



Anyagába beépített mikroelem- (réz-, illetve cink) tartalmú tápanyagokkal kiegészített biológiai úton maradéktalanul lebomlni képes palántanevelő edények felhasználhatóságának vizsgálata a mikroelem-hiányos talajokon történő paprikatermesztésben

BAKOS PIROSKA

Nyugat-Magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Kémia Tanszék
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérlet során mátrixukban különböző koncentrációjú réz-, illetve cink-tartalmú tápanyag-komplexekkel kiegészített saját fejlesztésű, biológiai úton tökéletesen lebomló, komposztálható palántázóedények (BL-edények) alkalmazásának lehetőségét, felhasználásuk eredményességét vizsgáltam réz- és cinkhiányos talajon paprika tesztnövény terméshozamának és bogyóméretének értékelésén keresztül.

A kapott eredmények egyértelműen bizonyítják a BL-edények alkalmazhatóságát a réz és cink pótlásának területén, azok kedvező hatását a paprikatermesztésben. A munka során bizonyítást nyert, hogy a BL-edényekbe beépített nagyobb szerkoncentráció nagyobb és hosszabbantató eredményt hoz mind a terméshozam, mind pedig a bogyóméret viszonylatában.

Megállapítást nyert, hogy a BL-edényekben nevelt és azokkal együtt kiültetett növények – még a tápanyag-kiegészítésben nem részesített BL-edények alkalmazása esetén is – mindkét mikroelem esetében jobb eredményt mutatnak a vizsgált paraméterek tekintetében, mint a kontrollként használt, hagyományos műanyag palántanevelő edényekben nevelt növények. Ez – az edényzetekbe beépített tápanyagtartalom mellett – egy részről annak is köszönhető, hogy a BL-edényekben nevelt palánták a palántanevelés időszakát követően a nevelő közeg, a növényi szervezet bolygatása nélkül, az edénnyel együtt a talajba helyezhetőek (így kiküszöbölhető a növényeket a kiültetés során érő stressz, nem sérül a gyökér), ugyanakkor az idő előrehaladtával fokozódó edény-degradáció (az egyre intenzívebben a hatását éreztető biodegradációs folyamat) és az annak nyomán kialakuló kedvezőbb talajviszonyok szintén a jobb és nagyobb növényi terméshozamot támogatják.

Kulcsszavak: biológiailag lebomló palántázóedény, felhasználhatóság, mikroelem, réz, cink.

BEVEZETÉS

A biológiai úton lebomló eszközök nem pusztán a különböző termékek – nem utolsósorban a legkülönbözőbb mátrixokat felvonultató élelmiszerek – esetében jelenthetnek környezetbarát alternatívát azok műanyag csomagolásaik kiváltásának tekintetében, de – természetazonos anyagaik jóvoltából a biológiai úton lebomló (BL) fejlesztések egy része – jól alkalmazható lehet a mezőgazdaság területén is. A célirányosan fejlesztett talajtakaró fóliák és merev falú eszközök (pl. palántázóedények) képesek lehetnek kiváltani az ez ideig hagyományosan alkalmazott, mind előállításuk, mind pedig hulladékká válásuk után a környezetet terhelő, a környezetünkben egyre inkább felhalmozódó, életterünket szennyező, szűkítő műanyag megoldásokat, támogatva, elősegítve a fenntarthatóság megvalósulását.

Az elmúlt években olyan merev falú, biológiai úton maradéktalanul lebomlni képes, komposztálható, összetételükben kizárólag hazánkban is folyamatosan és nagy tömegben termelődő, dominánsan melléktermékeknek, valamint hulladéknak minősülő, csak minimális előfeldolgozást igénylő növényi anyagokra épülő (csomagoló) eszköz-családot fejlesztettem ki, mely alkalmas különböző jellegű élelmiszerek csomagolására/tárolására, ugyanakkor felhasználható a palánta/csemete stb. -alapú növénytermesztésben is.

A kifejlesztett BL-palántázóedények alkalmazásának kétségtelenül legfőbb előnye, hogy felhasználásukkal kiküszöbölhető a növényeket a kiültetéskor érő stressz, a gyökerek sérülése, azaz lényegesen megkönnyíthetjük, elősegíthetjük alkalmazásukkal a növények sikeres alkalmazkodását új környezetükhöz. Amellett, hogy a BL-edények segítségével kompetitív előnyhöz juttathatjuk a növényeket (amint azt a következőkben részletesen is taglalom) fejlődésüknek már legkritikusabb fázisában (is), de alkalmazásukkal a palántázás folyamata is leegyszerűsödik. A kifejlesztett BL-palántázóedények/konténerek stb. elterjedését nagyban megkönnyítheti, hogy mechanikai, valamint alaki tulajdonságaik tekintetében probléma nélkül kialakíthatóak a használatban lévő palántázógépek és egyéb berendezések igényei szerint.

Kutatásaim kiemelt irányát képezi olyan palántázóedények kialakítása, melyek anyagukban adalékolhatóak különböző, a növényeket fejlődésük során segítő anyagokkal (pl. műtrágyákkal, növényvédőszerrel, egyéb, a termés mennyiségét és minőségét fokozó anyagokkal). Mivel azonban az egyes növényfajok igénye az adott talaj adottságainak függvényében más és más (azaz az esetenkénti optimális hatás eléréséhez mindenkor ismerni kell az adott talajra vonatkozó talajvizsgálati eredményeket), így – magától érthető módon – nem lehet egyetlen univerzálisan optimális összetételű termékben gondolkodni, meg kell elégednünk faj – talajtípus-specifikus „részmegoldásokkal”. Ez amellett, hogy szerteágazóvá teszi a fejlesztői/előállítói munkát, jótékony hatással is bír, tekintve, hogy – egy részről – segít elkerülni az esetleges túltrágyázásból eredő gondokat (nehézfémek esetében különösen jelentős szempont), a „túlsegítést”, más részről a gazdaságosság figyelembe vételére is ösztönöz (pl. a szertakarekosság oldaláról). Fontos szempont a gazdaságosság oldaláról, hogy az anyagában kiegészített (beépített tápanyagokat, egyéb növényt segítő anyagokat tartalmazó) BL-palántázóedények a stressztényezők számának csökkentésén túl egyszersmint időt, élő- és

holt munkát takarítanak meg a felhasználóknak, hiszen gyakorlatilag „egy menetben” fejtrágyázást is végrehajtunk használatba vételükkel. Így a kialakított adalékolt palántanevelési megoldásoknak – behelyezve azokat a szabadföldi termesztésbe – újabb előnye, sajátossága, hogy azokkal jóval egyszerűbb és olcsóbb megoldási lehetőség teremthető a precíziós gazdálkodás megvalósítására (a palántázott növények esetében), mint az ez ideig rendelkezésre álló megoldások. Ugyanakkor az általam kifejlesztett (komposztálható) palántázóedények felhasználásának előnyeit taglalva nem szabad kifejejtenünk a sorból azt sem, hogy ezek az eszközök – éppen anyagösszetételük okán – tulajdonképpen már önmagukban is precíziósan kijutatott alkalmazható szerves trágyák, hiszen lebomlásuk során saját anyagaik is felvehetővé válnak a növény számára, miközben szerkezetileg is kedvezőbb viszonyokat képesek teremteni a talajban a növénytermesztéshez.

Kutatásom során megoldási lehetőségeket találtam, dolgoztam ki a beépíthető szerek programozott leadását (a BL-edények lebomlásának programozását) illetően is, ami még gazdaságosabbá, még piacképesebbé teszi ezen megoldásokat a még fokozottabb szergazdaságosság javításának oldaláról.

A jelen tanulmány tárgyát képező vizsgálatok csupán egy hosszú munka első lépései, hiszen a különböző, számításba vehető nagyszámú növényfajoknak a talajtulajdonságok függvényében felmerülő igényeinek kielégíthetősége – csak a számtalan kombinációs lehetőség okán is – még hosszú időt, rengeteg vizsgálatot igényel. Azonban a hazai termőterületek mikroelemek tekintetében mutatott hiánya arra ösztönöz, hogy már részeredményeket is bemutassunk, elősegítve a megoldási lehetőségek számbavételét. E mellett a BL-palántázóedények mikroelemek (esetünkben réz, illetve cink) oldaláról való tesztelése lehetőséget teremtett a „szélsőségesen kis” hatóanyag-dózisok beépíthetőségének megítélésére, azok gyakorlati felhasználhatóságának vizsgálatához.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Magyarország talajai a réz- és cinkellátottság tekintetében jelentős hiányokat mutatnak. E két kiemelten fontos esszenciális mikroelem mérlegét vizsgálva megállapítható, hogy cinkből 965 t, rézből 253 t az éves hiány (*Szakál* 1990).

Talajaink 46%-a cinkben, 13%-a pedig rézben gyengén ellátott. Súlyos cink-ellátottsági problémák jelentkeznek Békés, Győr-Moson-Sopron, Fejér, Jász-Nagykun-Szolnok és Borsod megyékben. Ugyanakkor erősen rézhiányos területek találhatók Csongrád, Békés, Veszprém és Heves megyékben (*Tölgyesi* 1978). FAO-vizsgálatok alapján hazánk talajainak mozgékony réz- és cinktartalma – az ammónium-acetát-EDTA extrahálószerrel végzett elemzések alapján – nemzetközi összehasonlításban is alacsony értékeket mutat (*Sillampäa* 1982). Ráadásul a réz- és cinkhiány legnagyobb hányadban éppen a kiemelkedően jó termőképességű réti csernozjom talajok jellemzője (*Fekete és Patócs* 1988).

A réznek és a cinknek kiemelt szerepe van a növényi, az állati és az emberi szervezetben egyaránt (*Sas* 1978, *Salgó et al.* 1979, *Takács* 1984). Esszencialitásukat mi sem bizonyítja jobban, mint a hiányukban megrekedő élettani folyamatok, a hiányukat jelző tünetek.

A réz bizonyítottan nélkülözhetetlen az oxidázenzimek (mint pl. az aszkorbinsav-oxidáz, polifenol-oxidáz, tirozináz) katalizálásában, valamint a citokrómoxidáz terminális oxidációjában (Pethő 1993). A réz – amellet, hogy a kloroplasztiszokban felhalmozódó réz-tartalmú enzimekben elektronszállítóként szerepel (azaz részese a fotoszintetikus elektrontranszportnak) – segítséget nyújt a klorofill és más növényi pigmentek stabilitásának megőrzéséhez is (Füleky 1999, Loch és Nosticzius 2003). A klorofill lebomlásának késleltetésével a réz hozzájárul a növényi asszimilációs teljesítmény növeléséhez (Szakál 1990). A polifenol-oxidáz aktivitásának réz hiányában történő csökkenése a ligninszintézis gátlódásához (rendellenes növényi sejttal-lignifikációhoz) vezet, melynek nyomán csökken a növény szárszilárdsága, romlik a vízháztartása, csökken a szárazságtűrő képesség (Szakál 1990). Judel (1962) megállapította, hogy e hatások következménye a betegségekkel szembeni ellenállóság csökkenése. A zsírsavak hidroxilációját ugyancsak réztartalmú enzimek katalizálják (Shkolnyik 1984, Füleky 1999). Kísérletileg igazolták, hogy réz hiányában gátlódik a növények nitrogénfelvétele (Kádár és Shalaby 1984, Szakál et al. 1988). A réz jelenléte különösen fontos a szimbiotikus N₂-fixációhoz, bár a mechanizmus nem teljesen tisztázott (Füleky 1999). A réz ugyanakkor elősegíti a fehérje- és szénhidrátszintézist (Loch és Nosticzius 2003), katalizálja a cisztein és a cisztin oxidációját, a diszulfidhidak kialakításával elősegíti a fehérje-stabilizációt (Szakál 1990). A fiatal, növekvő növényi szövetekben, ahol a fehérjeszintézis a legintenzívebb, alacsonyabb DNS-mennyiségeket találtak a rézhiányos növényeknél (Füleky 1999). Újabb, a réz szükségességét alátámasztó tény, hogy a nitrátredukcióban való részvételével segíti a nitrátoknak a növényekben való hasznosulását (Loch és Nosticzius 2003). Bizonyítást nyert, hogy hiányában a kinon redukciója gátlódik, az ez által kialakuló erőteljes melamin-képződés következménye pl. a burgonya vágási felületének feketedése (Szakál 1990).

A rézhiány gyakran látens hiány, külső megjelenéséről nem lehet felismerni, de szélsőséges esetben tartós fonyadás, levélsodródás, a levélgyekek lehajlása figyelhető meg (Szalai 1994). A legérzékenyebb a hiányára a zab, az árpa és a búza. Gabonaféléknél hiányát a levélsúcscok fehéredése jelzi legkorábban, keskeny, összezsugorodott levelek képződnek, de a hiányos buga- vagy kalászképződés, illetve a csökkent szemképződés is jellemző tünet, nagyarányú rézhiány esetén a kalászok üresek is maradhatnak. A szem nélküli kalászok aránya a réztartalom növekedésével csökken, ami egyértelmű bizonyítéka annak, hogy a rézhiány kedvezőtlenül hat a generatív szövetek képződésére (Loch és Nosticzius 2003). A réz hiánya a zöldségtermesztésben sokkal ritkábban fordul elő, mivel a zöldségnövények rendszerint jóval kisebb mennyiségben igénylik, és a rendszeres szervestrágyázás, a réz-tartalmú növényvédőszeres és a kijutatott lombtrágyák általában kielégítik a növények igényeit (Terbe 2002). Amennyiben azonban hiánytünet lép fel, úgy az (mind a réz-, mind pedig a cinkhiány esetében) elsősorban a fejlődő hajtásokon, a fiatalabb növényi részekben jelenik meg (Bergmann 1979, Terbe 2002, 2004). A lágyszárú növények, különösen pedig a fiatal egyedek – a palánták – általában gyorsabban és fokozott mértékben mutatják az egyes tápelemek hiányát (Terbe 2002).

Fontos megemlíteni, hogy a réz a nagy szervesanyag-tartalmú talajokon erősen kötődik. A nagy adagú nitrogén-trágyázás előidézhetheti az addig látens rézhiány megjelenését (Papp és Tamási 1979). Az irodalmi adatok meggyőzően bizonyítják, hogy a növények számára

esetleg nem megfelelő mennyiségben adagolt műtrágyák abiotikus stresszfaktorként jelentkeznek (Tisdale és Nelson 1966, Fischer 1975, Kádár 1992). Ez a megállapítás nem pusztán a tápelemhiány, de a többlet-adagolás tekintetében is megállja a helyét. Bizonyítást nyert, hogy a felvehető réztöbblet ugyan úgy élettani zavarokhoz vezet, mint a tápelem hiánya: akadályozza a vas felvételét, illetve annak növényen belüli transzportját, így kedvezőtlenül hat a növekedésre (Szalai 1994). A réz a növényi tápanyagfelvételben (de az egyéb életfolyamatokban is) a vason kívül a mangánnal is antagonistá (Bergmann 1979).

A kijuttatandó szerdózis helyes megállapítása csak a talajvizsgálat elvégzése mellett szavatolható. Ez nem csupán a tápelemhiány elkerülését biztosítja, de a tápelemek esetleges káros felhalmozódását is segít elkerülni, mely napjainkban – a fokozódó ipari termelés és egyéb okok folytán – domináns lehetőségként jelentkezik a talajok nehézfém-tartalmának alakulásával kapcsolatban. A réz túlzott felvétele – az élelmezési lánc kapcsán – az emberi szervezetben agykárosodást okozhat (jellegzetes tünete a „Wilson-kór”), az állatoknál akár elhullás is bekövetkezhet (Barna *et al.* 2005). A növényekben a réztoxicitás ritkán fordul elő, mivel a réz erősen kötődik a talajszemcsékhez, az erősen savanyú talajoknál azonban felléphet (Pethő 1993).

A mikroelemekből – főként a rézből – rendkívül keveset vesz fel a növény (jóval kevesebbet, mint a cinkből), 2–20 mg/kg közé esik mennyisége a szárazanyagban. Mivel nagyobb része a kloroplasztiszokban található fehérjéhez kötött, így érthető, hogy a fehérjedús növények rézben gazdagabbak (Kádár 2005). A rézhiány küszöbértékének a 4 mg/kg alatti mennyiséget tartják (Papp és Tamási 1979).

A cink ugyancsak létfontosságú elem a növényi fejlődés szempontjából (Katalimov 1969). A növények cinktartalma többszöröse réztartalmuknak (Loch és Nosticzius 2003).

Az auxin és a cink közti összefüggés már 1940 óta ismert (Szakál 1990). A cink katalizálja a triptofán szintézisét, mely serkentőleg hat az auxinképződésre. A triptofán ugyanakkor a β -indolil-ecetsav prekursora, következésképpen a megfelelő cinkellátás közvetetten a hajtások megnyúlásához is szükséges (Füleky 1999, Loch és Nosticzius 2003). A cink a növények növekedését úgy is befolyásolja, hogy a nitrifikáló mikroorganizmusokban az RNS-polimeráz és a glutaminsav-dehidrogenáz aktivitását fokozza, így növelve az ammónia-N beépülését (Szakál 1990). Részt vesz a N-anyagcserében (Pethő 1993). A cink emellett katalizálja a NAD⁺, NADP⁺ kötődését a hordozó fehérjéken (Nason 1958). Igen fontos szerepet tölt be a stabil metalloenzim-komplexek kialakításában és számos enzim (pl. dehidrogenázok, peptidázok, szuperoxid-dimutáz) aktivátora, ám jelenleg nem teljesen tisztázott, hogy funkcionális, strukturális vagy regulátorszerepet tölt-e be (Füleky 1999). Cinkhiány esetén a fiatal levelek aprók („little leaf”), az ízközök rövidek (rozettásodás) maradnak, a levelek közötti szövetek fehéreszöld színűek, esetleg apró, nekrotikus foltok láthatók a hajtásokon, leveleken, terméseken (Terbe 2002). Cink hiányában a gyökerek abnormálisan fejlődnek, a terméskötődés hiányos, a télállóság csökken (Szakál 1990). Cinkhiány (de az egyéb mikroelemek hiánya is) főleg laza homoktalajokon fordul elő, a magas pH-értékű, erősen meszes homoktalajokon (pl. a Duna–Tisza közén) gyakori, ott, ahol a talaj eredeti cinkszolgáltató képessége eleve gyenge (Racsó *et al.* 2005).

Az állati és emberi szervezetben a cink amellet, hogy nélkülözhetetlen a DNS-, RNS- és fehérje-anyagcseréhez, fontos szerepet tölt be a hámsejtképzésben, a sebek gyógyulásában, az immunrendszer fenntartásában (*Régiusné* 1976). Bizonyított, hogy a cink – az egyes növényfajok érzékenységének, igényének függvényében – túladagolva szintén toxikus hatású (*Muraközy et al.* 1963).

A mikroelemek talajban felhalmozódó készletét döntően a talajalkotó kőzet, annak mállásintenzitása határozza meg (*Kádár* 2005). Az elvégzett vizsgálatok alapján arra következtethetünk, hogy az oldható réztartalom a biológiai felhalmozódás, a cinktartalom pedig az atmoszférából való kihullás következménye (*Szűcs M. és Szűcs L.* 2005). Jelentős forrás a talaj szerves anyaga, mivel a növényzet az esszenciális elemeket felhalmozza (Megjegyezném: az általam kialakított palántázóedények szerves-anyagösszetételűek). Amennyiben azonban a szerves anyag az 5–10%-ot meghaladja a talajban, úgy újra csökken a mikroelemek készlete a talaj térfogatsúlyának csökkenése miatt, a tőzegek mikroelemhiánya részben ezzel magyarázható (*Kádár* 2005). A talajok szerves anyagának a fulvósav része oldékony komplexet, míg a huminsav része oldhatatlan komplexet képezve gátolja a mikroelemek felvehetőségét, ezzel csökkentve a közvetlenül felvehető cink-, illetve rézmennyiséget (*Szakál* 1990).

A növények a rezet és a cinket kétértékű kationként és komplex vegyület formájában veszik fel a talajból (*Szakál* 1990, *Loch és Nosticzius* 2003). *Szakál* (1990) kiemeli, hogy mivel a mikroelemek mozgékonysága általában kicsi a növényekben, ezért fontos, hogy a gyökér közelében a talaj elegendő könnyen felvehető mikroelemet tartalmazzon (a BL-edények képesek megvalósítani ezt az elvárást).

A talaj megfelelő tápelemkészlete azonban még nem garancia a tápelemeknek a növényekhez való eljutásához, azok felvehetőségére. Azt a legmarkánsabban a talaj reakcióállapota, a pH szabályozza. A réz esetében ugyanakkor – annak komplex-képzésre való hajlama miatt – a talajok Cu-készletét nem annyira a redox-folyamatok, vagy a pH, mint inkább a kolloidok mennyisége (kötöttség és a szervesanyag-tartalom) határozza meg (*Kádár* 2005).

Ismeretes és figyelmet érdemel, hogy a talaj savanyodásakor a Cu^{2+} és a Zn^{2+} -ion mobilitása nő. Túlmeszezéskor, magas pH-jú talajon azonban számolni kell a két tápelem hiányával (*Tisdale és Nelson* 1966, *Szakál et al.* 1998, *Kádár* 2005). Az elemek felvételét módosíthatja az egyéb tápelemek hiánya vagy jelenléte is az antagonizmusok és szinergizmusok által. Amint arról a rézhiány kapcsán már szó volt, gyengén ellátott talajokon N-trágyázáskor csökken a növények Cu-tartalma, a növekvő termés Cu-igényét a talaj nem képes kiegészíteni, látszólagos NxCu antagonizmus lép fel. Amennyiben a talaj rézzel jól ellátott vagy egyidejűleg Cu-trágyázást folytatunk, a N-trágyázással a Cu-felvétel is nő. A N-műtrágyák savanyító hatása, a NO_3^- anion jelenléte különösen serkentőleg hat a fémkationok felvételére (*Kádár* 2005).

A magas foszfortartalom a cink felvételét, hatékonyságát gátolja a növényi szervezetben (*Bergmann* 1979). A PxZn antagonizmus jelenségének magyarázata azonban nem a képződő cinkfoszfát a talajban, hiszen a $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ megfelelő Zn- és P-forrásul szolgálhat, hanem a P-túlsúly, mely gátolhatja a Zn növénybeli transzportját. Következésképpen a PxZn antagonizmus a növényben játszódik le és faj-, illetve fajtaspecifikus (*Kádár* 2005).

A réz és cink felvehető készletét a talaj nedvességtartalma is erősen befolyásolja. A tapasztalatok szerint a talaj magas nedvességtartalma következtében nő a réz és a cink mozgékonysága, így igen jelentősek lehetnek a kimosódási veszteségek (*Szakál* 1990). A fentiek alapján azáltal, hogy az egyes tápanyagokat/tápelemeket a BL-palántázóedények képesek célzottan (precíziósan) a növények gyökeréhez juttatni, valamint azáltal, hogy az edényzetek tápelem- és egyéb adagolandó tartalma a talaj adottságainak és a növényfaj/fajta igényei szerint állítható össze (természetesen szem előtt tartva a keverhetőségi, összeférhetlenségi próbákat) joggal mondhatjuk, hogy a BL-palántázóedények jó eredményekkel kecsegtetnek mind a palánta-alapú zöldségtermesztés, illetve a kertészet egyéb ágazataiban (gyümölcsfák, szőlő, dísnövények konténeres, tápkockás nevelőközegeiként), előrevetítve a felhasználó kultúrák minőségi és mennyiségi paramétereinek javulását.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az ismertetésre kerülő kísérlet során elsődlegesen arra a kérdésre kerestem a választ, alkalmasak-e a kifejlesztett BL-edények mikroelemek (szükségszerűen rendkívül kis koncentrációban jelen lévő hatóanyagok) beépítésével mátrixukba arra, hogy hatásosan kiegészítsék a mikroelem-hiányos talajok felvehető mikroelem-készletét a növények optimális ellátása, a termés mennyiségi és minőségi mutatóinak növelése érdekében, azaz, hogy a BL-edények a mikroelemek tekintetében is rendelkeznek-e azzal az „értéknövelő plusszal”, mint a makroelemek tekintetében.

Ez az ismertetés – amint az a bevezetőben már említésre került – csupán az első felhasználói szintű vizsgálatok eredményeit taglalja, a teljesség igénye nélkül.

A munka során anyagukba különböző koncentrációban beépített, környezetszennyező hulladékokból előállított (*Szakál* 1990) réz- (RTH), illetve cink-tetramin-hidroxid komplexet (CTH) tartalmazó (a komplexek elemi összetételét mutatja az *1. táblázat*) BL-edények esetében vizsgáltuk a mikroelempótlás lehetőségét paprika (*Capsicum annum L.*) teszt-növény termésmennyiségének és bogyóméretének alakulásán keresztül a növény teljes tenyészidőszakában. A beépített komplexek számos növénykultúra (pl. őszi búza, burgonya) esetében igazolták a termények minőségének javulása és a hozamok emelkedése mellett a nyereség növekedését (*Szakál* 1990, *Réder et al.* 2005).

A vizsgálatokhoz a bemutatott komplexek 10%-os oldatából készített hígítási sorozat szolgált alapul, amint az a következőkben ismertetésre kerül.

A kísérletekhez felhasznált BL-edények keményítő-bázisú, tökéletesen lebomló, saját fejlesztésű, kontakt eljárással előállított termékek voltak, melyek jelenleg szabadalmaztatás alatt állnak, így azok részletes ismertetésére jelen tanulmányban nem térek ki.

A vizsgálatba bevont BL-edények alkalmazástechnikai-mechanikai paramétereik tekintetében a minősítések során sikeresen vették fel a versenyt a kiváltani kívánt, hagyományos a palántanevelésben alkalmazott műanyag palántázó edényekkel. Terhelhetőségük (szakítószilárdságuk) 120,4 N (~12,04 kg) volt cm²-ként. (a szórás ± 1,3 N-nak adódott

adott összetétel mellett). Ez az érték – az elvégzett felhasználási próbák alapján – jóval meghaladja a szükséges értéket, a raktározási és szállítási körülmények ismeretében – az anyagösszetétel okán – szándékosan túlméretezett.

I. táblázat A beépített mikroelem-tartalmú komplexek elemi összetétele
(Szakál 1990)

Elem	Réz-tetramin-hidroxid komplex	Cink-tetramin-hidroxid komplex
	mg/kg (ppm)	
Cu	210 000,0	0,7
Zn	0,0	390 000,0
Al	0,0	11,2
Ba	0,0	0,0
Ca	27,0	37,0
Cd	0,4	0,9
Cr	0,0	0,2
Fe	0,6	21,2
K	18,0	18,0
Li	0,0	0,0
Mg	1,4	3,5
Mn	0,0	0,0
Ni	0,2	0,0
Pb	0,0	0,6
Sr	0,2	0,2
Ti	1,5	1,7
Co	0,0	0,0
B	1,0	3,1
Va	0,0	0,0
As	2,0	0,1
Mo	0,9	0,7
Se	17,0	11,0
Ca	0,9	0,6

A felhasznált BL-edények alakjukat, méretüket tekintve megegyeztek a kísérletbe bevont hagyományos műanyag palántázóedények által felmutatott paraméterekkel (60 x 60 x 60 mm). A RTH, illetve a CTH komplexnek a BL-mátrixba való bekeverése semmilyen nehézséget nem okozott, tekintve, hogy a BL-edények előállítására vizet alapon történik, a komplexek pedig kiválóan elegyednek a vízzel. A komplexek mátrixba építésekor tulajdonképpen az edényzet szárazanyagait „homogenizáló” masszába vivő vízbe kevertem bele a komplexek eltérő koncentrációit azonos mennyiségben (azzal csökkentve a mátrix kialakításához szükséges vízmennyiséget), így módon eltérő hatóanyagtartalmú (koncentrációjú) edényzeteket állítottam elő.

A kísérlet során alkalmazott, BL-edényekbe beépített RTH- és CTH-koncentrációk a következők voltak: 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,5%, 1%, 2%, 3%, 5%.

Emellett – kontrollként – a kísérletbe bevontunk még olyan BL-edényzeteket is, melyek nem részesültek mikroelem kiegészítésben, illetve hagyományos műanyag palántázóedényt is, így adva lehetőséget arra, hogy a BL-anyagmátrix saját anyagainak hatását kiszűrjessük.

A komplexek beépítésével kapott edényzetek terhelhetősége a komplexeket nem tartalmazó edények terhelhetőségi átlagértékéhez képest nem mutatott eltérést (minden mérés esetében az eltérés a mérési hibahatáron belülnek adódott), ellenben a komplexekkel kiegészített edények kivétel nélkül kékes-zöldes színeződést kaptak (a színeződés intenzitása összefüggést mutatott a beépített szerkoncentrációval), szemben a komplexet nem tartalmazó halványbarna termékekkel.

A kísérlet alkalmával az edényeket azzal a savanyú, réz és cink tekintetében egyaránt hiányt mutató barna erdőtalajjal töltöttem meg, melybe a palántanevelés időtartamát követően a növények (BL-edényekben neveltek az edénnyel együtt) kiültetésre kerültek. A Sárváron vett talaj Zn-tartalma 2,0 ppm, Cu-tartalma 2,9 ppm volt.

Az edényekben *Szentesi piacos* fajtájú, szabadföldi termesztésre és hajtásra egyaránt ajánlott paprikafajtát vettem 2 cm mélységbe február hónap végén. A felhasznált vetőmag EK szabályoknak és szabványoknak megfelelő standard szaporítóanyag volt.

A kísérletbe vont fajta folytonnövő, nagy bogoyjú (átlagos bogoyúsúlya a magot forgalmazó közlésében 60–70 g). Bogoyja vállas, tompán hegyesedő, csüngő állású, halványzöldből pirosra érő. Az, hogy a termés az érést színváltozással jelezte megkönnyítette a minősítési munka időzítését, mivel így a növény „jelezte”, mikor kell azt elvégezni.

Az edényeket a vetést követően a szabadföldbe való kihelyezés időpontjáig (május közepéig) állandó 22–24 °C-os hőmérsékleti viszonyok között napfénynek mérsékelten kitett helyen, 2 naponta 5 mm-nek megfelelő vízmennyiséggel ellátva gondoztam.

A kiültetés ugyancsak a szaporítóanyagot forgalmazó előírásai szerint történt: a palántákat 60 cm-es sortáv és 30 cm-es tőtáv mellett helyeztem ki szabadföldre. Míg azonban a műanyag edényzetben nevelt palántákat – szükségszerűen, hiszen a gyökerek és a növény fejlődése már nem volt biztosított a műanyag edényzet méretei által behatárolt keretek között – ki kellett emelni a palántanevelő edényzetből és pusztán a nevelő talajával együtt helyezhettem ki (a nevelőtalajt a gyökerek védelme okán nem célszerű eltávolítani), addig a BL-edényekben nevelt növényeket az edénnyel együtt helyeztem a talajba. Ezt követően a növények hat alkalommal végeztem, alkalmanként 30–40 mm-es permetező öntözésben részesültek, amit a rendkívül száraz időjárás indokolt, valamint három alkalommal gyomtalanítottam, illetve lazítottam a talajfelszínt a növények környezetében.

A kísérlet során valamennyi komplexszel kiegészített edényzet, illetve a BL- és a műanyag kontroll edények esetében is 10–10 párhuzamos mintával dolgoztam. A minősítéseket június második felétől (az első termések erre az időszakra értek be) szeptember közepéig, az utolsó értékelhető (beérett) termés leszedéséig végeztem, az össztermés adatok értelemszerűen az időről időre kapott eredmények összegzéseként adódnak a vizsgált paraméterek tekintetében.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A következőkben a beépített komplexek szerinti bontásban ismertetem a kísérlet eredményeit és az azokból levont következtetéseket.

A Réz-tetramin-hidroxid (RTH) komplex beépítésének tapasztalatai

Amint azt a 2. táblázat adatai is mutatják, a RTH komplexszel végzett vizsgálat-sorozat alkalmával a BL-edényekben nevelt és azokkal együtt a földbe helyezett, kiültetett növények a tenyészidő valamennyi szakaszában (hónapjában) – függetlenül attól, hogy az edények tartalmaztak-e tápanyagkiegészítést vagy sem – nagyobb terméstömeget produkáltak a műanyag kontroll-edényekben nevelt növényekhez képest. Ez kétséget kizáróan a BL-edények „jótékony” hatásának volt köszönhető, tekintve, hogy minden más körülmény azonos volt a vizsgálatba vont növények esetében. Ez a kedvező hatás – mivel a tápanyagkiegészítést nem tartalmazó BL-edény esetében is jelentkezett – minden bizonnyal a BL-edények anyagösszetételének és a használat kezdete óta eltelt idő előrehaladtával fokozódó biodegradációs folyamat együttes hatásának köszönhető. (2. táblázat)

2. táblázat A Réz-tetramin-hidroxid komplex különböző koncentrációinak hatása a terméshozam alakulására

	Június*	Július	Augusztus	Szeptember	Σátlag
	átlag g/növény				
Műanyag _k	123,98	310,50	374,70	312,10	1,12
BL _k	124,90	384,84	385,98	387,48	1,28
BL 0,1%	129,58	391,32	453,60	387,96	1,36
BL 0,2%	129,76	458,15	458,43	389,34	1,44
BL 0,3%	130,62	472,01	468,30	461,16	1,53
BL 0,5%	196,59	479,15	478,59	468,23	1,62
BL 1,0%	206,79	559,92	567,20	499,87	1,83
BL 2,0%	209,67	571,52	582,96	501,21	1,87
BL 3,0%	217,23	671,94	674,82	605,04	2,17
BL 5,0%	222,03	677,52	687,51	611,92	2,20

k: kontroll (tápanyagot nem tartalmazó edény)

*: értékelésre csak a hónap második felében került sor, ekkor értek be az első termések.

Valamennyi növény esetében – függetlenül a palántanevelés és talajba helyezés körülményeitől – növekvő termésátlagokat kaptunk az idő előrehaladtával egészen az utolsó vizsgált hónapig. A legnagyobb terméstömeget minden növény esetében augusztus hónap során mértük. Ez – részben – a növényi produktivitás fokozódásával, részben pedig a biodegradációs folyamat előrehaladásának nyomán egyre inkább a beépített tápanyag-készlet egyre nagyobb arányú felszabadulásával, érvényre jutásával, azaz felvételével magyarázható. A szeptember hónap folyamán tapasztalt terméscsökkenés vélhetően

a növény „fáradásának”, a növények számára egyre kedvezőtlenebbé váló környezeti tényezőknek, valamint a beépített, a talaj mikroelem-hiányát kompenzálni hivatott még felvehető tápanyag fogyásának tudható be (a felsorolt tényezők dominanciaviszonyai még tisztázásra szorulnak).

Az, hogy a BL-edények még az amúgy csökkenő terméshozamokat felmutató szeptember hónap során is a műanyag kontrollhoz viszonyítva lényegesen jobb eredményeket értek el, illetve az a tény, hogy a BL-kontroll edények átlagos terméseredménye ha kevéssel is, de növekedést mutatott, arra enged következtetni, hogy a BL-edényekben nevelt növényeket a biodegradáció, az annak kapcsán kialakuló kedvező talajszerkezet, a tulajdonképpeni célzott trágyázás, a talajfauna kedvező eltolódása segíti.

Amint azt a 2. táblázat adatai is alátámasztják, a terméshozam a beépített tápanyagtartalom növekedésével növekedett, a legjobb eredményt valamennyi havi összesítés és így az összes terméshozam ($\Sigma_{\text{átlag}}$) esetében is az 5%-os koncentrációjú RTH-t tartalmazó edények esetében értük el. Figyelemreméltó azonban, hogy a 3%-os koncentrációjú komplexszel kiegészített edényekben nevelt növények terméseredményei alig maradtak alatta a havi összesítések során az 5%-os tápanyagoldattal kiegészített edényekben nevelt növények terméseredményénél, valamint, hogy az említett két koncentráció esetében kapott összesített termésátlag gyakorlatilag azonos. Ez a tény a gazdaságosság oldaláról a 3%-os koncentrációjú komplexszel kiegészített BL-edények alkalmazását támogatja, mivel a nagyobb koncentráció esetében felhasználásra kerülő nagyobb (drágább) szeradaggal gyakorlatilag ugyanazt az eredményt érjük el.

A BL-edények alkalmazhatóságának vizsgálata kapcsán magáért beszél az a tény, hogy a RTH komplex 3-, illetve 5%-os koncentrációjú oldataival kiegészített BL-edényekben nevelt és kiültetett növények terméshozama megközelítőleg 100%-os növekedést mutatott a műanyag kontrollban neveltek eredményéhez képest, ugyanakkor a szerkiegészítés hatékonyságát bizonyítja az is, hogy ez a termésmégegyszerűsítés a BL-kontrollal szemben is megmutatkozott (igaz, kisebb mértékben). Mindez már önmagában alátámasztja a RTH komplexszel kiegészített BL-edények alkalmazhatóságát a rézpótlás területén.

A termés felhasználási módjának oldaláról (befőzésre, közvetlen fogyasztásra szánják-e stb.) nem közömbös, hogyan alakul a termés minősége, azaz a kapott termésátlagok hány darab és milyen méretű termésből tevődnek össze. Ezen megfontolásból minősítettem a kísérleti növények termésének nagyságát is a bogyótömeg mérésével, a kapott eredményeket a 3. táblázat foglalja össze.

Amint azt a táblázat adatai mutatják, az átlagos bogyóméret alakulása hasonló tendenciát követett, mint a termésmégegyszerűsítés változása.

A műanyag kontroll edényben nevelt növények átlagos bogyóméretét minden esetben felülmúlta a BL-edényekben nevelkedett és azokkal együtt kiültetett növények átlagos bogyómérete. Mivel (ez esetben is) jobb eredményt értünk el a BL-kontroll edényekkel, mint a hagyományosan alkalmazott műanyag eszközökkel, ezért joggal mondhatjuk, hogy ez a kedvező hatás a BL-edényeket felépítő természetes anyagok alkotta mátrixnak köszönhető.

3. táblázat Az átlagos bogyóméret alakulása
a Réz-tetramin-hidroxidos kísérletsorozatban (g/db)

	Június*	Július	Augusztus	Szeptember	Éves átlag
	átlag g/db				g/db
Műanyag _k	61,94	62,10	62,45	62,42	62,23
BL _k	62,45	64,14	64,33	64,58	63,88
BL 0,1%	64,79	65,22	64,80	64,66	64,87
BL 0,2%	64,88	65,45	65,49	64,89	65,18
BL 0,3%	65,31	67,43	66,90	65,88	66,38
BL 0,5%	65,53	68,45	68,37	66,89	67,31
BL 1,0%	68,93	69,99	70,90	71,41	70,31
BL 2,0%	69,89	71,44	72,87	73,03	71,81
BL 3,0%	72,41	74,66	74,98	75,63	74,42
BL 5,0%	74,01	75,28	76,39	76,49	75,54

k: kontroll (tápanyagot nem tartalmazó edény)

*: értékelésre csak a hónap 2. felében került sor, ekkor értek be az első termések

A bogyóméret a beépített tápanyagtartalom emelkedésével növekedést mutat, azaz a BL-edénnyel célzottan a növények gyökeréhez juttatott réz ez esetben is elérte célját (akárcsak a terméshozamok tekintetében), a növények éltek a felkínált könnyen vehető tápanyag-kiegészítéssel.

A 0,1%–0,5% koncentrációtartományban a legnagyobb bogyóméreteket augusztus folyamán, az e tartomány feletti koncentrációk esetében azonban később, csak szeptember hónap folyamán tapasztaltuk. Az, hogy a magasabb koncentrációk esetében kivétel nélkül később jelentkezett a bogyóméret „maximalizálódása” egyértelműen azt jelzi, hogy ez a tendencia összefügg a BL-edényekbe beépített hatóanyag koncentrációval. Az alacsonyabb koncentrációk esetében tapasztalt korábbi tömegmaximalizálódás oka vélhetően a kisebb tápanyag-koncentráció korábbi kimerülése.

A bogyóméret tekintetében is a az 5%-os koncentrációjú komplexszel kiegészített BL-edények esetében kaptuk a legjobb eredményt, azonban most is, akárcsak a terméshozam esetében, alig maradtak el a 3%-os koncentrációjú oldattal kiegészített edények eredményei a legjobbtól, igaz, ez esetben „nagyobb” különbségek adódtak (a gazdaságosság oldaláról ismételtén a 3%-os koncentrációjú komplexszel kiegészített edényzetek felhasználhatósága tűnik ésszerűnek).

A Cink-tetramin-hidroxid (CTH) komplex beépítésének tapasztalatai

A 4. táblázat a Cink-tetramin-hidroxid komplexszel kiegészített BL-edényekkel végzett kísérlet eredményét foglalja össze a terméshozam tekintetében.

Amint az látható, a CTH-komplex esetében – akárcsak a RTH-komplexnél – a BL-edényekbe vetett növények (függetlenül attól, beépítésre került-e a mátrixukba a mikroelemtartalmú vegyület, vagy sem) kivétel nélkül nagyobb terméshozamot produkáltak a tenyészidő teljes időszakában. Ez a réz-komplex kapcsán már ismertetett tényezőkkel magyarázható.

4. táblázat A Cink-tetramin-hidroxid komplex különböző dózisainak hatása a terméshozamra

	Június*	Július	Augusztus	Szeptember	Σ _{átlag} (átlag kg/növény)
	átlag g/növény				
Műanyag _k	123,88	310,50	374,7	312,1	1,12
BL _k	124,90	384,84	385,98	387,48	1,28
BL 0,1%	128,76	455,98	455,07	453,04	1,49
BL 0,2%	128,90	461,02	464,73	461,09	1,52
BL 0,3%	194,91	533,52	547,28	475,65	1,75
BL 0,5%	196,14	547,92	624,69	625,05	1,99
BL 1,0%	206,73	630,63	648,09	641,70	2,13
BL 2,0%	209,76	643,05	732,10	658,80	2,24
BL 3,0%	217,32	745,10	747,20	681,12	2,39
BL 5,0%	219,15	739,80	749,00	674,01	2,38

k: kontroll (tápanyagot nem tartalmazó edény)

*: értékelésre csak a hónap 2. felében került sor, ekkor értek be az első termések

Szembetűnő, hogy a CTH-dal végzett vizsgálatok során kapott eredmények rendre felülműlják a RTH-dal kapott értékeket. A CTH-komplex esetében azonban az idő előrehaladtával nem rajzolódott ki olyan egyértelmű tendencia a terméshozamok kapcsán, hiszen két koncentrációnál is (0,2% és 0,5%) nem augusztus hónap folyamán (mint a többi koncentráció esetében), hanem szeptemberben kaptuk a legmagasabb hozamértéket.

A terméshozam most is emelkedett a koncentráció növekedésével egészen az 5%-os koncentrációig, mely jelen esetben július és szeptember hónapban valamint az összes átlagos termés tekintetében (igaz csak nagyon kis különbséggel) alatta maradt a 3%-os koncentrációs tápanyagot tartalmazó edényekkel elért terméshozamokkal szemben.

A táblázat adatai alapján a CTH komplexes kiegészítéssel a terméshozam jelentősen növelhető. Akárcsak a RTH-os vizsgálat kapcsán, a műanyag kontroll edényben nevelt növények terméshozamához képest a legmagasabb terméshozamot produkáló (az anyagába 3%-os CTH komplexszel kiegészített edényben nevelt) növények terméshozama több, mint kétszeresére nőtt. Ez alátámasztja a CTH komplexszel kiegészített BL-edények alkalmazásának hasznosságát, azok alkalmazhatóságát a paprikatermesztésben. A bogyó méret tekintetében a CTH komplexekkel végzett vizsgálatok kapcsán kapott eredményeket az 5. táblázat taglalja.

Akárcsak a RTH-dal végzett vizsgálatok esetében, a tápanyagot/elemelet nagyobb koncentrációban tartalmazó edények – a fokozódó biodegradáció mellett – most is hosszabb távon éreztették nagyobb termésfokozó (minőségjavító) hatásukat.

Az átlagos bogyó méret tekintetében kapott eredmények a RTH-dal végzett vizsgálatok eredményeihez közelítettek, illetve valamelyest az alatt maradnak.

A műanyag kontrollban nevelt növények által produkált bogyók méretéhez képest a BL-edényekben nevelt növények bogyóinak átlagos tömege most is minden esetben magasabb volt. A beépített CTH-ot tartalmazó edényzetekben nevelt növények bogyói – kivéve az 5%-os koncentráció júliusi és szeptemberi eredményeit – a szerkoncentráció emelkedésével jelen kísérletben is nagyobb mérettel rendelkeztek.

5. táblázat Az átlagos bogyóméret alakulása
a Cink-tetramin-hidroxidos kísérletsorozatban (átlag g/db)

	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Éves átlag
	átlag g/db				(g/db)
Műanyag _k	61,94	62,10	62,45	62,42	62,23
BL _k	62,45	64,14	64,33	64,58	63,88
BL 0,1%	64,38	65,14	65,01	64,72	64,81
BL 0,2%	64,45	65,86	66,39	65,87	65,64
BL 0,3%	64,97	66,69	68,41	67,95	67,01
BL 0,5%	65,38	68,49	69,41	69,45	67,93
BL 1,0%	68,91	70,07	72,01	71,30	70,57
BL 2,0%	69,92	71,45	73,21	73,20	71,95
BL 3,0%	72,44	74,51	74,72	75,68	74,34
BL 5,0%	73,05	73,98	74,90	74,89	74,21

k: kontroll (tápanyagot nem tartalmazó edény)

Az idő előrehaladtával, a biológiai lebomlás fokozódásával a termés méret növekedése figyelhető meg, mely azonban ez esetben – eltekintve néhány, köztük a „legeredményesebb” koncentrációtól – csökkenést mutat az utolsó hónapban.

A kapott eredményeket összegezve elmondható, hogy a tápanyaggal nem kiegészített BL-edényzetek mindenkor hozzájárultak a növényi termésprodukciónak méretének növekedéséhez, hatásukat – az eredmények alapján – a mátrixukba beépített CTH tovább növeli, ez a kedvező hatás a beépített szerkoncentráció növekedésével tovább növelhető.

IRODALOM

- Barna Sz. – Szabó Z. – Füleky Gy. – Dobolyi Cs. (2005): Nehézfémekkel (Cd, Cu és Pb) szennyezett talajok ökotoxikológiai értékelése. *Acta Agronomica Óváriensis* **47**, (1) 141–152.
- Bergmann, W. (1979): Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Fekete A. – Patás I. (1988): Mikroelemtrágyázás a hazai talajok esszenciális elemtartalmának függvényében. *Hungarochem, Keszthely*. 37–49.
- Fischer I. (1985): A paprika sőtűrése és exocarpium-vastagsága. *Kertgazdaság* **17**, (1) 57–61.
- Füleky Gy. (szerk.) (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Judel, G. K. (1962): Einfluss von kupfer und Stickstoffmangel auf die aktivität der phenoloxidase und den gehalt on phenolen in den blättern der Sonnenblume. *U. Pflanzenähr. u. Bodenkunde*. 131: 159–170.
- Katalimov, M. V. (1969): Mikronährstoffe – mikronährstoffdüngung. VEB Deustcher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Kádár I. – Shalaby, M. H. (1984): A nitrogén és a réztrágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon. *Agrokémia és talajtan* **33**, 268–274.
- Kádár I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest.

- Kádár I.* (1995): Magyarország Zn és Cu ellátottságának jellemzése talaj és növényvizsgálatok alapján. *Acta Agronomica Óváriensis* **47**, (1) 11–25.
- Loch J.* – *Nosticzius Á.* (2003): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Muraközy T.* – *Okányi I.* – *Tímár Zs.* (szerk.) (1963): Kertészeti Lexikon. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Nason, A.* (1958): The function of metals in enzyme systems. *Soil, Sci. Soc. Am. J.* **1**, 67–77.
- Papp J.* – *Tamási J.* (1979): Gyümölcsök talajművelése és tápanyagellátása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Pethő M.* (1993): Mezőgazdasági növények élettana. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Rucskó J.* – *Szabó Z.* – *Nagy P. T.* – *Budai L.* – *Szabó T.* – *Nyéki J.* (2005): Almafajták gyümölcsseinek cink-tartalma. *Acta Agronomica Óváriensis* **47**, (1) 133–179.
- Réder O.* – *Csatai R.* – *Szakál P.* (2005): Az őszi búza réz-tetramin-hidroxid komplexes kezelésének gazdasági vizsgálata. *Acta Agronomica Óváriensis* **47**, (1) 173–179.
- Régiusné Möcsényi Á.* (1976): Az ásványanyagok jelentősége az ipari jellegű állati termelésben. *Állattenyésztés* **25**, (6) 497–503.
- Salgó L.* – *Gyurkovits K.* – *Vranek I.* (1979): A réz biológiai szerepe. *Orvosi képzés* (54). p. 151–160.
- Sas B.* (1978): A cink intermedier anyagcsereje, szabályozása és hiányának következményei háziállatokban. *Magyar Állatorvosok lapja*.
- Shkolnyik, Ny. A.* (1984): Trace elements in plants. Elsevier, Amsterdam.
- Sillampää, M.* (1982): Mikronutrients and the nutrient status of soils. A global study. *FAO Soils Bulletin*, Róma, 48.
- Szakál P.* (1987): Kísérletek réztartalmú hulladékok mezőgazdasági célú felhasználására. VII. Gépipari Környezetvédelmi Napok, Győr. 404–414.
- Szakál, P.* – *Schmidt, R.* – *Barkóczy, M.* (1988): Experiments for the agricultural utilization of copper containing wastes. *World Conference on hazardous waste*. Elsevier, Science Publishers, Amsterdam. 1361–1365.
- Szakál P.* (1990): Környezetre ártalmatlan réz- és cinktartalmú hulladékokból előállított réz- és cinkkomplexelek mezőgazdasági hasznosítása. Kandidátusi Értekezés. Pannon Agrártudományi Egyetem, Mosonmagyaróvár.
- Szakál P.* – *Schmidt R.* – *Reisinger P.* – *Hámori K.* (1998): meszezési és mikroelemtrágyázási kísérletek savanyú talajokon. Talajsavanyodási helyzetkép és megoldások. Pannon Agrártudományi Egyetem, Mosonmagyaróvár. 103–125.
- Szalai I.* (1994): A növények élete. JATEPress, Szeged.
- Szűcs M.* – *Szűcs L.* (2005): Easily soluble copper and zinc content of soil profile samples from the Danube valley in Hungary. *Acta Agronomica Óváriensis* **47**, (1) 115–124.
- Takács S.* (1984): Mikroelemek a környezetben és koncentrációjuk az emberi szervezetben. Akadémiai Doktori Értekezés.
- Terbe I.* (2002): Élettani eredetű fejlődési rendellenességek okai. In *Budai Cs.* (szerk.): Növényvédelem a zöldségtermesztésben. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Terbe I.* (2004): A zöldségtermesztés ökológiai igénye. In *Hodossi S.* – *Kovács A.* – *Terbe I.* (szerk.): zöldségtermesztés szabadföldön. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Tisdale, S. L.* – *Nelson, W. L.* (1966): A talaj termékenysége és a trágyázás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

A szerző levélcíme – Address of the author:

BAKOS Piroska
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Kémia Tanszék
H-9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony u. 15–17.