje-tartalmat (26,2%), a többi kezelés nem okozott szignifikáns változást. A két fajta nyersfehérje-tartalma között szintén eltérést találunk, a Tutti fajta nyersfehérje-tartalma magasabb volt az Akt fajtáénál.

Az 1998. esztendő csapadékösszege több, mint 100 mm-rel haladta meg a sokéves átlagot, ezen belül a tenyészidőszak folyamán március, április és június hónap csapadéértékei jelentősen meghaladták. Májusban átlag körüli csapadékmennyiség hullott. Az évi középhőmérséklet 1,1 °C-kal haladta meg a sokévi átlagot, a napfényes órák száma viszont csak kismértékben volt több annál. Az **Akt** borsónál az 1998. évben a hozam P=5%-os szinten szignifikáns különbséget mutatott, a kontrollhoz képest a kobaltkezelés növelte a hozamot. A kobalt hozamnövelő hatása a fokozott *Rhizobium* tevékenységgel is magyarázható. Sem a nyersfehérje-tartalom, sem a nyerszsír mennyisége nem változott meg

szignifikánsan. A makro- és mikroelem-tartalomban szignifikáns változások a kezelések hatására nem voltak (melléklet 5. táblázata).

A **Tutti** borsófajtánál 1998-ban P=5%-os valószínűségi szinten megbízható különbség volt a hozamban a kontrollhoz képest a kobalt- és a mangánkezelés hatására. A nyersfehérje-, a nyerszsír-tartalom nem változott szignifikánsan. A makro- és mikroelem-tartalom sem változott lényegesen kezelések hatására (melléklet 6. táblázata). A 8. táblázatban mutatom be az 1998. évi borsókísérletek hozamainak eredményeit.

8. táblázat A mikroelem-kezelt borsófajták hozamának (t/ha) alakulása 1998-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Akt	Tutti	Akt - Tutti	átlag
kontroll	2,01	1,40	0,61	<i>1,71</i>
kobalt (10g/ha)	2,39	1,81	0,58	<i>2,10</i>
molibdén (15g/ha)	2,19	1,55	0,64	<i>1,87</i>
cink (300g/ha)	2,09	1,51	0,58	<i>1,80</i>
réz (150g/ha)	2,14	1,39	0,75	<i>1,77</i>
vas (500g/ha)	2,05	1,50	0,55	<i>1,78</i>
mangán (50g/ha)	2,26	1,78	0,48	<i>2,02</i>

SzD_{5%} bármely variáns között 0,36

SzD_{5%} fajták között 0,31

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között szignifikáns különbség nincs. A két fajta között a Tutti kis ezermagtömeg jellegéből adódóan – hasonlóan az előző évekhez – szignifikáns különbség volt az összes kezelés esetében. A fehérjetartalom változását a 9. táblázatban mutatom be.

9. táblázat A mikroelem-kezelt borsófajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1998-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Akt	Tutti	Tutti - Akt	átlag
kontroll	23,0	27,1	4,1	25,1
kobalt (10g/ha)	23,5	27,1	3,6	25,3
molibdén (15g/ha)	23,7	26,9	3,2	25,3
cink (300g/ha)	23,5	26,8	3,3	25,2
réz (150g/ha)	22,8	27,5	4,7	25,2
vas (500g/ha)	22,9	27,1	4,2	25,0
mangán (50g/ha)	23,4	26,9	3,5	25,2
SzD _{5%} bármely variáns között				1,1
SzD _{5%} fajták között				0,8

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között szignifikáns különbség nem volt, az átlagos fehérje-tartalom alig tért el az egyes kezelések hatására. A két fajta nyersfehérje-tartalma lényegesen különbözött.

Az 1999. év csapadékmennyisége nem tér el lényegesen a sokéves átlagtól. A tenyészidőszak folyamán lehullott csapadék mennyiségét tekintve megállapíthatjuk, hogy márciusban, áprilisban, májusban és júniusban az átlagosnál kevesebb csapadék hullott le. Az évi középhőmérséklet 0,8 °C-kal haladta meg az átlagos értéket. A napfényes órák száma nem tért el lényegesen az átlagostól. Az **Akt** borsónál az 1999-es évben P=1%-os szinten szignifikáns különbség mutatkozott a hozamban. A kontrollhoz képest az összes kezelés hatására a termés növekedett. A hozamot legjobban a kobalt- és a molibdén kezelés növelte, legkevésbé pedig a vaskezelés. A kobalt- és a molibdén hozamnövelő hatása a fokozott *Rhizobium* tevékenységgel is magyarázható. A hozamnövelő hatás olyan nagymértékű, hogy további kísérletek szükségesek ennek igazolásához,

ezért az eredményt kritikusan kezeltem. Sem a nyersfehérje-tartalom, sem a nyerszsír mennyisége nem változott szignifikánsan. A makro- és mikroelem-tartalomban szignifikáns változások a kezelések hatására nem voltak (melléklet 7. táblázata).

A **Tutti** borsófajtánál 1999-ben P=5%-os valószínűségi szinten szignifikáns különbség volt a hozamban a kezelések hatására, a kobaltkezelés - meglepő módon - csökkentette, a réz- és a mangánkezelés növelte. A nyersfehérje-tartalom szintén P=5%-os szinten különbségeket mutatott. A cink- és a mangánkezelés növelte a nyersfehérje mennyiségét. A nyerszsír tartalom, a makro- és mikroelem-tartalom a kezelések hatására nem változott lényegesen (melléklet 8. táblázata). A 10. táblázatban mutatom be az 1999. évi borsókísérletek hozamainak eredményeit.

10. táblázat A mikroelem-kezelt borsófajták hozamának (t/ha) alakulása 1999-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Akt	Tutti	Akt - Tutti	átlag
kontroll	2,34	1,64	0,70	1,99
kobalt (10g/ha)	4,08	1,21	2,87	2,65
molibdén (15g/ha)	3,69	1,65	1,02	2,67
cink (300g/ha)	3,32	1,52	1,80	2,42
réz (150g/ha)	3,43	1,80	1,63	2,62
vas (500g/ha)	3,32	1,66	1,66	2,49
mangán (50g/ha)	3,45	1,81	1,64	2,63

SzD_{5%} bármely variáns között 0,56

SzD_{5%} fajták között 0,39

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között P=1%-os szinten szignifikáns különbségek voltak. A legjobb eredményt a molibdén-, a kobalt- és a mangánkezelés adta (2,67 t/ha, 2,65 t/ha, illetve 2,63 t/ha). A cink- és a vaskezelés

nem mutatott szignifikáns különbséget (2,42 t/ha, 2,49 t/ha). A fajták között – hasonlóan az előző évekhez - szignifikáns különbség volt. A fehérjetartalom változását a 11. táblázatban mutatom be.

11. táblázat A mikroelem-kezelt borsófajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1999-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Akt	Tutti	Tutti - Akt	átlag
kontroll	22,8	27,4	4,6	25,1
kobalt (10g/ha)	22,9	27,5	4,6	25,2
molibdén (15g/ha)	23,1	28,1	5,0	25,6
cink (300g/ha)	23,2	28,9	5,7	26,5
réz (150g/ha)	23,8	28,0	4,2	25,9
vas (500g/ha)	22,1	28,2	6,1	25,2
mangán (50g/ha)	22,6	28,6	6,0	25,6

SzD_{5%} bármely variáns között 1,0

SzD_{5%} fajták között 0,8

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között P=1%-os szinten szignifikáns különbség volt a cinkkezelés hatására (26,5 %). A fajták nyersfehérje tartalma P=0,1%-os szinten szignifikáns különbséget láthatunk, a Tutti borsó átlagos fehérjetartalma 5,2%-kal magasabb volt az Akt fajtaénál.

Az 1. ábrán mutatom be a két fajta átlagos fehérjehozamának változását a kísérleti években. Az 1997-es, 98-as és 99-es évben a fehérjehozam magasabb volt, mint az 1996-os évben, mivel ugyan a fehérjetartalom alacsonyabb volt például 1999-ben, de a hozam mennyisége mindhárom évben jelentősen magasabb, így végül is a fehérjehozam növekedett. A legjobb eredményeket a kobalt- a cink- és a mangánkezelés adta.

1996-ban több csapadék hullott a sokévi átlagnál, a tenyészidőszak alatt július kivételével az átlagosnál több volt a csapadék mennyisége. Júliusban az átlagos csapadékmennyiség kevesebb, mint fele esett. Az évi középhőmérséklet alacsonyabb volt 0,5 °C-kal, és a napfényes órák száma is elmaradt a sokévi átlagtól. A **Sári** babfajta hozamának alakulása 1996-ban P=5%-os szinten szignifikáns különbséget mutatott. A kobalt-, a réz- és a mangánkezelés szignifikánsan növelte a hozamot. A nyersfehérje-tartalom nem változott meg szignifikánsan a kezelések hatására. Érdekességképpen jegyzem meg, hogy a cink- és a rézkezelés hatására 0,1-0,2 % csökkenés volt megfigyelhető. Sem a nyershamu, sem a makro- illetve mikroelem-tartalom nem változott szignifikánsan (melléklet 9. táblázata).

A **Békési fehér** babfajta 1996-os hozama P=0,1%-os szinten mutatott szignifikáns különbséget, a mangánkezelés szignifikánsan növelte a hozamot. A nyershamu mennyiségénél P=10%-os szinten eltérések mutatkoztak. A nyershamu mennyiségének növekedését szintén a mangánkezelés okozta (kontroll 5%, Mn +8%). A makro- és mikroelem-tartalom változását vizsgálva a kalciumnál P=10%-os szinten szignifikáns különbség volt kimutatható a kontrollhoz képest a kobalt- és molibdénkezelés hatására (melléklet 10. táblázata). A 12. táblázatban mutatom be az 1996-os évi babkísérletek hozamait. A hozamok igen alacsonyak voltak, az akkori időjárási viszonyok és a gyomszabályozás sikertelensége miatt.

12. táblázat A mikroelem-kezelt babfajták hozamának (t/ha) alakulása 1996-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Sári	Békési fehér	Sári – B. fehér	átlag
kontroll	0,29	0,29	0,00	0,29
kobalt (10g/ha)	0,52	0,29	0,23	0,41
molibdén (15g/ha)	0,42	0,19	0,23	0,31
cink (300g/ha)	0,42	0,22	0,20	0,32
réz (150g/ha)	0,54	0,17	0,37	0,35
vas (500g/ha)	0,49	0,42	0,07	0,45
mangán (50g/ha)	0,72	0,67	0,05	0,70

SzD_{5%} bármely variáns között 0,21

SzD_{5%} fajták között 0,14

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között P=0,1%-os szinten különbség van, a mangánkezelés mindkét fajtánál jelentősen növelte a hozamot (0,70 t/ha), a többi kezelés nem adott jelentős különbséget. A fehérjetartalom változását a 13. táblázatban mutatom be.

13. táblázat A mikroelem-kezelt babfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1996-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Sári	Békési fehér	Sári – B.fehér	átlag
kontroll	24,5	24,5	0,0	24,5
kobalt (10g/ha)	24,6	23,5	1,1	24,1
molibdén (15g/ha)	24,9	24,1	0,8	24,5
cink (300g/ha)	24,6	23,8	0,8	24,2
réz (150g/ha)	24,2	23,4	0,8	23,8
vas (500g/ha)	24,3	24,2	0,1	24,3
mangán (50g/ha)	24,4	24,5	-0,1	24,4
SzD _{5%} bármely variáns között				0,8
SzD _{5%} fajták között				0,6

A fajták átlagában a kezelések között szignifikáns különbség nem volt. A két fajta sem különbözött fehérjetartalmában.

Az 1997-es év a csapadék mennyiségét tekintve átlagosnak mondható. A tenyészidőszak folyamán a csapadék mennyisége augusztust kivéve mindegyik hónapban elérte, vagy meghaladta a sokéves átlagot. Augusztusban viszont mindössze 5,2 mm csapadék hullott. Az évi középhőmérséklet értéke megegyezett az átlaggal. A napfényes órák száma meghaladta a sokévi átlag értékét. A **Sári** babfajta hozamának 1997-ben P=5%-os szinten szignifikáns különbséget mutatott, a vas- és a mangánkezelés hatására hozamnövekedés volt megfigyelhető. A nyersfehérje mennyisége - hasonlóan az 1996-os évben tapasztalathoz – nem változott meg a kezelések hatására. Ezen kívül sem a makro-, sem a mikroelem-tartalomban nem következett be szignifikáns változás (melléklet 11. táblázata).

A **Békési fehér** fajta esetében 1997-ben, hasonlóan az 1996-os évben megfigyelthez P=0,1%-os szinten szignifikáns különbség mutatkozott a hozamnál.

A mangánkezelés növelte, a kobalt-, a réz- és a vaskezelés hatására csökkent a hozam. A nyersfehérje-tartalmat a cink-, a réz- és a vaskezelés szignifikánsan növelte. Sem a nyershamu mennyisége, sem a makro- és mikroelem tartalom nem mutatott szignifikáns különbséget a kontroll és a kezelések között (melléklet 12. táblázata). A 14. táblázatban mutatom be az 1997-es évi babkísérletek hozamainak eredményeit.

14. táblázat A mikroelem-kezelt babfajták hozamának (t/ha) alakulása 1997-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Sári	Békési fehér	Sári – B.fehér	átlag
kontroll	0,99	1,48	-0,49	1,24
kobalt (10g/ha)	1,08	1,01	0,07	1,05
molibdén (15g/ha)	1,08	1,39	-0,31	1,24
cink (300g/ha)	0,99	1,29	-0,30	1,14
réz (150g/ha)	1,15	0,94	0,21	1,05
vas (500g/ha)	1,49	1,09	0,40	1,29
mangán (50g/ha)	1,66	1,92	-0,26	1,79
SzD _{5%} bármely variáns között				0,44
SzD _{5%} fajták között				0,31

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között szignifikáns különbség volt látható, a mangánkezelés hozamnövekedést okozott (1,79 t/ha). A többi kezelés nem tért el jelentősen a kontrolltól. A fehérjetartalom változását a 15. táblázatban mutatom be.

15. táblázat A mikroelem-kezelt babfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1997-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Sári	Békési fehér	Sári – B.fehér	átlag
kontroll	28,4	26,1	2,3	27,3
kobalt (10g/ha)	28,5	27,5	1,0	28,0
molibdén (15g/ha)	28,2	25,9	2,3	27,1
cink (300g/ha)	29,1	29,2	-0,1	29,1
réz (150g/ha)	27,3	28,7	-1,4	28,0
vas (500g/ha)	28,5	29,1	-0,6	28,8
mangán (50g/ha)	26,9	25,5	1,4	26,2
SzD _{5%} bármely variáns között				2,4
SzD _{5%} fajták között				1,7

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között szignifikáns eltérés nem volt.

Az 1998. év csapadékösszege több, mint 100 mm-rel haladta meg a sokéves átlagot, ezen belül a tenyészidőszak folyamán júniusban több, míg júliusban és augusztusban kevesebb csapadék hullott. Az évi középhőmérséklet meghaladta a sokévi átlagot, a napfényes órák száma lényegesen nem tért el az átlagostól. A **Sári** babfajta 1998-as hozamát vizsgálva megállapíthatjuk, hogy szignifikáns különbség nincs a kezelések és a kontroll között. A nyersfehérje-tartalom szintén nem mutatott szignifikáns különbségeket. A makro- és mikroelem-tartalomban voltak ugyan eltérések, de ezek nem voltak szignifikáns különbségek (melléklet 13. táblázata).

A **Békési fehér** 1998-as hozama a kezelések hatására P=5%-os szinten különbséget mutatott a kontrollhoz képest. A molibdén-, a réz- és vaskezelés szignifikánsan növelte a hozamot. Sem a nyersfehérje-tartalom, sem a nyershamu

tartalom, sem a makro- és mikroelem-tartalom nem adott szignifikáns különbségeket (melléklet 14. táblázata). A 16. táblázatban mutatom be az 1998-os évi babkísérletek hozamainak eredményeit.

16. táblázat A mikroelem-kezelt babfajták hozamának (t/ha) alakulása 1998-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Sári	Békési fehér	Sári – B.fehér	átlag
kontroll	1,03	0,55	0,48	0,79
kobalt (10g/ha)	1,08	0,54	0,54	0,81
molibdén (15g/ha)	0,98	0,86	0,12	0,92
cink (300g/ha)	0,99	0,84	0,15	0,92
réz (150g/ha)	1,15	0,99	0,16	1,07
vas (500g/ha)	1,27	0,93	0,34	1,10
mangán (50g/ha)	1,28	0,77	0,51	1,03

SzD_{5%} bármely variáns között 0,39

SzD_{5%} fajták között 0,29

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között nem volt szignifikáns különbség. A fajták között azonban ebben az évben szignifikáns különbség volt a hozamot tekintve. A fehérjetartalom változását a 17. táblázatban mutatom be.

17. táblázat A mikroelem-kezelt babfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1998-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Sári	Békési fehér	Sári – B.fehér	átlag
kontroll	28,0	26,8	1,2	27,4
kobalt (10g/ha)	28,2	27,0	1,2	27,6
molibdén (15g/ha)	28,2	27,0	1,2	27,6
cink (300g/ha)	27,6	28,2	-0,6	27,9
réz (150g/ha)	27,5	27,3	0,2	27,4
vas (500g/ha)	28,4	27,3	1,1	27,9
mangán (50g/ha)	28,2	27,1	1,1	27,7
SzD _{5%} bármely variáns között				1,8
SzD _{5%} fajták között				1,4

A fajták átlagában a kezelések között szignifikáns különbség nem figyelhető meg. A két fajta nyersfehérje-tartalma szintén nem különbözött – hasonlóan az előző évekhez - szignifikánsan.

Az 1999. év csapadékmennyisége nem tér el lényegesen a sokéves átlagtól. A tenyészidőszak folyamán lehullott csapadék mennyiségét tekintve megállapíthatjuk, hogy lényeges eltérés nem volt. Az évi középhőmérséklet 0,8 °C-kal haladta meg az átlagos értéket. A napfényes órák száma nem tért el az átlagostól. A **Sári** babfajta 1999-es hozamát vizsgálva megállapíthatjuk, hogy szignifikáns különbség nincs a kezelések és a kontroll között. A nyersfehérje-tartalom a cink- és a rézkezelés hatására növekedett szignifikánsan. A kobalt- és a mangánkezelés kismértékben csökkentette azt. A nyershamu mennyiségében P=10%-os szinten különbség mutatkozott a kontroll és a kobaltkezelés között (kontroll 4,7%, Co +4%). A makro- és mikroelem-tartalmat a kezelések nem befolyásolták szignifikánsan (melléklet 15. táblázata).

A **Békési fehér** hozamát 1999-ben a kezelések nem befolyásolták szignifikánsan. A nyersfehérje-tartalmat a mangánkezelés szignifikánsan megnövelte. A makro- és mikroelem-tartalmat a kezelések ennél a fajtánál sem befolyásolták szignifikánsan (melléklet 16. táblázata). A 18. táblázatban mutatom be az 1999-es évi babkísérletek hozamainak eredményeit.

18. táblázat A mikroelem-kezelt babfajták hozamának (t/ha) alakulása 1999-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Sári	Békési fehér	Sári – B.fehér	átlag
kontroll	0,95	0,82	0,13	0,89
kobalt (10g/ha)	0,99	0,85	0,15	0,92
molibdén (15g/ha)	1,01	0,79	0,22	0,90
cink (300g/ha)	1,02	0,80	0,22	0,91
réz (150g/ha)	1,04	0,88	0,16	0,96
vas (500g/ha)	1,09	0,95	0,14	1,02
mangán (50g/ha)	0,93	0,93	0,00	0,93
átlag	1,00	0,86	0,15	0,93

SzD_{5%} bármely variáns között 0,40

SzD_{5%} fajták között 0,32

A fajták átlagában a kezelések között nincs szignifikáns különbség. A két fajta hozama sem tért el egymástól szignifikánsan 1999-ben. A fehérjetartalom változását a 19. táblázatban mutatom be.

19. táblázat A mikroelem-kezelt babfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1999-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Sári	Békési fehér	Sári – B.fehér	átlag
kontroll	21,3	22,8	-1,5	22,1
kobalt (10g/ha)	20,1	22,2	-2,1	21,2
molibdén (15g/ha)	23,1	22,1	-1,0	22,6
cink (300g/ha)	24,8	23,3	1,5	24,1
réz (150g/ha)	26,7	21,4	5,3	24,1
vas (500g/ha)	22,1	24,7	-2,6	23,4
mangán (50g/ha)	21,0	25,9	4,9	23,5

SzD_{5%} bármely variáns között 1,9

SzD_{5%} fajták között 1,5

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között P=0,1%-os szinten különbség volt. A cink- és a rézkezelés hatására a mag nyersfehérje-tartalma szignifikánsan magasabb volt a kontrollénál (24,1% illetve 24,1%). A két fajta nyersfehérje-tartalma – eltérően az előző évektől - szignifikánsan különbözött.

A 2. ábrán mutatom be a két fajta átlagos fehérjehozamának változását a négy kísérleti évben. A legalacsonyabb hozam az 1996-os, a legmagasabb az 1997-es évben adódott. Egyértelmű összefüggés az évek átlagában nem látszik, a mangán- és a vaskezelés minden évben magasabb hozamot mutat, mint a kontroll. Az 1998-as és az 1999-es év adatsora hasonló egymáshoz. A különböző fehérjehozamok egyaránt adódnak a különböző termés hozamokból és a változó nyersfehérje-tartalomból is.

1996. év csapadékosabb volt a sokévi átlagnál, az évi középhőmérséklet alacsonyabb volt 0,5 °C-kal. A tenyésztő folyamán is a sokévi átlagnak megfelelő mennyiségű csapadék hullott. A napfényes órák száma mind a sokévi átlagtól, mind a következő évek adataitól jelentősen elmaradt. A **Lippói** lóbab hozama 1996-ban P=10%-os szinten mutatott szignifikáns különbséget a kontroll és a kezelések között. A kobalt- és a cinkkezelés hatására szignifikánsan nagyobb termést értünk el ennél a fajtánál. A fehérjetartalmat tekintve a kezelések hatására nem változott meg nagymértékben, szignifikáns különbségek nem fedezhetők fel. A nyerszsír és a nyershamu mennyisége sem változott meg. A makro- és mikroelem-tartalmat tekintve a mangántartalom P=10%-os szinten különbséget mutatott, a cink- és a rézkezelés szignifikánsan növelte meg (melléklet 17. táblázata).

Az **Óvári-137** lóbab hozama 1996-ban nem változott meg szignifikánsan a kezelések hatására. A molibdén-, a cink-, a vas- és a mangánkezelés növelte ugyan, de ez nem volt szignifikáns. A réz- és a kobaltkezelés kismértékben csökkentette a hozamot. A nyersfehérje mennyiségét sem változtatta meg egyik kezelés sem szignifikánsan. A nyerszsír-, a nyershamu-, a makroelem- és a mikroelem-mennyisége sem változott szignifikánsan (melléklet 18. táblázata). A 20. táblázatban mutatom be az 1996-os évi lóbabkísérletek hozamainak eredményeit.

20. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták hozamának (t/ha) alakulása 1996-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Lippói	Óvári-137	Lippói –Ó-137	átlag
kontroll	1,77	2,19	-0,42	1,98
kobalt (10g/ha)	2,41	2,04	0,38	2,22
molibdén (15g/ha)	2,26	2,31	-0,05	2,29
cink (300g/ha)	2,32	2,31	0,02	2,31
réz (150g/ha)	1,61	1,64	-0,03	1,63
vas (500g/ha)	2,01	2,34	-0,32	2,18
mangán (50g/ha)	1,57	2,49	-0,92	2,03

SzD_{5%} bármely variáns között 0,71

SzD_{5%} fajták között 0,58

A fajták átlagában nem volt szignifikáns különbség a kontroll és a kezelések között, tehát a két fajta átlagában a mikroelemek nem növelték meg a hozamot. A fajták között szignifikáns eltérés a hozamban szintén nem volt. A fehérjetartalom változását a 21. táblázatban mutatom be.

21. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1996-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Lippói	Óvári-137	Lippói –Ó-137	átlag
kontroll	30,1	30,4	-0,3	30,2
kobalt (10g/ha)	30,8	30,5	0,3	30,6
molibdén (15g/ha)	30,9	31,1	-0,1	31,0
cink (300g/ha)	31,0	30,7	0,3	30,9
réz (150g/ha)	31,1	30,4	0,7	30,8
vas (500g/ha)	30,7	30,2	0,5	30,5
mangán (50g/ha)	30,1	30,6	-0,5	30,4
SzD _{5%} bármely variáns között				0,9
SzD _{5%} fajták között				0,6

A két fajta átlagában vizsgálva a kezelések hatását megállapítható, hogy nem volt szignifikáns eltérés a mikroelemek hatására. A két fajta nyersfehérje-tartalma sem tért el szignifikánsan egymástól.

Az 1997-es év a csapadék mennyiségét tekintve átlagosnak volt mondható. A sokéves átlagtól való eltérés kevesebb, mint 20 mm. A tenyészidőszak folyamán a csapadék mennyisége mindegyik hónapban elérte, vagy meghaladta a sokéves átlagot. Az évi középhőmérséklet értéke megegyezett az átlagossal. 1997-ben a napfényes órák száma meghaladta a sokévi átlag értékét. A **Lippói** lóbab hozama 1997-ben nem mutatott szignifikáns különbséget a kontroll és a kezelések között. A nyersfehérje-tartalom, a nyerszsír- és a nyersshamu mennyisége, a makro- és mikroelem-tartalom sem változtak meg szignifikánsan (melléklet 19. táblázata).

Az **Óvári-137** fajta hozama, nyersfehérje-tartalma 1997-ben nem változott meg szignifikánsan. A makro- és mikroelem-tartalom nem különbözött a kontroll

és a kezelések között (melléklet 20. táblázata). A 22. táblázatban mutatom be az 1997. évi lóbabkísérletek hozamainak eredményeit.

22. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták hozamának (t/ha) alakulása 1997-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Lippói	Óvári-137	Lippói –Ó-137	átlag
kontroll	1,85	2,04	-0,19	1,95
kobalt (10g/ha)	1,95	1,89	0,06	1,92
molibdén (15g/ha)	1,90	2,25	-0,35	2,08
cink (300g/ha)	2,15	2,38	-0,23	2,44
réz (150g/ha)	1,77	2,15	-0,38	1,96
vas (500g/ha)	1,97	1,99	-0,02	1,98
mangán (50g/ha)	1,91	2,23	-0,32	2,07

SzD_{5%} bármely variáns között 0,70

SzD_{5%} fajták között 0,55

A fajták átlagában nincs szignifikáns különbség a kontroll és a kezelések között. A legnagyobb hozamnövekedés a cink hatására figyelhető meg (2,44 t/ha), azonban a különbség nem volt szignifikáns. A fajták között nincs szignifikáns eltérés, hasonlóan az előző évben tapasztaltakhoz. A fehérjetartalom változását a 23. táblázatban mutatom be.

23. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1997-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

	Fajták			
	Lippói	Óvári-137	Lippói – Ó-137	átlag
kontroll	31,0	30,4	0,6	30,7
kobalt (10g/ha)	30,8	30,5	0,3	30,7
molibdén (15g/ha)	30,0	30,5	-0,5	30,3
cink (300g/ha)	31,5	30,9	0,6	31,2
réz (150g/ha)	30,0	30,1	-0,1	30,1
vas (500g/ha)	30,8	31,0	-0,2	30,9
mangán (50g/ha)	30,3	30,6	-0,3	30,5
SzD _{5%} bármely variáns között				0,8
SzD _{5%} fajták között				0,7

A kontroll és a kezelések között nincs szignifikáns különbség. A fajták között szintén nincs szignifikáns eltérés a kezelések között.

Az 1998. év csapadékösszege több, mint 100 mm-rel haladta meg a sokéves átlagot. Az évi középhőmérséklet meghaladta a sokévi átlagot, a napfényes órák száma nem tért el jelentősen attól. A **Lippói** lóbab hozama 1998-ban nem mutatott szignifikáns különbséget a kontroll és a kezelések között. Hasonlóan az 1996-os évhez a molibdén- és a cinkkezelés növelte a hozamot, azonban nem volt szignifikáns. A nyersfehérje-tartalom sem változott meg szignifikánsan a kezelések hatására. A nyerszsír- és a nyershamu mennyisége sem változott meg. Érdekes módon P=5%-os szignifikancia-szinten különbséget találtunk a kobalt- és a rézkezelés hatására a magvak foszfortartalmában. A többi makro- és mikroelem mennyisége nem változott (melléklet 21. táblázata).

Az **Óvári-137** fajta hozama 1998-ban nem változott meg szignifikánsan a kezelések hatására, bár a cink- és a mangánkezelés növelte azt. Sem a makroelem-,

sem a mikroelem-tartalom nem változott szignifikánsan (melléklet 22. táblázata). A 24. táblázatban mutatom be az 1998-os évi lóbabkísérletek hozamainak eredményeit.

24. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták hozamának (t/ha) alakulása 1998-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Lippói	Óvári-137	Lippói –Ó-137	átlag
kontroll	1,80	2,10	-0,30	1,95
kobalt (10g/ha)	1,90	2,05	-0,15	1,98
molibdén (15g/ha)	2,01	2,08	-0,07	2,05
cink (300g/ha)	2,08	2,26	-0,18	2,17
réz (150g/ha)	1,78	1,99	-0,21	1,89
vas (500g/ha)	2,00	2,07	-0,07	2,04
mangán (50g/ha)	1,81	2,19	-0,38	2,00

SzD_{5%} bármely variáns között 0,67

SzD_{5%} fajták között 0,57

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között nincs szignifikáns különbség. A legnagyobb hozamnövekedés a cink hatására volt megfigyelhető (2,31 t/ha), de ez a változás nem volt szignifikáns. A fajták között megállapíthatjuk, hogy nincs szignifikáns különbség. A fehérjetartalom változását a 25. táblázatban mutatom be.

25. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1998-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

	Fajták			
	Lippói	Óvári-137	Lippói – Ó-137	átlag
kontroll	30,9	30,5	0,4	30,7
kobalt (10g/ha)	30,3	30,5	-0,2	30,4
molibdén (15g/ha)	30,3	30,9	-0,6	30,6
cink (300g/ha)	29,9	30,5	-0,6	30,2
réz (150g/ha)	30,0	30,8	-0,8	30,4
vas (500g/ha)	30,2	31,1	-0,9	30,6
mangán (50g/ha)	30,1	30,9	-0,8	30,5
SzD _{5%} bármely variáns között				0,7
SzD _{5%} fajták között				0,6

Hasonlóan az 1996-os évi eredményekhez a fajták átlagában a kontroll és a kezelések között nincs matematikailag igazolható különbség. Érdekes, hogy a kontrollhoz képest az összes kezelés kismértékben csökkentette a nyersfehérje tartalmat. A fajták közt szintén nincs szignifikáns eltérés a kezelések között.

Az 1999-ben a csapadék mennyiségében nem volt eltérés a sokéves átlagtól. A tenyészidőszak folyamán lehullott csapadék mennyiségét tekintve az átlagosnál kevesebb csapadék hullott. Az évi középhőmérséklet közel 1 °C-kal haladta meg az átlagos értéket. A napfényes órák száma nem tért el lényegesen az átlagostól. Ilyen meteorológiai körülmények között a **Lippói** lóbab hozama 1999-ben nem mutatott szignifikáns különbséget a kontroll és a kezelések között. A nyersfehérje tartalom, a nyerszsír- és a nyershamu mennyisége, a makro- és mikroelem-tartalom sem változott meg szignifikánsan (melléklet 23. táblázata).

Az **Óvári-137** fajta hozama 1999-ben nem változott meg szignifikánsan a kezelések hatására. Sem a nyersfehérje-tartalom, sem a makroelem- és a

mikroelemek mennyisége nem változott szignifikánsan (melléklet 24. táblázata). A 26. táblázatban mutatom be az 1999. évi lóbabkísérletek hozamainak eredményeit.

26. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták hozamának (t/ha) alakulása 1999-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Lippói	Óvári-137	Lippói –Ó-137	átlag
kontroll	1,78	1,99	-0,21	1,89
kobalt (10g/ha)	1,91	2,08	-0,17	2,00
molibdén (15g/ha)	1,89	2,00	-0,11	1,95
cink (300g/ha)	2,00	2,14	-0,14	2,07
réz (150g/ha)	1,79	2,10	-0,31	1,95
vas (500g/ha)	1,94	2,08	-0,14	2,01
mangán (50g/ha)	1,88	2,11	-0,23	2,00

SzD_{5%} bármely variáns között 0,51

SzD_{5%} fajták között 0,46

A fajták átlagában a kontroll és a kezelések között nincs szignifikáns különbség. A fajták hozama között szintén nincs szignifikáns különbség. A fehérjetartalom változását a 27. táblázatban mutatom be.

27. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1999-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

	Fajták			
	Lippói	Óvári-137	Lippói – Ó-137	átlag
kontroll	30,1	29,9	0,2	30,0
kobalt (10g/ha)	29,7	30,2	-0,6	30,0
molibdén (15g/ha)	29,6	29,8	-0,2	29,7
cink (300g/ha)	30,3	29,8	0,5	30,1
réz (150g/ha)	30,0	29,5	0,5	29,8
vas (500g/ha)	29,4	30,0	-0,6	29,7
mangán (50g/ha)	29,9	30,1	-0,2	30,0

SzD_{5%} bármely variáns között 0,9

SzD_{5%} fajták között 0,7

Hasonlóan az előző évek eredményeihez a fajták átlagában a kontroll és a kezelések között nincs szignifikáns különbség. A fajták közti különbséget vizsgálva szintén nincs szignifikáns eltérés a kezelések között.

A 3. ábrán mutatom be a két fajta átlagos fehérjehozamát. Az eltérés szinte minimális az évek között, és a mikroelem kezelésre adott válaszok hasonlóak voltak. A kontrollhoz képest a rézkezelés csökkentette a fehérjehozamot, a cink- és a molibdénkezelés növelte azt. A cinkkezelés mind a négy kísérleti évben jelentősen növelte a fehérje hozamot, ami takarmányozási szempontból fontos dolog.

1996-ban több csapadék hullott a sokévi átlagnál, a tenyészidőszak alatt július kivételével az átlagosnál több volt a csapadék mennyisége. Júliusban az átlagos csapadékmennyiség kevesebb, mint fele esett, ezzel szemben augusztusban és szeptemberben több, mint 250 mm. Az évi középhőmérséklet alacsonyabb volt 0,5 °C-kal, és a napfényes órák száma is elmaradt a sokévi átlagtól. A **Csilla** szója hozama 1996-ban nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között. A nyersfehérje-tartalom esetében ellenben P=5%-os megbízhatósági szinten lényeges eltérést tapasztalhatunk. A kontrollhoz képest az összes kezelés növelte a nyersfehérje mennyiségét. A nyerszsír mennyisége szintén P=5%-os szinten különbségeket mutatott a kontrollhoz képest, az összes kezelés hatására növekedett a nyerszsír (olaj) mennyisége (kontroll 15,7%, +8-18%). Ez fontos, mivel a nyersfehérje- és a nyerszsír (olaj) mennyisége általában negatív korrelációban áll a szója esetében. P=10%-os szinten a nyershamu mennyisége is eltért a kezelések hatására, a cink-, a réz-, a vas- és a mangánkezelés is emelte. A cinktartalom P=10%-os szinten a vaskezelés hatására megnövekedett. A többi makro- és mikroelem mennyisége nem változott szignifikánsan (melléklet 25. táblázata).

A **Zsuzsanna** szójafajta hozama 1996-ban nem mutatott szignifikáns eltéréseket a kezelések hatására. A nyersfehérje tartalma P=0,1%-os valószínűségi szinten szignifikáns különbséget mutatott, a kobalt- és a molibdén eredményesnek mutatkozott. Sem a nyerszsír- és a nyershamu mennyisége, sem a makro- és mikroelem-tartalom nem változott szignifikánsan (melléklet 26. táblázata).

A 28. táblázatban mutatom be az 1996-os évi szójakísérletek hozamainak eredményeit.

28. táblázat A mikroelem-kezelt szójafajták hozamának (t/ha) alakulása 1996-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Csilla	Zsuzsanna	Csilla – Zsuzs.	átlag
kontroll	1,89	1,83	0,06	1,86
kobalt (10g/ha)	1,58	2,06	-0,48	1,82
molibdén (15g/ha)	1,74	1,92	-0,18	1,83
cink (300g/ha)	1,99	2,34	-0,35	2,16
réz (150g/ha)	1,87	1,63	0,24	1,75
vas (500g/ha)	1,69	2,27	-0,58	1,98
mangán (50g/ha)	1,81	1,46	0,35	1,64
SzD _{5%} bármely variáns között				1,21
SzD _{5%} fajták között				0,85

A két fajta átlagában a kontroll és a kezelések között szignifikáns eltérés nincs. A két fajta között szignifikáns különbség szintén nem volt. A fehérjetartalom változását a 29. táblázatban mutatom be.

29. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1996-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Csilla	Zsuzsanna	Csilla – Zsuzs.	átlag
kontroll	39,0	41,6	-2,6	40,3
kobalt (10g/ha)	42,4	42,7	-0,3	42,6
molibdén (15g/ha)	41,8	43,3	-1,5	42,5
cink (300g/ha)	40,8	42,3	-1,5	41,6
réz (150g/ha)	41,1	40,8	0,3	41,0
vas (500g/ha)	41,8	42,2	-0,4	42,0
mangán (50g/ha)	42,2	42,4	-0,3	42,3

SzD_{5%} bármely variáns között 1,2

SzD_{5%} fajták között 1,0

A két fajta átlagában a kontroll és a kezelések között szignifikáns különbségek vannak. A kobalt- és a molibdénkezelés szignifikánsan növelte a nyersfehérje mennyiségét (42,6% illetve 42,5%). A két fajta között szintén statisztikai módszerekkel igazolható különbség volt kimutatható P=1%-os valószínűségi szinten.

Az 1997-es év a csapadék mennyiségét tekintve átlagosnak mondható. A tenyészidőszak folyamán a csapadék mennyisége augusztust és szeptembert kivéve mindegyik hónapban elérte, vagy meghaladta a sokéves átlagot. Augusztusban viszont például mindössze 5,2 mm csapadék hullott. Az évi középhőmérséklet értéke megegyezett az átlaggal. A napfényes órák száma meghaladta a sokévi átlag értékét. A **Csilla** szója hozama 1997-ben sem mutatott szignifikáns eltérést a kezelések között. Sem a nyersfehérje-tartalom, sem a nyerszsír-, a nyershamu-, a makroelem- és mikroelem-tartalom nem mutatott lényeges eltérést a kontrollhoz képest (melléklet 27. táblázata).

A **Zsuzsanna** szójafajta hozamánál 1997-ben nem volt szignifikáns különbség a kezelések és a kontroll között. A nyersfehérje tartalmat tekintve megállapíthatjuk, hogy P=5%-os szignifikancia szinten különbség mutatkozott a kontroll és a mikroelem kezelések között. A réz-, a vas- és a mangánkezelés szignifikánsan növelte a nyersfehérje mennyiségét. A nyerszsír mennyisége is szignifikánsan megváltozott a kezelések hatására, a réz-, a vas- és a mangánkezelés csökkentette azt (kontroll 20,3%, Cu -9%, Fe -2%, Mn -4%). Ez az eredmény megegyezik az irodalomban leírtakkal, miszerint a nyersfehérje tartalom növekedése a nyerszsír mennyiségének csökkenésével jár együtt. Más tulajdonságok, így a makro- illetve mikroelem-tartalom nem változott meg lényegesen (melléklet 28. táblázata). A 30. táblázatban mutatom be az 1997. évi szójakísérletek hozamainak eredményeit.

30. táblázat A mikroelem-kezelt szójafajták hozamának (t/ha) alakulása 1997-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Csilla	Zsuzsanna	Csilla – Zsuzs.	átlag
kontroll	1,53	1,85	-0,33	1,69
kobalt (10g/ha)	1,67	1,91	-0,24	1,79
molibdén (15g/ha)	1,58	1,95	-0,37	1,77
cink (300g/ha)	1,45	1,88	-0,43	1,67
réz (150g/ha)	2,08	1,79	0,29	1,93
vas (500g/ha)	1,53	2,02	-0,50	1,77
mangán (50g/ha)	1,63	2,01	-0,38	1,82
SzD _{5%} bármely variáns között				1,02
SzD _{5%} fajták között				0,82

A kontroll és a kezelések között a a fajták átlagában nem volt szignifikáns különbség. A két fajta hozama között sem volt szignifikáns különbség. A

Zsuzsanna fajta hozama meghaladja a Csilla hozamát, ami az érésidőbeli eltéréssel, illetve a különböző tenyésztési idő hosszal is magyarázható. A fehérjetartalom változását a 31. táblázatban mutatom be.

31. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1997-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Csilla	Zsuzsanna	Csilla – Zsuzs.	átlag
kontroll	38,8	39,7	-0,9	39,3
kobalt (10g/ha)	40,6	39,5	1,1	40,0
molibdén (15g/ha)	40,8	39,4	1,4	40,1
cink (300g/ha)	40,2	39,7	0,5	39,9
réz (150g/ha)	39,5	40,7	-1,2	40,1
vas (500g/ha)	41,1	41,2	-0,1	41,2
mangán (50g/ha)	40,9	41,4	-0,5	41,2

SzD_{5%} bármely variáns között 1,1

SzD_{5%} fajták között 1,0

A fajták átlagában vizsgálva a kontroll és a kezelések közötti különbséget megállapíthatjuk, hogy szignifikáns különbség nem volt. A fajták közötti eltérés szintén nem volt szignifikáns, eltérően az előző évi eredményektől.

1998-ban a csapadék mennyisége több, mint 100 mm-rel haladta meg a sokéves átlagot, ezen belül a tenyésztési időszak folyamán júniusban több, míg júliusban és augusztusban kevesebb csapadék hullott. Az évi középhőmérséklet meghaladta a sokévi átlagot, a napfényes órák száma lényegesen nem tért el az átlagostól. A **Csilla** szója hozamánál 1998-ban nem volt szignifikáns különbség a kontroll és a kezelések között. A nyersfehérje-tartalomban P=5%-os megbízhatósági szinten különbségek adódtak a kontroll és a kezelések között. A

kobalt- és a molibdénkezelés szignifikánsan növelte a nyersfehérje mennyiségét. Sem a nyerszsír, sem a nyershamu mennyisége nem változott meg lényegesen a kezelések hatására. A makro-és mikroelemek közül csak a vas mennyisége különbözött lényegesen a kontrolltól P=1%-os szinten, a vas- és a mangánkezelés növelte meg (melléklet 29. táblázata).

A **Zsuzsanna** szójafajta hozama szintén nem tért el szignifikánsan a kezelések hatására. A nyersfehérje tartalom P=0,1%-os megbízhatósági szinten szignifikáns eltérést mutatott, a kobalt-, a cink- és a vaskezelés szignifikánsan növelte a nyersfehérje mennyiségét. A nyerszsír mennyisége is P=0,1%-os szinten eltért a kontroll és a kezelések között. A kobalt-, a cink- és a vaskezelés is csökkentette azt (kontroll 21,7%, Co -6%, Zn -7%, Fe -6%). Ez szintén egybevág az irodalmi adatokkal. A nyershamu mennyisége nem változott meg lényegesen, a makro- és mikroelemek közül csak a réztartalom csökkent a kobalt-, a cink- és a vaskezelés hatására (melléklet 30. táblázata). A 32. táblázatban mutatom be az 1998-as évi szójakísérletek hozamainak eredményeit.

32. táblázat A mikroelem-kezelt szójafajták hozamának (t/ha) alakulása 1998-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Csilla	Zsuzsanna	Csilla – Zsuzs.	átlag
kontroll	1,60	3,76	-2,16	2,68
kobalt (10g/ha)	1,72	3,30	-1,58	2,51
molibdén (15g/ha)	1,64	3,64	-2,00	2,64
cink (300g/ha)	1,64	3,37	-1,73	2,50
réz (150g/ha)	1,69	3,75	-2,06	2,72
vas (500g/ha)	1,82	3,35	-1,53	2,59
mangán (50g/ha)	1,64	3,83	-2,19	2,73

SzD_{5%} bármely variáns között 0,56

SzD_{5%} fajták között 0,40

A fajták átlagában a kezelések között nem volt szignifikáns különbség. A fajták között $P=0,1\%$ -os megbízhatósági szinten eltérés van. A Zsuzsanna szójafajta hozama ebben az évben több, mint a duplája a Csilla fajtaénak. Ezt szintén magyarázhatjuk a tenyésztési hosszának különbségével. A fehérjetartalom változását a 33. táblázatban mutatom be.

33. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1998-ban (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Csilla	Zsuzsanna	Csilla – Zsuzs.	átlag
kontroll	39,2	39,1	0,1	39,1
kobalt (10g/ha)	41,8	43,6	-1,8	42,7
molibdén (15g/ha)	41,9	39,0	2,9	40,4
cink (300g/ha)	41,0	43,5	-2,5	42,2
réz (150g/ha)	40,0	38,8	1,2	39,4
vas (500g/ha)	40,5	42,1	-1,6	41,3
mangán (50g/ha)	39,6	38,8	0,8	39,2

SzD_{5%} bármely variáns között 1,9

SzD_{5%} fajták között 1,4

A két fajta átlagában a kontroll és a kezelések között $P=0,1\%$ -os megbízhatósági szinten különbség van. A kontrollhoz (39,1%) képest a kobalt-, a cink- és a vaskezelés hatására a nyersfehérje mennyisége lényegesen megnövekedett (42,7%, 42,2%, illetve 41,3%). A két fajta között nem volt szignifikáns különbség.

Az 1999. év csapadékmennyisége nem különbözik a sokéves átlagtól. A tenyésztési időszak folyamán lehullott csapadék mennyiségét tekintve megállapíthatjuk, hogy lényeges eltérés az átlagostól nem volt. Az évi középhőmérséklet $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal

haladta meg az átlagos értéket. A napfényes órák száma nem tért el nagymértékben az átlagostól. A **Csilla** hozama 1999-ben, hasonlóan az előző évekhez nem mutatott szignifikáns különbséget. A nyersfehérje tartalom P=5%-os szinten szignifikáns különbségeket mutatott. A kobalt- és a cinkkezelés emelte a nyersfehérje tartalmat. A nyerszsír- és a nyersshamu mennyisége nem változott meg szignifikánsan. A makro- és mikroelemek mennyiségének különbsége a kontroll és a kezelések között nem volt lényegesen eltérő (melléklet 31. táblázata).

A **Zsuzsanna** hozama 1999-ben szintén nem mutatott szignifikáns különbséget a kontroll és a kezelések között. Sem a nyersfehérje tartalom, sem a nyersshamu mennyisége a kezelések hatására nem különbözött szignifikánsan a kontroll eredményétől (melléklet 32. táblázata). A 34. táblázatban mutatom be az 1999. évi szójakísérletek hozamainak eredményeit.

34. táblázat A mikroelem-kezelt szójafajták hozamának (t/ha) alakulása 1999-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Csilla	Zsuzsanna	Csilla – Zsuzs.	átlag
kontroll	2,77	4,12	-1,35	3,45
kobalt (10g/ha)	2,58	4,17	-1,59	3,37
molibdén (15g/ha)	2,71	4,22	-1,52	3,46
cink (300g/ha)	2,59	4,24	-1,65	3,41
réz (150g/ha)	2,61	4,34	-1,73	3,47
vas (500g/ha)	2,76	4,26	-1,50	3,51
mangán (50g/ha)	2,66	4,20	-1,53	3,43
SzD _{5%} bármely variáns között				0,53
SzD _{5%} fajták között				0,36

A kontroll és a kezelések között a fajták átlagában szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk. Az összes eredmény a kontroll értéke körül ingadozik. A két

fajta között a kezelések átlagát figyelembe véve P=1%-os szinten lényeges eltérés mutatkozott. A Zsuzsanna szójafajta hozama közel másfélszerese a Csillának. A fehérjetartalom változását a 35. táblázat mutatom be.

35. táblázat A mikroelem-kezelt lóbabfajták fehérjetartalmának (%) alakulása 1999-ben (Mosonmagyaróvár, Nemesítési és Termesztéstechnológiai Állomás)

kezelések	Fajták			
	Csilla	Zsuzsanna	Csilla – Zsuzs.	átlag
kontroll	39,5	39,1	0,4	39,3
kobalt (10g/ha)	42,4	43,0	-0,6	42,7
molibdén (15g/ha)	40,1	38,9	1,2	39,5
cink (300g/ha)	41,9	43,5	-1,6	42,7
réz (150g/ha)	40,5	40,2	0,3	40,4
vas (500g/ha)	40,2	39,0	1,2	39,6
mangán (50g/ha)	39,9	39,2	0,7	39,6

SzD_{5%} bármely variáns között 2,1

SzD_{5%} fajták között 1,4

A nyersfehérje mennyiségének különbsége a fajták átlagában a kontroll és a kezelések között P=1%-os megbízhatósági szinten szignifikáns volt. A kobalt- és a cinkkezelés hatására lényegesen magasabb lett a fehérje-tartalom (42,7% illetve 42,7%). A fajták között ebben az évben nem volt lényeges különbség.

A 4. ábrán mutatom be a két fajta átlagos fehérjehozamának változását a négy kísérleti évben. Nagy eltérések adódtak a négy évet tekintve. Az 1999-es évben volt a legmagasabb a fehérjehozam, az 1996-os és az 1997-es év adatsora közel azonos. Az eltérés elsősorban a hozamok különbségéből adódik.

5.2. A martonvásári tenyészedényes kísérletek eredményei

A kísérletek során kontrollált körülmények között két növényfaj (borsó és szója) egy-egy fajtáját vizsgáltuk mikroelem kezelési kísérletben. A levélen keresztüli mikroelem-kezelést a kelés után 25 nappal végeztük el. Mértük a növénymagasságot, figyelemmel kísértük a fenológiai állapotot és az esetleges hiány- illetve toxikus tüneteket. A **Tutti** borsófajtánál a gyökérhosszúság változását a 36. táblázatban mutatom be.

36. táblázat A Tutti borsófajta gyökérhosszúsága a mikroelem-kezelések hatására (cm)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	13,0	12,0	12,0	16,0	12,3
cink	15,0	15,0	20,0	24,0	16,7
réz	20,0	15,0	25,0	17,0	20,0
kontroll	-	-	-	-	24,0

SzD_{5%} bármely variáns között 3,0

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 2,1

Látható, hogy az összes kezelés hatására szignifikáns csökkenés következett be a gyökér hosszúságában. A koncentrációk átlagában vizsgálva a gyökérhosszúságot megállapíthatjuk, hogy a vaskezelés hatására volt a gyökér a legrövidebb, majd a cink- és a rézkezelés következett (12,3 cm, 16,7 cm, illetve 20,0 cm). A Tutti borsófajtánál a gyökértömeg változását a 37. táblázatban mutatom be.

37. táblázat A Tutti borsófajta gyökértömege a mikroelem-kezelések hatására (g)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	0,6	0,4	0,6	1,2	0,5
cink	0,8	1,2	1,2	2,1	1,1
réz	1,6	1,4	1,8	1,2	1,6
kontroll					1,2

SzD_{5%} bármely variáns között 0,13

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 0,1

A gyökértömegek között is szignifikáns különbségek vannak. A koncentrációk átlagában vaskezelés hatására a gyökértömeg lényegesen kisebb volt (0,5g). A cinkkezelés hatására a tömeg nem változott meg szignifikánsan, míg a rézkezelés hatására szignifikáns növekedést figyelhetünk meg (1,6g). A legkisebb gyökértömeg a 300 mg/kg koncentrációjú vaskezelés hatására, míg a legnagyobb az 500 mg/kg koncentrációjú rézkezelés hatására alakult ki (0,4 g, illetve 1,8 g). A Tutti borsófajtánál a hajtásrendszer hosszának változását a 38. táblázatban mutatom be.

38. táblázat A Tutti borsófajta hajtásrendszerének hossza a mikroelem-kezelések hatására (cm)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	67	70	60	85	65,7
cink	75	80	80	80	78,3
réz	80	80	80	85	80,0
kontroll	-	-	-	-	75

SzD_{5%} bármely variáns között 3,4

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 2,4

A koncentrációk átlagában a vaskezelés szignifikánsan csökkentette a növénymagasságot (65,7 cm), míg a rézkezelés szignifikánsan növelte azt (80,0 cm). Az 1000 mg/kg-os koncentráció a vas- és a cinkkezelésnél magasabb növényeket eredményezett. A vaskezelés hatására láthatóan alacsonyabbak voltak a növények, a rézkezelés ezzel szemben magasabb növényeket eredményezett.

A Tutti borsófajtán nem lehetett toxikus tüneteket észlelni még az 1000 mg/kg koncentrációjú oldattal permetezett növényeken sem. Az eltérés csak a növény magasságában mutatkozott meg. A Tutti borsófajtánál a hajtásrendszer tömegének változását a 39. táblázatban mutatom be.

39. táblázat A Tutti borsófajta hajtásrendszer-tömege a mikroelem-kezelések hatására (g)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	34,0	33,0	25,0	68,0	40,0
cink	38,0	71,0	90,0	96,0	73,8
réz	90,0	70,0	87,0	68,0	78,8
kontroll	-	-	-	-	45,0

SzD_{5%} bármely variáns között 2,2

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 1,6

P=0,1%-os szinten szignifikáns eltérés volt a kontroll és a kombinációk között. Legnagyobb átlagos értéket a koncentrációk átlagában a réz- és a cinkkezelés eredményezte (78,8 g , illetve 73,8 g), jelentősen megnövelve a hajtásrendszer tömegét. A vaskezelés (40,0 g) ellenben éppen csökkentette azt. A 40. táblázat mutatja be a Tutti borsófajta hajtásrendszerének nyersfehérje-tartalmát.

40. táblázat A Tutti borsófajta hajtásrendszerének nyersfehérje-tartalma (%)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	9,0	10,3	11,7	11,3	10,6
cink	9,1	9,3	11,7	10,1	10,1
réz	10,3	9,2	11,3	10,1	10,2
kontroll	-	-	-	-	9,2

SzD_{5%} bármely variáns között 0,16

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 0,11

A kontrollhoz képest az összes kezelés P=0,1%-os megbízhatósági szinten növelte a szár nyersfehérje tartalmát. A koncentrációk átlagában nézve a mikroelem hatások a vaskezelés növelte meg a legjobban a nyersfehérje tartalmat (10,6 %). A réz- és a cinkkezelés közel azonos mértékben változtatta meg azt (10,2

%, illetve 10,1 %). A legjobb eredményt az 500 mg/kg koncentrációjú vaskezelés adta, és érdekes módon a leggyengébb eredmény is a vaskezelések közül került ki (11,7 %, illetve 9,0 %).

A **Zsuzsanna** szójafajtára a vaskezelés hatására – a koncentrációtól függetlenül jellemző volt a sötétzöld habitus. A betakarításkor bimbó, illetve a 100 mg/kg koncentrációjú vaskezelés hatására hüvelykezdemény volt megfigyelhető. Feltűnő volt, hogy a borsóhoz hasonlóan a növények a vaskezelés hatására alacsonyabbak voltak, mint akár a kontroll, akár a réz- vagy a cinkkezelt szójanövények. A cinkkezelés hatására a kontrollhoz viszonyítva szintén a sötétebb levélzet volt a jellemző. A 100 mg/kg koncentrációjú cinkkezelés hatására bimbó volt a növényen, a többi kezelés hatására virág még nem volt látható. A rézkezelés a kontrollhoz képest nagy eltérést nem mutatott, a növények magassága a kontrollnövények magasságánál valamivel nagyobb volt. Az 500 mg/kg koncentrációjú rézkezelés hatására virág és hüvelykezdemények voltak megfigyelhetők. A kontrollnövények nem mutattak sem jól látható toxikus sem jellegzetes mikroelem hiánytüneteket. A Zsuzsanna szójafajta gyökérhossz változását a 41. táblázatban mutatom be.

41. táblázat A Zsuzsanna szójafajta gyökérhosszúsága a mikroelem-kezelések hatására (cm)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	17,0	16,0	24,0	18,0	18,8
cink	20,0	18,0	21,0	21,0	20,0
réz	21,0	20,0	20,0	20,0	20,3
kontroll	-	-	-	-	21,0

SzD_{5%} bármely variáns között 2,3

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 1,6

A koncentrációk átlagában a mikroelem-kezelések között nincsenek szignifikáns különbségek. Tendencia jellegű volt, hogy a kontrollhoz képest az összes kezelés kis mértékben csökkentette a gyökérhosszat - ez hasonló a borsónál tapasztaltakhoz - azonban ez nem volt szignifikáns. Azért a kombinációk között voltak P=1%-os szinten lényegesen eltérések. A legkisebb gyökérhosszat a 300 mg/kg koncentrációjú vaskezelés eredményezte, míg a legnagyobbat az 500 mg/kg koncentrációjú vaskezelés (16,0 cm, illetve 24,0 cm). A Zsuzsanna szójafajta gyökértömeg változását a 42. táblázatban mutatom be.

42. táblázat A Zsuzsanna szójafajta gyökértömegének változása a mikroelem-kezelések hatására (g)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	0,66	1,00	1,66	1,00	1,08
cink	1,66	1,66	2,33	2,66	2,08
réz	3,33	1,50	1,00	1,20	1,76
kontroll	-	-	-	-	1,66

SzD_{5%} bármely variáns között 0,23

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 0,16

A koncentrációk átlagában a vaskezelés szignifikánsan csökkentette, míg a cinkkezelés szignifikánsan növelte a gyökértömeget (1,08 g, illetve 2,08 g). A rézkezelés (1,76 g) hatására ugyan nőtt a gyökértömeg, azonban a változás nem volt szignifikáns. A 100 mg/kg koncentrációjú vaskezelés adta a legkisebb értéket, míg a legnagyobbat a 100 mg/kg koncentrációjú rézkezelés eredményezte (0,66 g, illetve 3,33 g). Ez utóbbi eredmény eléggé eltér a többi rézkezelés átlagától. A Zsuzsanna szójafajta hajtásrendszer hosszának változását a 43. táblázatban mutatom be.

43. táblázat A Zsuzsanna szójafajta hajtásrendszer hosszának változása a mikroelem-kezelések hatására (cm)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	100	80	85	115	95
cink	130	125	105	120	120
réz	110	85	120	110	106
kontroll	-	-	-	-	110

SzD_{5%} bármely variáns között 6,2

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 4,4

A koncentrációk átlagában P=0,1%-os megbízhatósági szinten matematikailag igazolható különbség volt a kontroll és a kezelések, valamint a kezelések között egyaránt. A vaskezelés szignifikánsan csökkentette a növénymagasságot, a cinkkezelés pedig szignifikánsan növelte azt (95 cm, illetve 120 cm). A rézkezelés hatása nem bizonyult szignifikánsnak. Megfigyelhető volt, hogy a vaskezelés hatására zömökebb, alacsonyabb szójanövények fejlődtek. A Zsuzsanna szójafajtánál a hajtástömeg változását a 44. táblázatban mutatom be.

44. táblázat A Zsuzsanna szójafajta szártömegének változása a mikroelem-kezelések hatására (g)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	45,0	30,0	33,3	70,0	44,6
cink	86,6	53,3	56,6	53,3	62,5
réz	43,3	16,6	56,6	50,0	41,6
kontroll	-	-	-	-	53,3

SzD_{5%} bármely variáns között 2,8

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 2,0

A koncentrációk átlagában $P=0,1\%$ -os szinten szignifikáns különbség mutatkozott a mikroelemek között. A vas- és a rézkezelés csökkentette (44,6 g, illetve 41,6 g), a cinkkezelés növelte a hajtásrendszer tömegét (62,5 g). Kiugróan magas tömeget mutattak a 100 mg/kg koncentrációjú cinkkel kezelt növények (86,6 g), a legkisebb tömeget pedig a 300 mg/kg koncentrációjú vaskezelés adta (30,0 g). A 45. táblázat mutatja be a Zsuzsanna szójafajta hajtásrendszerének nyersfehérje tartalmát.

45. táblázat A Zsuzsanna szójafajta hajtásrendszerének nyersfehérje tartalma (%)

<i>mikroelemek</i>	<i>Koncentráció (mg/kg)</i>				
	100	300	500	1000	átlag
vas	10,9	10,0	10,1	9,3	10,1
cink	11,0	10,3	10,1	8,7	10,0
réz	10,0	10,4	9,3	8,7	9,6
kontroll	-	-	-	-	10,2

SzD_{5%} bármely variáns között 0,12

SzD_{5%} kontroll-kezelések között 0,09

A koncentrációk átlagában a mikroelem-kezelések $P=0,1\%$ -os szinten csökkentették a hajtásrendszer nyersfehérje-tartalmát. Itt éles különbség adódott a borsó és a szója mikroelem reakciója között. A borsó esetében a hajtásrendszer nyersfehérje-tartalmának növekedés volt megfigyelhető. A szójánál a réz-, a cink- és a vaskezelés hatására szignifikáns különbség volt a kontroll és a kezelésátlagok között (9,6 %, 10,0 %, illetve 10,1 %). Megfigyelhető, hogy az összes mikroelem 1000 mg/kg-os koncentrációban már csökkentette a szár nyersfehérje tartalmát. A legalacsonyabb érték az 1000 mg/kg koncentrációjú cink- és az 1000 mg/kg koncentrációjú rézkezelés hatására alakult ki (8,7 %, illetve 8,7 %), a legmagasabb nyersfehérje tartalmat pedig a 100 mg/kg koncentrációjú cinkkezelés adta (11,0%), 0,8%-kal magasabb értéként a kontrollhoz képest.

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Kísérleteink során a mikroelemek hatását rendkívül bonyolult rendszerként ismerhettük meg. A különböző növényfajok eltérő mikroelem reakciója mellett a fajokon belül vizsgált fajták reakciója is eltért több esetben egymástól.

Megállapíthatjuk, hogy a különböző fajok ugyanazon mikroelem kezelésekre másképp reagáltak, illetve a fajták reakciója is különböző lehet. A borsó mindkét fajtájának hozama a kezelések hatására szignifikánsan különbözött a kontrolltól. Ezzel szemben Bocz (1992) megállapította, hogy a borsó termesztésére alkalmas talajokon nem lehet a borsó termését mikroelemekkel növelni. Saját kutatási eredményeim nem támasztják alá ezen véleményt. A babnál hasonló jelenséget figyelhettem meg azzal a megjegyzéssel, hogy a Sári babfajta hozamát nem befolyásolták annyira a mikroelem kezelések, mint a Békési fehér fajtáét. Rodrigues et al. (1997) eredményei szintén megerősítik, hogy a mikroelem-kezelésnek hozamnövelő hatása van. Vizsgálatainkban a cink növelte a bab hozamát. Saját eredményeim szerint a vas és a mangán növelte a hozamot, a cink a fehérjetartalmat változtatta meg.

A lóbab és a szója hozama egyik évben sem tért el matematikailag igazolható módon a kezelések hatására a kontroll hozamától. A lóbab mindkét fajtájáról megállapítható, hogy a mikroelem kezelések hatására sem a hozam, sem más beltartalmi mutatók nem változtak meg szignifikánsan. A lóbab bizonyult a kísérletek során a mikroelem kezelésekre legkevésbé reagáló fajnak.

A nyersfehérje-tartalmat mikroelem kezeléssel a borsó és a szója esetében tudtuk megváltoztatni. A borsónál az Akt fajta egyik évben sem reagált szignifikáns különbségekkel a kezelésekre, míg a Tutti fajta nyersfehérje növekedéssel reagált a cink- és a mangánkezelésre. Egy fajon belül a két fajta reakciója tehát eltért egymástól. A szója nyersfehérje-tartalmát mindkét fajtánál minden évben meg tudtuk növelni a kezelésekkal. A Csilla fajtánál elsősorban a kobalt-, a molibdén- és a cinkkezelés bizonyult hatásosnak, míg a Zsuzsanna

fajtánál a kobalt- és a vaskezelés növelte a nyersfehérje mennyiségét. A lóbab esetében matematikailag igazolható különbséget nem találtam a kontroll és a mikroelem-kezelések között a nyersfehérje-tartalomban egyik fajtánál sem.

A nyerszsír mennyisége a magban a borsónál csak a Tutti borsófajta esetében növekedett meg a mangán-, és csökkent le a molibdénkezelés hatására 1996-ban. Az Akt borsófajtánál semmi változás nem volt megfigyelhető. A lóbab nyerszsír-tartalma nem változott lényegesen a kezelések hatására. A szója két fajtája eltérően reagált a kezelésekre: 1996-ban a Csilla szója nyerszsír-tartalma az összes kezelés hatására növekedett. A többi évben hasonló növekedést nem figyeltem meg. A Zsuzsanna fajta esetében két kísérleti évben is megfigyeltem csökkenést: a nyersfehérje növekedésével a nyerszsír csökkent kobalt- és a vaskezelés hatására.

A nyershamu változását a különböző fajok és fajták között csak egy-két esetben figyelhettük meg. Több éven keresztül ugyanaz a kezelés nem változtatta meg szignifikánsan a magvak nyershamu-tartalmát. Ugyanez mondható el a makro- és mikroelem-tartalom változásáról is.

Tenyészedényes kísérleteinkben arra a következtetésre jutottam, hogy a gyökérhosszúságot és a növény magasságát a vaskezelés csökkentette szignifikánsan mind a borsónál, mind a szójánál. Eltérés mutatkozott a két faj között abban, hogy mely mikroelem növeli szignifikánsan a növénymagasságot: a borsó esetében a rézkezelés, a szójánál a cinkkezelés.

Habár az összes kezelés csökkentette mindkét fajnál a gyökérhosszúságot, a gyökértömeg változása nem volt ilyen egyértelmű. A vaskezelés mindkét fajnál szignifikánsan csökkentette a tömeget, a borsónál újra a réz-, a szójánál újra a cinkkezelés növelte ezt az értéket szignifikánsan.

A legnagyobb különbség a mikroelemek hatásában a növények nyersfehérje tartalmát illetően mutatkozott meg. A Tutti borsófajtánál az összes kezelés növelte a növény nyersfehérje mennyiségét, ezzel szemben a Zsuzsanna szójafajtánál az

összes kezelés csökkentette. A két faj eltérő reakciója igazolta várakozásunkat, hogy a fajok és fajták mikroelem-reakciója eltérhet egymástól.

A továbbiakban munkánkat folytatjuk, célunk a mikroelemek kombinációit kipróbálva termőhelyre, fajra, fajtára kidolgozott mikroelem-pótlási rendszert fejlesszünk ki, mely a környezetkímélő gazdálkodás rendszerébe beépíthető.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A hüvelyes növények, mint értékes fehérjeforrások nagy jelentőséggel bírnak az emberi táplálkozásban és az állati takarmányozásban egyaránt. A borsó a kiskertek növénye volt egészen a XX. század elejéig, szántóföldi termesztése ekkor kezdődött el. Ez időtől már nemcsak szárazborsóként, hanem zölden is fogyasztják. Szalmája értékes takarmány. A lóbab elsősorban állati takarmány, de főleg az arab országokban emberi fogyasztásra is használják. Nálunk ez a felhasználási irány nem annyira elterjedt. A bab talán a mai napig is megmaradt a kertek növényének, elsősorban emberi fogyasztásra termesztik, takarmányozási jelentősége kicsi. A szóját hazánkban kb. 130 éve termesztik, bár az ázsiai országokban – az írásos feljegyzések alapján tudjuk – már az ókorban is széles körben termesztették. Hazai elterjedése elsősorban a Magyaróváron tevékenykedő Haberlandt Frigyes professzor munkásságának köszönhető. A szója egyaránt jelentős az emberi táplálkozásban (közvetlen fogyasztás, élelmiszeripari felhasználás) és a takarmányozásban (magas fehérje- és olajtartalom) is.

Mivel a Mosonmagyaróvár környéki talajok mésztartalma magas, 20 % körüli, pH értéke pedig a semleges- lúgos kategóriába esik, így a mikroelemek felvehetősége a talajból nem optimális. A mikroelemek fontos szerepet töltenek be az enzimreakciókban, szinte az összes anyagcsere-folyamat aktivátorai. Pótlásukkal ezért hozamnövekedést és a beltartalmi mutatók javulását érhetjük el.

Kísérleteink során arra kerestük a választ, hogy a mikroelemek hogyan változtatják meg a hüvelyes növények termésmennyiségét, és hogyan hatnak a különböző beltartalmi mutatókra. Vizsgáltuk még azt is, hogy a hüvelyes növényfajok és ezen belül a fajták között vannak-e eltérések az azonos mikroelemekre adott reakciók között. Kísérleteinket 1996 és 1999 között végeztük a Nyugat-Magyarországi Egyetem (korábban Pannon Agrártudományi Egyetem) Mosonmagyaróvári Mezőgazdaságtudományi Karának Nemesítési és

Termesztéstechnológiai Állomásán. Négy növényfaj (borsó, bab, lóbab, szója) két-két fajtáját vizsgáltuk meg. A fajták kiválasztásánál figyelembe vettük a tájtermesztés jelentőségét is, olyan fajtákat választottunk, amelyek kötődnek a mosonmagyaróvári Karhoz. A fajták a következők voltak: Akt, Tutti (borsó), Sári, Békési fehér (bab), Lippói, Óvári-137 (lóbab), Csilla, Zsuzsanna (szója). A kísérleteket négy éven át folytattuk. A kísérletek négyismétléses, véletlenblokk elrendezésűek voltak.

A mikroelemeket az egyes fajták esetében külön-külön bimbós állapot elérésekor juttattuk ki kézi permetezőgéppel. A felhasznált mikroelemeket és az előkísérletek során legjobbnak ítélt dózisok a következők voltak: kobalt 10 g/ha, molibdén 15 g/ha, cink 300g/ha, réz 150 g/ha, vas 500 g/ha, mangán 50g/ha. Az adagok fémionban kifejezve értendők, a kijuttatás klorid- és szulfátion formájában történt. A kontroll vizes kezelést kapott. Minden évben azonos dózisokat alkalmaztunk az összehasonlíthatóság miatt, a mikroelemeket nem kombináltuk.

Az elővetemény minden évben őszi kalászos (őszi búza vagy őszi árpa) volt. A kivetett csíraszámok a következőképpen alakultak: borsónál 1,3 millió csíra/ha, a babnál 250 ezer csíra/ha, a lóbabnál 400 ezer csíra/ha, a szójánál a korai éréscsoportba tartozó Csillánál 650 ezer csíra/ha, a késői éréscsoportba tartozó Zsuzsannánál 500 ezer csíra/ha. A kísérleti parcellák mérete, igazodva a Kísérleti Állomáson alkalmazott gépekhez 6 és 10 m² volt. A sortávolság a borsónál és a lóbabnál 12 cm, a babnál és a szójánál 50 cm.

A betakarítás után mértük a parcellánkénti hozamot, majd átszámoltuk t/ha értékre a könnyebb kezelhetőség miatt. A laboratóriumi vizsgálatokat a Növénytermesztési Intézet Központi Laboratóriumában végeztük el. Vizsgáltuk a nyersfehérje-, a nyersshamu-, a nyerszsír mennyiségét, a makro- és mikroelem-tartalmat. Megállapítottuk, hogy a különböző mikroelemek nem egyformán hatnak a hüvelyes növényfajokra, és ezen belül a fajtákra sem. Vannak hasonlóságok, de különböző reakciókat is megfigyeltünk.

A borsónál a hozamot a fajták átlagában szignifikánsan növelte mindkét vizsgálati évben a kobaltkezelés. Az Akt borsó hozamát a kobalt-, a réz- és a mangánkezelés növelte, míg a vaskezelés csökkentette. A Tutti borsófajta hozamát a réz- és a mangánkezelés növelte, a kobaltkezelés viszont kismértékben csökkentette. A nyersfehérje-tartalmat a fajták átlagában mindkét évben a cinkkezelés növelte meg szignifikánsan. Az Akt borsófajtánál nem volt olyan kezelés, ami szignifikánsan befolyásolta volna a nyersfehérje-tartalmat. Ezzel szemben a Tutti borsófajtánál a cink- és a rézkezelés hatására emelkedés volt megfigyelhető. A nyerszsír-tartalom változása csak az 1996-os évben volt megfigyelhető a Tutti borsófajtánál. A mangánkezelés növelte, a molibdén pedig csökkentette mennyiségét. Szintén 1996-ban a Tutti borsófajtánál a kalciumtartalom szignifikánsan megnőtt a mangánkezelés hatására. Más beltartalmi változás a kezelések hatására nem történt.

A bab hozamát a fajták átlagában 1996-ban és 1997-ben a mangánkezelés növelte meg. A másik két kísérleti esztendőben szignifikáns eltérés a kontroll és a kezelések között nem mutatkozott. A Sári babfajtánál a kobalt-, réz- és mangánkezelés növelte a hozamot, a Békési fehér babfajtánál pedig csak a mangánkezelés hatására növekedett meg szignifikánsan. A nyersfehérje-tartalom a fajták átlagában csak az 1999-es évben változott szignifikánsan a cink- és a rézkezelés hatására. A fajtákat külön tekintve a nyersfehérje-tartalmat a cink-, réz- és mangánkezelés növelte meg a Békési fehér babfajtánál. A Sári babfajta nyersfehérje-tartalma nem változott meg szignifikánsan a kezelések hatására. Az 1996-os évben a mag kalcium- és mangántartalma nőtt meg a kobalt- és molibdén-, valamint a mangánkezelés hatására. A többi kísérleti évben a makro- és mikroelem tartalomban szignifikáns változást nem figyeltünk meg.

A lóbab hozamát a fajták átlagában egyik kezelés sem változtatta meg szignifikáns módon. Változást csak az 1996-os esztendőben figyelhattunk meg a Lippói lóbabfajtánál, a hozamát szignifikánsan emelte a kobalt- és a molibdénkezelés. Más években változást nem tapasztalhatunk. A nyersfehérje-

tartalomban szintén nem észleltünk szignifikáns változást egyik évben sem egyik fajta esetében sem. Voltak kisebb eltérések, de ezek matematikailag nem voltak igazolhatók. Ugyanígy semmi változást nem tapasztaltam a nyerszsír és nyershamu mennyiségében sem. A makroelemek közül a Lippói lóbabfajtánál az 1998-as évben a mag foszfortartalma növekedett meg a kobalt- és a rézkezelés hatására. Ugyancsak a Lippói fajta mangántartalma növekedett a cink- és a rézkezelés hatására szignifikánsan az 1996-os esztendőben. Megállapíthatjuk, hogy a négy faj közül a lóbab az a faj, amely a legkevésbé reagált a kijuttatott mikroelemekre.

A szója hozama a fajták átlagában egyik évben sem változott szignifikánsan, bár kisebb eltéréseket megfigyeltünk. Sem a Csilla, sem a Zsuzsanna szója hozama egyik évben sem változott meg szignifikánsan a kezelések hatására. A nyersfehérje-tartalommal más a helyzet. A kobalt-, cink- és a molibdénkezelés növelte a Csilla szója fajtajelölt nyersfehérje-tartalmát, a Zsuzsanna szójafajtáét pedig a kobalt-, a cink- és a vaskezelés. A nyerszsír mennyisége a Csilla esetében a 1996-ban az összes kezelés hatására növekedett. A többi kísérleti évben szignifikáns változás nem volt tapasztalható. A Zsuzsanna fajta esetében a kobalt-, a cink- és a vaskezelés szignifikánsan csökkentette. A nyershamu mennyisége a cink-, a réz- és a vaskezelés hatására növekedett a Csillánál az 1996-os évben, a többi esztendőben változás egyik fajtánál sem figyelhettünk meg. A makroelem-tartalom egyik fajtánál sem változott lényegesen, a mikroelem-tartalmat tekintve a Csillánál a cinktartalom növekedett a cink- és a vaskezelés hatására 1996-ban, míg a vas- és a mangánkezelés hatására 1998-ban a vastartalom nőtt meg. 1998-ban a Zsuzsanna szójafajta magjának réztartalma csökkent le a kobalt-, a cink- és a vaskezelés hatására. Összességében megállapíthatjuk, hogy a meszes talajon termelt hüvelyesek hozamát a kobalt-, a réz- és a mangánkezelés növelheti meg. A nyersfehérje-tartalom növekedését a borsónál és a babnál a cink-, a szójánál a kobalt-, a cink- és a vaskezeléstől várhatjuk. Tehát a hozam és a beltartalom javítására esetenként más-más mikroelem kezelés javasolható.

A tenyészedényes kísérleteket a Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete fitotronjában állítottuk be 1998-ban Martonvásáron. A felhasznált talaj a mosonmagyaróvári kísérleteink helyszínéről származott. A kamrák típusa PGR-15 (Convicon, Canada) volt. Borsó (Tutti) és szója (Zsuzsanna) egy-egy fajtáján vizsgáltuk kísérletünkben a háromféle mikroelem négy-négy dózisének hatását. A mikroelemek (Zn, Cu, Fe) dózisai a következők voltak: 100, 300, 500, 1000 mg/kg. A levélre történő kijuttatás a kelés után 25 nappal történt. A kísérlet típusa négyismétléses, véletlen elrendezésű volt. Egyik növényfajon sem lehetett megállapítani toxikus tüneteket. Jól látható eltérések voltak a növénymagasságban.

A Tutti borsófajta gyökérhosszúsága az összes kezelés hatására kismértékben csökkent, de a csökkenés nem volt szignifikáns. A gyökértömeg alakulása nem volt ilyen egyértelmű, a vaskezelés csökkentette, a cinkkezelés pedig növelte. A különbségek szignifikánsak voltak. A növénymagasságot szintén a vaskezelés csökkentette. A cinkkezelés szignifikánsan növelte a növénymagasságot. A hajtásrendszer tömege kismértékben, de nem szignifikánsan csökkent a vas- és a rézkezelés hatására, míg a cinkkezelés szignifikánsan növelte. Meglepő módon az összes kezelés csökkentette a növény nyersfehérje-tartalmát.

A Zsuzsanna szójafajta gyökérhosszúságát a kontrollhoz képest az összes kezelés csökkentette. A legjobban a vas-, majd a cink-, és legkevésbé a rézkezelés. Ez hasonló a borsónál tapasztaltakhoz. A gyökértömeget szignifikánsan csökkentette a vaskezelés, de a borsótól eltérő módon a rézkezelés növelte, a cink pedig nem befolyásolta lényegesen. A növénymagasság – hasonlóan a borsóhoz – a vaskezelés hatására lényegesen csökkent, a rézkezelés hatására pedig növekedett. Ez szintén eltérés a borsónál tapasztaltaktól, ahol a cinkkezelés hatására növekedett a növények magassága. A hajtásrendszer tömege a vaskezelés hatására csökkent, a cink- és a rézkezelés növelte azt. A növény fehérjetartalmát a kontrollhoz képest az összes kezelés szignifikánsan növelte, ami pontosan az ellenkező reakció a Tutti borsófajtánál tapasztaltakhoz képest.

Összességében a mikroelem kezelések csökkentették a gyökérhosszat, a gyökértömeget csak a vaskezelés csökkentette. A szárhossz a vas hatására mindkét fajnál csökkent, de míg a borsónál a réz-, addig a szójánál a cinkkezelés növelte meg szignifikánsan. A növény nyersfehérje-tartalmának változásánál a reakció pontosan ellentétes volt a két fajnál: a borsónál az összes kezelés növelte, a szójánál az összes csökkentette a nyersfehérje tartalmat.

Új eredményeimet az alábbiakban foglalom össze:

1. A Csilla szójánál két kísérleti évben is az összes mikroelem-kezelés hatására mind a nyersfehérje-, mind a nyerszsír mennyisége növekedett a magban.

2. A mangánkezelés hatására a bab termésmennyisége mindkét fajtánál (Sári, Békési fehér) szignifikánsan növekedett.

3. Mikroelem-kezeléssel sem a hozam, sem a fehérje mennyisége nem változott meg szignifikánsan a lóbab egyik vizsgált fajtájánál sem.

4. A szántóföldi kisparcellás- és a fitotronban végzett kísérletek eredményei egyaránt megegyeznek az irodalomban található adatokkal, miszerint az egy családon belül lévő fajták reagálása a mikroelem-kezelésekre természetes és mesterséges körülmények között is eltér.

5. Tenyészedényes körülmények között a gyökér hosszúsága szignifikánsan csökkent a mikroelem-kezelések hatására.

6. Az összes mikroelem-kezelés növelte a Tutti borsófajta hajtásrendszerének fehérjetartalmát, míg a Zsuzsanna szójafajtáét az összes kezelés csökkentette.

7. Vizsgálataim megerősítettek abban a feltételezésben, hogy nemcsak az NPK tápanyag-visszapótlás terén, hanem a mikroelem-kezelések tekintetében is faj/fajtaspecifikus visszapótlási gyakorlathoz kell tudományos eredményeket szolgáltatni.

Ezen eredmények alapján termőhelyre és növényfajra illetve fajtára kialakított komplex mikroelem pótlási rendszer kidolgozását javaslom, amely a fenntartható környezetkímélő mezőgazdálkodás részévé válhat a jövőben.

Eredményeinkkel igazoltuk, hogy az NPK trágyázáshoz hasonlóan, a mikroelem trágyázásban is előtérbe kell helyezni a faj- illetve fajtaspecifikus szemléletet.

SUMMARY

Leguminous plants play a great role both in human consumption and in animal nutrition. Peas, beans, broad bean and soybeans have been known as good food supplies since ancient times. They were grown just in gardens until the end of the 19th century. Soybean was also known as a medicinal plant in ancient China. Its only growing practice in Europe goes back to a relative short history. The introduction of soybeans into production in Hungary was begun by Frigyes Haberlandt in Mosonmagyaróvár some 130 years ago.

Microelements are essential to plants. Without them enzyme-structures do not function properly. The microelements are either part of these structures or act as catalyst.

The soils in Mosonmagyaróvár have a high lime content (about 20 %), so the microelements in the soil are not available to the plants. Because of this the foliar application of micronutrients is recommended.

The response of peas, beans, broad beans and soybeans to microelement fertilizers was studied in field experiments. Two varieties of each species were tested. The microelements and their concentrations were: cobalt 10 g/ha, molybdenum 15 g/ha, zinc 300 g/ha, copper 150 g/ha, iron 500 g/ha, manganese 50 g/ha. The foliar applications were carried out at the beginning of flowering using a hand sprayer. The microelements were in inorganic form.

Measurements were made on the yield, the crude protein, crude ash and crude fat contents of the seed, and the macro- and microelement contents.

The effect of the microelements on the growth, root and stem length and crude protein content of peas and soybeans was also studied in phytotronic pot experiments in Martonvásár.

In the field experiments different species and varieties were found to respond differently to microelement treatments. The cobalt, copper and manganese treatments increased the yields of the legumes. The zinc treatment increased the

crude protein content of peas and beans; the cobalt, zinc and iron treatments enhanced the crude protein content of soybeans. The values for broad bean remained the same after the microelement treatments.

The results of the pot experiments show that the length of the roots depended on the microelement status of the plants. The iron treatment decreased the length of the roots in both species, while the copper and zinc treatments increased it. The iron treatment decreased the length of the stem as well. In the case of peas the stem length was increased by zinc treatment, and in the case of soybean by copper treatment. It was interesting to note that all the treatments increased the crude protein content in the stem in the case of peas, while in the case of soybean every treatment decreased it significantly.

These results make it possible to elaborate a complex microelement feeding system for leguminous plants, taking into consideration not only the differences between the species but between the varieties as well.

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton fejezem ki köszönetemet témavezetőmnek, Dr. habil. Késmárki István tanszékvezető egyetemi tanár úrnak a segítségéért, támogatásáért és türelméért.

Szeretném megköszönni önzetlen támogatását Dr. habil. Páldi Emil tudományos osztályvezető úrnak, aki nélkül a kísérletek egy része nem jöhetett volna létre. Köszönöm értékes opponensi véleményét, amivel dolgozatom elkészítését segítette.

Köszönöm opponensemnek, Dr. habil. biol. Szabó László Gy. tanszékvezető, egyetemi tanár úrnak értékes bírálatát, amivel hozzásegített dolgozatom jelenlegi formában történő elkészítéséhez.

Köszönöm Dr. Szakál Pál tanszékvezető egyetemi tanár úrnak a diplomadolgozatomhoz és a mostani dolgozathoz nyújtott segítséget.

Köszönöm Dr. Kajdi Ferenc egyetemi docens úrnak a kísérletek tervezéséhez és kivitelezéséhez, valamint a dolgozat elkészítéséhez nyújtott hasznos támogatását.

Köszönöm családomnak a sok biztatást és segítséget.

Köszönöm Oldal Bálint barátomnak a hasznos segítséget.

Megköszönök minden támogatást és segítséget, amit munkatársaimtól, barátaimtól és még másoktól kaptam.