DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

FORRÓ-RÓZSA ESZTER

MOSONMAGYARÓVÁR
2018

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
MOSONMAGYARÓVÁR
VÍZ-ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI TANSZÉK
Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola

Doktori Iskola vezető:
Prof. Dr. Ördög Vince DSc

Haberlandt Gottlieb Növénytudományi
Doktori Program

Programvezető:
Prof. Dr. Ördög Vince DSc

Témavezetők:
Prof. Dr. habil Szakál Pál CSc
Egyetemi tanár, a mezőgazdasági tudomány kandidátusa
Dr. Pecze Zsuzsanna
IKR Agrár Kft., Technológiai-fejlesztési Ágazatvezető

Precíziós talaj- és növény-vizsgálatokon alapuló réz, cink lombtrágyázási rendszer kifejlesztése őszi búzában (*Triticum aestivum* L.)

Készítette:
Forró-Rózsa Eszter

Mosonmagyaróvár
2018

Precíziós talaj- és növény-vizsgálatokon alapuló réz, cink lombtrágyázási rendszer kifejlesztése őszi búzában (*Triticum aestivum* L.)

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

*a Széchenyi István Egyetem Wittmann Antal Növény-, Állat-és Élelmiszer-tudományi Doktori Iskolája

Haberlandt Gottlieb Növénytudományi programja

Írta:
Forró-Rózsa Eszter

Témavezető: **Prof. Dr. habil Szakál Pál**
Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

Dr. Pecze Zsuzsanna
Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton …..... % -ot ért el,

Mosonmagyaróvár,

a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr. …..... ….....) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr. …..... ….....) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr. …..... ….....) igen /nem

(aláírás)

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

Mosonmagyaróvár,

……..

a Bírálóbizottság elnöke

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

……..

Az EDT elnöke

Tartalomjegyzék

KIVONAT **7**

ABSTRACT **9**

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK **11**

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS **14**

2.1. A precíziós gazdálkodás **19**

2.1.1. A precíziós gazdálkodás fogalma és elemei **19**

2.1.2. Adatgyűjtési és feldolgozási módszerek **22**

2.1.3. A precíziós gazdálkodás jövedelmezősége **31**

2.2. Az IKR Agrár Kft precíziós gazdálkodási rendszere **32**

2.3. Ásványi elemek jelentősége **34**

2.3.1. Esszenciális mikroelemek **35**

2.3.2. A réz **35**

Tulajdonságai **35**

Előfordulása **36**

Felvehetősége **41**

Élettani szerepe **45**

Hiánya és toxikus tünetei **51**

2.3.3. A cink **58**

Tulajdonságai **58**

Előfordulása **59**

Felvehetősége **60**

Élettani szerepe **62**

Hiánya és toxikus tünetei **64**

2.4. Növényi tápanyag felvétel **67**

3. ANYAG ÉS MÓDSZER **71**

3.1. Kísérleti területek kiválasztása **71**

3.2. Kísérleti parcellák meghatározása, kijuttatás megtervezése **78**

3.3. A kísérletek során felhasznált anyagok **83**

3.3.1. Réz-szacharóz komplex **83**

3.3.2. Bázisos cink karbonát **84**

3.4. A kijuttató rendszer bemutatása **84**

3.5. Vizsgált paraméterek, vizsgálati módszerek **86**

3.5.1. Betakarítás, hozammérés **86**

3.5.2. Minőségi paraméterek vizsgálatai **88**

3.5.3. Az adatfeldolgozáshoz és kiértékeléshez használt rendszer **89**

3.5.4. A vizsgálat során nyert adatok statisztikai kiértékeléséhez használt módszerek **90**

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS **92**

4.1. A kezelések hatása 2011. évben **92**

4.1.2. A kezelések hatása a nyersfehérje-tartalomra **97**

4.1.3. A kezelések hatása a sikértartalomra **100**

4.1.4. A kezelések hatása a Zeleny-számra **102**

4.2. A kezelések hatása a 2012. évben **105**

4.2.1. A kezelések hatása a hozamra 106

4.2.2. A kezelések hatása a nyersfehérje-tartalomra 109

4.2.3. A kezelések hatása a sikértartalomra 112

4.2.4. A kezelések hatása a Zeleny-számra 115

4.3. A kezelések hatása a 2013. évben 117

4.3.1. A kezelések hatása a hozamra 118

4.3.2. A kezelések hatása a nyersfehérje-tartalomra 121

4.3.3. A kezelések hatása a sikértartalomra 124

4.3.4. A kezelések hatása a Zeleny-számra 127

4.4. A kezelések hatása a három év átlagában 129

4.4.1. A réz-kezelések hatása a három év átlagában 133

JAVASLATOK 141

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK 142

ÖSSZEFOGLALÁS 143

PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK 145

IRODALOMJEGYZÉK 148

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 167

Precíziós talaj- és növény-vizsgálatokon alapuló réz, cink lombtrágyázási rendszer kifejlesztése őszi búzában (*Triticum aestivum* L.)

KIVONAT

A disszertáció a fenntartható mezőgazdasági termelés egyik legfontosabb témaköréről, a minőségi élelmiszer előállításról szól. Minőségi élelmiszert csak a megfelelő tápanyag utánpótlás mellett lehet előállítani, melyhez nélkülözhetetlenek az esszenciális mikroelemek kultúrnövényeink számára. Az őszi búza számára ezek közül talán a két legfontosabb a réz és a cink, figyelembe véve hazánk talajainak tápanyag-ellátottságát.

A dolgozatban egy három éves (2011-2013), nagyparcellás (0,5 ha) őszi búzában (*Triticum aestivum* L.) végzett réz és cink visszapótlási kísérlet kerül bemutatásra, melyek elvégzésére a Tolna megyei Regölyben, került sor. A lombkezelések az ökológiai gazdálkodásban is engedélyezett szerekkel (réz-szacharóz komplex, bázisos cink-karbonát) két időpontban, szárba szökkenéskor és virágzáskor történtek a sávos elrendezésű parcellákon, a precíziós gazdálkodás gyakorlatának megfelelően.

Az értekezésben megjelenik, hogy a minőségi étkezési őszi búza előállításához milyen dózisban, milyen precíziós technológiával kell kijuttatni a szükséges esszenciális mikroelemeket, ahhoz, hogy a hozam, és a minőségi elvárásoknak megfeleljen a termesztett növény, a környezetvédelmi előírások messzemenő betartása mellett.

A disszertációban bemutatott vizsgálatok során bizonyítást nyert, hogy a réz és a cink mikroelem tekintetében is már 0,5 kg/ha dózisú lombtrágya kijuttatásával, mind a minőségi mind a mennyiségi

paraméterekben jelentős növekedést lehet elérni. Megállapítást nyert, hogy a hozam nagyságát a cinkes kezelések jelentősebben növelték. A maximális hozamot 1,59 kg/ha dózisú cink kezelés biztosította.

Az egyes minőségi paraméterek a réz kezelés hatására jobban növekedtek. A maximális sikértartalmat 1,38 kg/ha Cu^{2+} kezelés, a legmagasabb nyersfehérje tartalmat 2,0 kg/ha Cu^{2+} kezelés eredményezte. A Zeleny-szám vizsgálatánál 1,52 kg/ha dózisú réz kezelés mutatta a legmagasabb értékeket. Megállapítható, hogy mindkét anyag hatása az 1,4-1,6 kg/ha-os dózis mellett a legnagyobb.

A kapott eredményekkel, az IKR Agrár Kft. saját internet alapú adatbázisát bővítették, mellyel a szaktanácsadási és menedzsment rendszert fejlesztették. Így a kísérlet során elért eredményeket a gyakorlatban is tudják a gazdálkodók alkalmazni.

Developing a copper and zinc foliar fertilizing system on winter wheat based on precesion soil and plant examinations (*Triticum aestivum* l.)

ABSTRACT

The dissertation is about one of the most important topics of sustainable agricultural production - quality food production. Quality food can be produced only with the right nutrition supplement. Essential micro-nutrients are essential for our crops to produce quality food. The two most important essential microelements of the winter wheat (*Triticum aestivum* L.) are copper and zinc.

The effects of copper and zinc compounds were examined on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in calcareous chernozem soil in the years of 2011, 2012, and 2013 in Rego in Tolna County. In the course of our experiments copper-saccharose complex and foliar fertilizer containing basic zinc-carbonate microelements were applied during the vegetation period in two phenological phases at the time of shooting and flowering. All the materials were recycled substances, produced from industrial waste, and approved to be used in ecological farming.

Our results demonstrated that both the copper and the zinc in respect of only 0.5 kg/ha dose reason the qualitative and quantitative parameters can be achieved significant growth, sustainability, quality food production and compliance with environmental requirements. It was found that the amount of yield was significantly increased by zinc treatments.

It was also estimated that the applications of Zn increased yields more substantially, while other quality parameters showed improvement

due to some Cu treatments. The maximum yield was assured by zinc treatment of 1.59 kg/ha. The maximum increase of gluten content was achieved by applying copper-saccharose at the doses of 1.38 kg/ha. The maximum increase of raw protein content was achieved by applying copper-saccharose at the doses of 2.0 kg/ha. It can be stated that the effects of both substances are the most significant at the amount of 1.4-1.6 kg/ha.

With the results obtained, IKR Agrár Ltd. has expanded its own internet database, which has been developed by the consultancy and management system.

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A minőségi és mennyiségi termelés a jelen körülmények között egyre nehezebben megvalósítható anélkül, hogy a természetben ne tennénk egyre jelentősebb károkat. Nem csak a népesség növekedése, hanem a mezőgazdasági művelésbe vont területek rohamszerű növekedése (pl.: a biodisel előállítása érdekében), valamint a mesterséges, de olcsó termékek térhódítása is jelentősen megnehezíti a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer előállítását, forgalmazását. A probléma egyre inkább globális méretű. A vizsgálatainkkal e probléma egy részére igyekeztünk, megoldást találni. Kísérleteinkben többek között arra kerestük a választ, hogy ezekre a problémákra lehet-e megoldás a precíziós gazdálkodás.

A precíziós gazdálkodással 2008-ban ismerkedtem meg, amikor az akkori IKR Zrt. Technológia- Fejlesztési Ágazatánál kezdtem dolgozni. Az ágazat egyik fő tevékenysége a precíziós gazdálkodásnak, valamint a hozzá tartozó újdonságoknak adaptálása, fejlesztése a hazai gazdasági, gazdálkodási viszonyokhoz. Munkám során ismertem meg a Tolna megyében gazdálkodó Pájer Gyulát, gazdaságát és vele együtt gazdálkodó családját, ahol a szakmaiságot szem előtt tartva, az újdonságokra nyitottan végzik a termelés minden egyes lépését. A gazdaságban az évek során az alapoktól kezdve bevezették a precíziós gazdálkodáshoz szükséges valamennyi technikai eszközt és megfelelő szoftveres hátteret építettek ki. A területeik kimondottan cinkhiányosak, gyakran a 0,2 mg/kg alatti tartalommal. Ilyen alacsony tartalom kiváló lehetőséget biztosít arra, hogy a cinkpótlás hatására megvizsgáljuk annak kedvező hatását a különböző növénykultúrák esetében a hozamra és a

minőségre. A cink hiány problémáját fokozza az is, hogy a talajaik rézből is hiányosak. A tápanyag-felvétel gátlásában nagy szerepet játszik, hogy a terület talajai meszesek, mészből jól ellátottak, valamit magas foszfortartalommal rendelkeznek. Törekvésük,- hogy egyre jobb és kedvezőbb körülmények között gazdálkodjanak- tette lehetővé, hogy náluk végezzük vizsgálatainkat.

Kísérleteinkben az egyik alapvető élelmiszer alapanyaggal, az őszi búzával (*Triticum aestivum* L.*)* dolgoztunk, mely a világ és Magyarország élelmiszer termelésében az egyik első helyet elfoglaló kultúrnövény. Réz és cink mikroelem tartalmú, az ökológiai gazdálkodásban is engedélyezett lombtrágyákkal dogoztunk. Munkánk során az alábbi célokat tűztük ki:

- Az országos átlagnak megfelelő mennyiségű, az élelmiszeripar számára alkalmas minőségű, optimális beltartalommal rendelkező termés elérése, figyelembe véve a fenntartható gazdálkodás feltételeit.
- Különböző réz és cink dózisokkal való kezelés hatásának kimutatása a hozamra (fajlagos hozam, t/ha), a sikértartalomra (%), a Zeleny-számra (ml) és a nyersfehérje tartalomra (m%).
- Bebizonyítani, hogy cink lombtrágya használatával jelentősen növelhető az őszi búza hozama.
- Réz lombtrágya használatával az őszi búza minőségi paramétereinek növelése, valamint meghatározni, hogy ezt pontosan milyen mennyiségű lombtrágya használatával érjük el.
- A kemikáliák kijuttatásának térbeli és dózisbeli pontossága talaj- és növény analízissel való ellenőrzése, illetve a cm-es helymeghatározási pontosság erre gyakorolt hatásának vizsgálata.

- Az esszenciális mikroelemek visszapótlására, a gazdálkodók számára a gyakorlatban is alkalmazható módszer kidolgozása.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A mezőgazdasági termelés világszerte egyre nehezebb körülmények között zajlik, hiszen 1950 óta szinte robbanásszerűen 3 milliárdról 7 milliárdra nőtt a Föld népességének száma. Az ENSZ prognózisa szerint ez a következő 40 évben kissé lelassul, de 2050-re ez a szám így is elérheti a 9,3 milliárd főt (Korfa népesedési Hírlevél KSH). A fejlődő országoknak megnőtt az igénye az élelmiszerek, a víz valamint az energia iránt. Azonban e fokozott igény kielégítésére szolgáló mezőgazdasági termeléshez szükséges területek nagysága folyamatosan csökken. Ennek számos oka van, de egyik legjelentősebb a városok, az infrastruktúra és az ipari termelés fejlődése.

Már az 1972-es években Meadows és munkatársai (Meadows et al.,1972) az elsők között vetették fel azt a kérdést, hogy a termelés ugrásszerű növekedése nem haladja-e meg a rendelkezésre álló erőforrásokat, illetve azok regenerálódó képességét. Az mára már tudományosan is bizonyított tény, hogy az iparszerű mezőgazdasággal, az ipari termeléssel, energiatermeléssel, hulladék és szennyvíztermeléssel a végsőkig szennyezzük környezetünket (Marselek, 2006). A folyamatos, egyre gyorsuló felmelegedés, klímaváltozás, ezen belül is a helyi klimatikus viszonyok megváltozása azonban már érzékelhető. Akár csak az elmúlt években nézzük számos szélsőséges időjárási tényezővel találkoztak a magyar gazdálkodók (jég, aszály, árvíz, stb.) is. A folyamatosan növekvő élelmiszer-igény kielégítése – az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) 2010-es adatai alapján ma több mint 1 milliárd ember éhezik világszerte (hvg.hu) - és a biodiverzitás (biológiai sokféleség) megőrzése, valamint az élhető

környezet biztosítása jelenti az egyik legnagyobb kihívást a mezőgazdasági termelésre.

A folyamatosan növekvő mennyiségi igénnyel párhuzamosan, a társadalom egyre jobban odafigyel arra is, hogy milyen minőségű, eredetű élelmiszereket fogyaszt, valamint egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a biodiverzitás fenntartására is. Számos kutatás témája az, hogy miként egyeztethetők össze a globális környezetvédelmi és az élelmezési kihívások, hiszen a mezőgazdasági és technológiai kutatások, újdonságok előrehaladása nem jelentheti a biodiverzitás tönkretételét. Szem előtt kell tartanunk az emberre, az élővilágra gyakorolt még mind a mai napig teljes mértékben fel nem mérhető negatív hatások megelőzését, csökkentését. Ennek érdekében fogalmazódott meg a fenntarthatóság igénye.

A **fenntarthatóság** a mai igények kielégítését jelenti anélkül, hogy a jövő generációit akadályoznánk a saját szükségleteik kielégítésében. Ha a természetes erőforrásokat, például a termőtalajt, tápanyagokat és ivóvizet gyorsabban használjuk fel, mint ahogy újratermelődnek, akkor a mezőgazdasági rendszerünk fenntarthatatlan. A fenntarthatóság a biodiverzitás megtartásától is nagyban függ (www.green4v4.eu/hu). Az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága – ismertebb nevén Brundtland Bizottság – nevéhez fűződő „Közös Jövőnk” című jelentése szerint „a fenntartható agrárfejlődés megőrzi a talaj, az élővizek, a növény- és állatvilág genetikai erőforrásait, megakadályozza az emberi környezet lerombolását, és technológiai szempontból megfelelő, gazdaságilag hatékony, társadalmi szempontból pedig elfogadható fejlődést eredményez” (ENSZ, 1987). A mezőgazdaság fenntartható fejlődése olyan tudatos gazdasági fejlesztés,

amely harmonizál a természeti erőforrások regenerálódásával és számol a terhelt (trágyával, kémiai anyagokkal stb.) környezet asszimilációs készségével (Barótfi, 2000; Ángyán, 2001; Láng, 2003; Csete, 2005; Szűcs és Rausz, 2007).

A fenntartható fejlődés alapvető feltételei a következőkben foglalhatók össze (Késmárky-Gally, 2006):

- „a környezetterhelés minimalizálása;
- a termelés energiafelhasználásának minimalizálása;
- a termékbe fektetett emberi munka és energia hatékonyságának maximalizálása."

A fokozódó környezetvédelmi előírásokat a Közös Agrárpolitika (KAP) tartalmazza, melynek 3 kiemelt cselekvési területe jelenleg a következő (European Commission, 2012):

- „biodiverziás és a természetes gazdálkodási, erdőgazdálkodási rendszerek megőrzése és fejlesztése,
- vízgazdálkodás és vízhasználat,
- éghajlatváltozás."

Az 1960-as években a KAP még a növekvő termelékenységre koncentrált, amelynek következménye az 1980-as évek végi túltermelés lett. A fokozott környezetvédelmi, élelmiszerminőségi és élelmiszerbiztonsági feltételeknek való megfelelés miatt ma már nem csak külföldön, de hazánk mezőgazdaságában is egyre nagyobb szerepet kapnak a fenntartható, környezetkímélő megoldások. Magyarország egyik legfontosabb megújítható természeti erőforrása a talaj (Várallyay, 1998).

Az 1992-es reform során megszületett a feleslegek csökkentésének koncepciója és megjelentek az agrár-környezetvédelemhez kapcsolódó elemek. Az Agenda 2000-ben pedig már megfogalmazták egy

fenntartható agármodell stratégiáját is (Törőné, 2012). A Közös Agrárpolitika (KAP) előírja, hogy a környezeti szempontból fenntartható mezőgazdasági gyakorlati alkalmazást elő kell mozdítani. Célja, hogy elősegítse a mezőgazdasági termelők részéről a környezetvédelemre, a közegészségügyre, az állat- és növényegészségügyre, az állatjólétre és a munkahelyi biztonságra vonatkozó követelményeket támasztó előírások betartását, és azok gyorsabb végrehajtását (European Commission, 2012). Erre jó példa, hogy az egyre szigorodó környezetvédelmi előírásoknak megfelelően valamennyi uniós tagállamban a nitrát-érzékeny területeken (négyévente vizsgálják felül) az Európai Unió nitrát irányelve alapján meghatározzák a maximálisan kijuttatható nitrogén hatóanyag mennyiségeket (Economic Instruments, 2008, Vidékfejlesztési Minisztérium, 2013).

Az **élelmezésügyi kihívások** kiemelt faktora, az élelmiszerek eredete és minősége. Egyre több hír terjed arról, hogy a mindennap fogyasztott élelmiszereinkben (pl.: paprika, gyermekételek, búza stb.) milyen káros, esetleg rákkeltő anyagok találhatóak. Az Országos Fogyasztóvédelmi Egyesület az alábbi definícióval fogalmazza meg az élelmiszerek elvárt minőségét: „Az élelmiszer azon tulajdonságainak összessége, amelyek alkalmassá teszik az élelmiszert a rá vonatkozó előírásokban rögzített, valamint a fogyasztók által elvárt igények kielégítésére.” Azonban ennél összetettebb dologról van szó. Az élelmiszer minőségének fogalmába beletartozik az élelmiszer egészségügyi biztonság is, melynek az a tulajdonsága, hogy fogyasztójának életét, vagy egészségét semmilyen módon nem veszélyezteti, vagy neki semmilyen egyéb módon károsodást nem okoz.

A veszélyeztető tényezők a következőek lehetnek:

- vegyi szennyezettség (növényvédő- és gyomírtószerek, rovar- és rágcsálóirtószerek, gyógyszerek maradványai, nehézfémek, tisztító- és fertőtlenítőszerek, csomagolóanyagokból beoldódó anyagok, stb.)
- rovar- és parazita-szennyezettség,
- mikrobiológiai szennyezettség (patogének és az általuk termelt toxinok),
- sugárszennyezettség,
- antinutritív anyagok (biogén aminok, egyes alkaloidok, tanninok, stb.),
- egyes túladagolt adalékanyagok (tartósítószerek, mesterséges színezékek, aromák, állományjavító szerek, stb.) jelenléte,
- fizikai szennyezettség pl. üvegszilánk, fémforgács, éles kő, stb.

Az élelmiszerminőség fogalmába beletartozik a tápérték (táplálkozásbiológiai érték): fehérje-, zsír-, szénhidráttartalom, és a felhasználásukkal számítható energiatartalom, vitamintartalom, esszenciális zsír- és aminosav tartalom, ballasztanyag-tartalom, mikroelem-tartalom természetes aromaanyagok tartalma, hasznos mikroorganizmus-tartalom (pl. tejsavbaktérium-tartalom). Az élvezeti érték, csomagolás, alkalmasság, jelölés, tömeg vagy térfogat is mind minőségi jellemzője egy-egy élelmiszernek.

Ezeken kívül egyre több fogyasztó fektet hangsúlyt a megvásárolt élelmiszerek egyéb minőségi elemeire (ökológiai érték) is.

2.1. A precíziós gazdálkodás

A fenntartható mezőgazdaság számára és az élelmezés-egészségügyi kihívásoknak egy részére kínál megoldást a precíziós növénytermesztés, amely lehetővé teszi, hogy az eddigi táblaszintű beavatkozások helyett egyre inkább az egyes növények igényeit figyelembe vevő kezelések irányába haladjunk. Megvalósítható, hogy a termelésbe történő energia-, eszköz-, és inputbevitel (üzemanyag, műtrágya, növényvédő szer) érdemi növelése nélkül lényeges hozamtöbbletet érjünk el, ezzel biztosítva a megnövekedett élelmiszer-igények kielégítését és a fenntartható fejlődés kritériumainak való megfelelést. Lehetővé teszi, hogy pontosan nyomon kövessük, és utólagosan is könnyen ellenőrizhessük a kijuttatott műtrágya, növényvédő szer mennyiségét, a kijuttatás pontos idejét.

Amerikában, Angliában és Németországban már az 1980-as évek óta folytak kísérletek a precíziós technológia mezőgazdasági felhasználására. Az 1990-es évek végétől gyakorlatban is alkalmazzák a precíziós gazdálkodás egyes elemeit. Az első konferenciát ebben a témában, Amerikában 1992-ben tartották (Pecze, 2001).

2.1.1. A precíziós gazdálkodás fogalma és elemei

A precíziós gazdálkodás fogalmát, sokan sokféleképpen határozták meg, a különböző elemeit és a környezeti tényezőket, feltételrendszerét figyelembe véve. Ezekből a teljesség igénye nélkül néhányat emelek ki:

A hagyományos gazdálkodáshoz képest, mely kezelési egységként a táblát határozta meg, kisebb egységekre osztja a homogénen kezelt

területet. A kisebb egységek a táblán belül eltérő adottságokat mutatnak pl.: talaj, domborzat, víz ellátottság, gyomborítottság, humusz tartalom tekintetében. Ezen kisebb egységek figyelembevétele, a termőhely változatosságát szem előtt tartó (hely specifikus) technológia, agrotechnikai beavatkozás jelenti a precíziós mezőgazdaságot (Neményi et al. 2001, Tamás 2001, Tamás et al. 2005, Cambardella 1999).

Precíziós mezőgazdaság (precision agriculture), az információs technológia (IT) mezőgazdasági szakterületre történő leképezése; térinformatikára alapozott döntéstámogató rendszer, gazdálkodási forma (Stafford, 2000).

Csete (2002) szerint is a precíziós növénytermelés az IT egy mezőgazdasági alkalmazási területe.

Növénytermesztési szempontból a precíziós mezőgazdaság magában foglalja (Győrffy, 2000):

- a távérzékelést,
- a távérzékeléssel nyert adatok a térinformatika módszereivel történő felhasználását
- növényfaj, növényfajta-specifikus vetést,
- tőszámot (tőtáv, sortáv),
- vetésmélység szabályozását
- állapotfelvételen alapuló növényápolást,
- az adott területrész tápanyagkészlete, illetve a növényzet aktuális fejlettsége által meghatározott tápanyag-visszapótlást,
- az integrált növényvédelmet,
- termésmodellezést,
- statisztikai elemzések készítését.

„Moore et al., (1993) szerint a ”site specific crop management” (termőhely-specifikus növénytermelés) olyan információ és technológiai alapú mezőgazdasági termelési rendszer, amelynek célja meghatározni,

analizálni és „kezelni” a mezőgazdasági táblán belül előforduló talaj, tér és időbeli variabilitást az optimális jövedelmezőségért, a mezőgazdasági termelés fenntarthatóságáért, valamint a környezet megóvásáért” (Moore et al., 1993 in: Kalmár, 2010).

Az USA Nemzeti Kutatási Tanácsának (1997) definíciója egy menedzsment-stratégiának mondja a precíziós növénytermelést, amely információs technológiai eszközök alkalmazásával több forrásból összegyűjtött adat felhasználásával hoz mezőgazdasági termelési döntéseket (NRC, 1997 in: Kalmár, 2010).

Menyhért már 1979-ben megfogalmazta, hogy a növénytermelés elé állított fokozott igények megkövetelik, hogy a nagy értékű gépek, a drága műtrágyák, és a növényvédő szerek költsége a minél nagyobb és jobb minőségű késztermékben fizetődjék vissza. Ehhez pedig nem elég csupán a gépeket, a tápanyagokat és a művelési módokat ismerni, hanem ismerni kell a növény minőségi és mennyiségi igényeit is (Menyhért, 1797 in: Kalmár, 2010).

A precíziós gazdálkodás kialakulását, fejlődését 20-21. század rohamos technikai fejlődése, valamint a GPS (Global Positioning System) polgári felhasználhatósága tette lehetővé. Gyakorlati fejlesztése az 1970-es években vette kezdetét, amikor az USA védelmi minisztériuma pályára állította a GPS helymeghatározáshoz szüksége Navistar műholdakat (Stafford, 2000). A precíziós technológia megjelenésével a növénytermesztési ágazatok előtt is megnyílt a helyspecifikus növénytermelési döntések ésszerű alapokon történő meghozatala.

Hazánkban, Németh és munkatársai 2000-ben célul tűzték ki egy termőhelyspecifikus rendszer kidolgozását és széleskörű elterjesztését Magyarországon, ez alapján a rendszer alappillérei a következők:

- műholdas navigációval támogatott talajmintavétel, talajvizsgálat;
- differenciált kijuttatási rendszer:
    - a tápanyag-visszapótlás, tápanyag-ellátottsági térkép (off-line) vagy N-szenzor segítségével (on-line);
    - precíziós vetés (a tőszám beállítás menedzsment-zónánként);
    - a növényvédelem, gyomborítottsági térkép (off-line) alapján vagy szenzorok (pl. infra-kamera, levél-analizátor stb.) segítségével;
- hozamtérkép készítés (kultúrnövényre ható valamennyi tényező együttes hatását mutatja).

2.1.2. Adatgyűjtési és feldolgozási módszerek

A precíziós gazdálkodás elterjedésének egyik legfontosabb eleme a technológiai és műszaki fejlesztés. A műszaki fejlesztés gerince minden esetben a gépesítés, amely során a termelési tényezők tudatos és tervszerű összhangját kell elérni (Dimény, 1975). A műszaki fejlesztés feladata, hogy a kutatások eredményeiből, az arra érdemeseket a felhasználókhoz eljuttassa (Husti, 2008). Magyarországon a műszaki fejlesztések ugrásszerű növekedése az 1970-es évekre tehető, ami a tudományosan megalapozott műszaki fejlesztéseknek is köszönhető.

Hazánkban a precíziós technológiát a 2000-es évek elején kezdték bevezetni. Azonban hiába rendelkezünk a legmodernebb növénytermelési eszközökkel (hardver és szoftver oldalon egyaránt), ha a rendelkezésre álló humán erőforrás szakértelme ezen a területen hiányos. E technológiát alkalmazóknak több tudományág ismeretével kell rendelkezniük, illetve nyitottnak kell lenni az új és újabb ismeretanyagok

befogadására is. Vonatkozik ez pl. a kombájn, műtrágyaszóró vagy a permetező gép kezelőjére is, hiszen a magas technológiájú és a fedélzeti számítógéppel felszerelt gépek üzemetetéséhez elengedhetetlenek a korszerű ismeretek. A modern technológia terjedését még napjainkban is gátolja a gépkezelők újjal szembeni bizalmatlansága, a tanulás elutasítása. A kényelmes rutinnal szemben szükségtelennek tartják a naprakész ismereteket, az új technikák elsajátítását, annak ellenére, hogy a kezelői ismeret már néhány napos tanfolyami képzéssel is elérhető.
A különböző gépgyártók (New Holland, John Deer, Claas, stb.) saját rendszereket fejlesztettek, amelyek más gyártók gépeivel nem, vagy csak korlátozottan kompatibilisek. Azonban, a gazdaságok körében ritka ahol kimondottan csak egy-egy gépgyártó termékei találhatók meg. Ebből a szempontból emelhetők ki pl. a Trimble termékek, melyek minden gyártó gépeiben használhatóak.

Jolánkai és Németh (2007) úgy fogalmazza meg, hogy a precíziós növénytermelés lényegi eleme a termőhelyi viszonyokhoz való minél pontosabb termesztéstechnológiai adaptációra való törekvés. Bármennyire is pontos egy növénytermelési technológia, de nem tekinthető precíziós növénytermelésnek, ha nem veszi figyelembe az eltérő körülményeket, és nem ez alapján határozza -, illetve változtatja meg a kezeléseket (Benedek, 2011).

A talajvizsgálatok, az adatgyűjtés, az eredmények kiértékelése, a tervek és kezelési térképek elkészítése, a talajművelés, vetés, növényvédelem, hozammérés valamennyi lépését el kell végezni, ahhoz, hogy a precíziós növénytermelés sikeresen megvalósuljon.

Az egyes elemeket összegezve az 1. ábrán mutatom be (Grisso et al., 2009):

1. Ábra: A precíziós növénytermelés eszközei és az információáramlás folyamata (Grisso et al., 2009)
Figure 1.:Tools of the precision crop production, and information flow process (Grisso et al., 2009)

Első lépésként adatokat kell gyűjteni az adott területekről. Alapvető feltétele, hogy az adatgyűjtés csak a legmegbízhatóbb forrásból történjen és az így nyert adatokat, információkat a későbbiekben is felhasználhatóan tároljuk. A termőhely ismerete elengedhetetlen a helyes mezőgazdasági beavatkozások megvalósításához. Minél pontosabb döntéshozatalra törekszünk annál több tényező és kérdés merül fel az újabb elemek bevezetésében. Több év, akár évtized szükséges ahhoz, hogy egy-egy új adatgyűjtési,- és az alapján elemzési módszert vezessünk be. A mindennapok során is számtalanszor találkozhatunk ilyen döntéshozatali helyzetekkel. Erre jó példa az a gazdálkodó, aki pontosan meg szeretné ismerni területeinek adottságait. A hagyományos, átló menti 3 ha-os talajminta-vételi sűrűség helyett a domborzat - hozam

valamint a humusz közötti összefüggések alapján szeretné vetetni a talajmintát, mert megfigyelte, hogy a domborzattal szoros összefüggésben vannak a hozamai. Azonban itt több kérdés is felmerül a tervezési folyamatban:

- Vajon mekkora az a minimális magasságbeli különbség a domborzatban, amelynél már érdemes a különbségeket figyelembe venni. A humusz attól függően, hogy milyen sűrűn vizsgáljuk, az egyes területeket nagyon nagy eltéréseket mutat ugyanazon a helyen.
- A hozam nemcsak e két tényezőtől függ, hanem az elmúlt évek időjárásbeli változékonyságát is figyelembe kell venni.

Ennek a talajminta-vételi módszernek a bekalibrálásához is több év hozam és talajvizsgálati, időjárási adataira van szükség ahhoz, hogy egy-egy területen biztosan kijelenthessük, hogy a hozam több kultúránál is ugyanazt a tendenciát mutatja. Ezért nagyon fontos, hogy már az adatgyűjtési szakaszban a megfelelő döntéseket hozzunk. Ismernünk kell a rendelkezésünkre álló információk megbízhatóságát, tudni kell, hogy mire használhatók ezek az információk, mennyi pénzbe és időbe kerül az információk előállítása és a döntéshozatal.

A rendszer egyik adatgyűjtési módszere a minta-vételezés.

Schmidt vizsgálatai alapján (2011), a következő *minta-vételezési módszereket* különböztetjük meg:

- hagyományos, vagy más néven véletlenszerű: egy mintatér 3-5 ha nagyságú, melyen általában 25 véletlenszerűen gyűjtött részmintából áll össze egy átalagminta,
- jellemző zónák szerinti (menedzsment): korábbi tapasztalatok alapján kiválasztott terület-egységről, azon belül bárhonnan, tetszőleges számú részmintából áll össze egy átlagminta,
- kiválasztott, jellemző terület szerinti: ugyanazon kiválasztott jellemző alapján meghatározott területről vett részmintákból áll össze az átlagminta, nem reprezentatív, ugyanakkor idő- és

költséghatékony, általában változások nyomon követésére használjuk,

- rács mentén történő: ezen belül is többféle módszert ismerünk attól függően, hogy a rácshálón belül hogyan haladunk:
    1. rácson belül véletlenszerűen haladva vesszük meg a részmintákat,
    2. rácson belül átlósan a táblát azonos méretű rácshálókkal felosztva, a minta-vételi cella átlóján haladva 20-25 részmintából áll össze egy átlagminta,
    3. rács által határolt terület középpontjában vesszük meg a talajmintát,
    4. rácspontokban történő mintavételezés, amely teljes mértékben lefed egy területet, egy adott pontra visszatérve összehasonlítást tesz lehetővé, ugyanakkor idő- és költségigényes.

Ilyen adatgyűjtési/minta-vételi módszer a *talajminta-vétel* is, mely információt szolgáltat talajaink tápanyag-ellátó képességéről. Többféle módszert ismerünk és mind a mai napig nem eldöntött tény, hogy melyik módszer és sűrűség adja a legtöbb információt az adott talajról, hogy az még gazdaságos legyen. Megfelelő, talajminta-vételből kapott adatokra van szükség ahhoz, hogy ésszerű tápanyag-utánpótlást tudjunk folytatni.

Pecze (2001) fogalmazta meg a leggyakoribb *talajminta-vételezési módszereket*:

- hozamtérkép alapján kijelölt területeken,
- a már meglévő talajtérképek alapján kijelölt minta-vételi területeken,
- távérzékelési adatok alapján kijelölt területeken,
- rácsháló alapján.

A talajminta-vétel sűrűsége mind a mai napig vitatott tényező. A követelmények és különböző tanácsadó rendszerek országonként

eltérőek. Magyarországon a támogatási rendszer (AKG) az 5 ha-os mintavételi sűrűséget írja elő. A 61/ 2009. (V. 14.) FVM rendelet 18. számú melléklete tartalmazza a talajminta-vétel során betartandó követelményeket. Ez az előírt 5-ha-os sűrűség nem ad elegendő információt talajainkról, azonban ma Magyarországon csak ritkán fordul elő, hogy ennél sűrűbben vizsgáltatják talajaikat a gazdálkodók. Saját mérési tapasztalataim alapján is elmondható, hogy ugyanazon a helyen 3 ha-os sűrűségben végzett, majd a 0,5 ha-os sűrűséggel megismételt talajminta-vétel, teljesen más eredményt mutatott. Azonban a talajminta-vételi sűrűség meghatározásánál a gazdaságossági szempontokat is figyelembe kell venni. A precíziós talaj-mintavételi módszer lehetőséget teremt a táblán belüli heterogenitások vizsgálatára, rögzítésére. A precíziós tápanyagpótlás gyakorlati megvalósításának alapja a terméseredmények, a talaj tápanyagtartalmának táblafolt szintű ismerete. Ezen információk megszerzéséhez megtervezett talajminta-vételezésre (DGPS-el kiegészítve) (Differential Global Positioning System) van szükség. Ennek előnye, hogy a későbbiek során ugyanazon a ponton végezhető el az új mintavétel (így nyomon követhetők a változások), illetve a kezelések ezekhez a pontokhoz igazíthatók.

Adatgyűjtési módszerek közé sorolható a *hozammérés* is. A betakarítást végző kombájn folyamatosan rögzíti a betakarított termés mennyiségét, nedvesség tartalmát, és a tábla domborzati viszonyaira vonatkozó adatokat (Blackmore és More, 1999). A piacon a gépgyártók többségének saját hozammérő rendszere van. Elmondható, hogy ma már a kombájnok többségét hozammérővel felszerelve árulják. A hozammérés az egyik legrészletesebb információgyűjtési pont. A kombájn másodpercenként rögzíti a kapott információkat, melyekből a

megfelelő szoftverek segítségével elemzéseket és térképeket tudunk készíteni. Rögzíti a domborzati viszonyokat a DGPS vevő segítségével, a szemnedvességet, az áramlási sebességet, stb. Nagyon fontos, az adatrögzítés előtt hozammérő korrekt kalibrálása, hogy valóban pontos információkat kapjunk az adott termésről és termőterületről. A hozamtérképekhez kapcsolódóan a begyűjtött adatokból lehetőség van úgynevezett jövedelem térképek elkészítésére is, amelyek a gazdálkodó számára még jobban szemléltetik a precíziós kezelések eredményét és segítik a döntéshozatalt (Smuk et al., 2010).

Másik adatgyűjtési módszer a *távérzékelés (remote sensing)*. Olyan vizsgálati módszerek összefoglaló elnevezése, melyek során környezetünkről (leggyakrabban a földfelszínről) úgy gyűjtünk adatokat, hogy az adatgyűjtő berendezés (szenzor) nincs közvetlen kapcsolatban a vizsgált tárggyal, vagy jelenséggel. Ez a térinformatikai adatnyerés egyik leghatékonyabb módszere, a földfelszínt megfigyelő – pásztázó, vagy fényképező – műholdakra szerelt eszközök használatával terjedt el. A módszer lényege, hogy a különböző „hordozókon" (repülőgép, műhold) elhelyezett szenzorok, különböző hullámhosszon visszavert elektromágneses hullámok adatit gyűjtik össze a földfelszín tárgyairól. A megfelelő képfeldolgozás után nyújtanak információt az összegyűjtött adatokból (Schmidt, 2011).

Második lépés az *adatfeldolgozás*, amelyhez a térinformatika nyújt segítséget. Ma már számos szoftver létezik a piacon, melyekkel elemzéseket tudunk végezni, térképeket tudunk készíteni. A gép gyártók többsége rendelkezik saját hozamfeldolgozó szoftverrel (pl.: New Holland PLM irodai szoftver, stb.).

A térinformatika segítségével tudjuk a térbeli adatokhoz a számszerű értékeket hozzárendelni, térképeket, elemzéseket készíteni.

Az egyik ilyen szoftver az **ArcGIS Desktop**. Az ArcGIS Desktop (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) teljes körű GIS szoftver, mely a térinformatikai adatok szerkesztésére, megjelenítésére, lekérdezésére, elemzésére, általános adatkezelésére, valamint kartográfiai minőségű végtermék összeállításra és publikálásra készült, így ideális keretrendszert képez a különböző alkalmazásokhoz. Összetevői az ún. „desktop alkalmazások”: az ArcCatalog, az ArcMap és az előbbiekbe integrált ArcToolBox. Utóbbi a feldolgozásokat segítő több mint 500 célirányos eszközt tartalmaz, melyek az ún. geoprocesszálási műveletek végrehajtásában, és az egyedi igényeket szolgáló összetett eszközöket előállító szkriptek készítésére használhatók (Beke, 2013).

A GIS Desktop lehetőséget nyújt a különböző szabványos, népszerű térinformatikai és digitális térképi adatok széles körének integrálására és megjelenítésére, adatok felkutatására, térbeli (térképi alapú) lekérdezésekre, elemzésekre, valamint alapvető térképi adat és meta-adatelőállításra, módosításra, szervezésre és kezelésre, továbbá adatszerkesztési, frissítési feladatok hatékony végzését segítő eszközök készletét is magában foglalja (Schmidts, 2013).

A szerkesztő **ArcEditor** szint számos összetett szerkesztési funkcióval van ellátva, és lehetővé teszi a konkurens szerkesztést. Lehetőséget arra, hogy több felhasználó szerkeszthessen egy geoadatbázist vagy fedvényt, lehetőséget biztosít az ESRI által támogatott összes vektoros fájlformátum – shape fájl, fedvény, személyes- és többfelhasználós geoadatbázis - létrehozására, szerkesztésére. Ezeken túl még lehetőséget biztosít topológia felépítésére valamint a topológia szerint rendszerezett

elemek szerkesztésére is. Képes a geoadatbázis modell sémáinak kezelésére. Eszközöket tartalmaz a koordinátarendszerek kezelésére, adatok létrehozására és kezelésére, amelyek érvényre juttatják az adatbázis teljességi szabályait.

Az **ArcEditor** főbb tulajdonságai:

- Pontos GIS adatbázisok létrehozására, amelyek tartalmaznak topológiát, kapcsolatokat, leíró adatokat és szabályokat.
- Külső adatbázis kezelő (PostgreSQL, Oracle, SQL Server, DB2, Informix) és ArcSDE segítségével többfelhasználós adatbázis kezelés megvalósítása.
- A földrajzi elemek közötti kapcsolatok kezelésére, topológia létrehozása, validálása, szabályok alapján kijelölt hibák automatikus javítása.
- Tervek és munkafolyamatok létrehozására, amit aztán megoszthatunk a teljes szervezeten belül.
- Munkafolyamatok összehangolására, a különböző állapotok kezelésére (átmeneti, jóváhagyott, kész).
- A többfelhasználós szerkesztési folyamatok konfliktusainak azonosítására és feloldására.
- A központi adatbázis GIS adatainak leválasztott módon való szerkesztésére.
- Raszter – vektor konverzió szkennelt térképekből.

Az adatok egymáshoz rendelésének több módszere is létezik, azonban az egyik legelterjedtebb a térbeli interpoláció. Az interpolációnak több típusa is ismert, attól függően, hogy pontosan mire van szükségünk, mit szeretnénk megjeleníteni, tudjuk alkalmazni. A térbeli interpoláció nagyon fontos eleme számos GIS-nek.

Az alábbi célokra használható fel:

- szintvonal-adatok grafikus megjelenítéséhez,
- felület valamely jellemzőjének kiszámítsa az adott pontban,
- térbeli jelenségek lehatárolása,

- környezeti hatásvizsgálatoknál használatos segédeszköz.

Többféle interpolációs módszert ismerünk. Az adataink, valamint a felhasználási terület alapján használhatjuk őket.

- IDW: Lokális sűrűn található pontoknál használjuk. A távolság inverzével súlyozott statisztikai felszín.
- Natural neighbors: Nagy mennyiségű és nagyon sűrű pontoknál használjuk, thiessen polygonok módszerével dolgozik.
- Spline: A felszín pontosan illeszkedik a minta pontokra.
- Trend: A legkisebb négyzet módszerével írja le a felszínt.
- Kringing: Statisztikai súlyozási módszert alkalmaz egy adott interpolált pont esetében, többféle semivariogramm modellt használhatunk (Childs, 2004).

2.1.3. A precíziós gazdálkodás jövedelmezősége

A precíziós gazdálkodás jövedelmezőségéről több elemzés is készült. Ha csak egy-egy elemére fokuszál az elemzés, akkor pontosabb költség- és haszonelemzéseket lehet végezni. Például, ha csak egy sorvezetőt veszünk figyelembe, nagyon pontosan megállapíthatjuk, hogy mennyi volt az üzemanyag, idő- és adott esetben vetőmag megtakarításunk. Azonban ez is többoldalú, mert ha ugyanazt a sorvezetőt használjuk robotpilóta vezérlésre, műtrágyaszórás- és permetezés vezérlésre, meg esetleg hozammérésre is, akkor elemzésünk már nem lehet teljesen pontos. Így nagyon precízen meg kell fogalmazni egy-egy elemzéskor, hogy pontosan milyen elemeket veszünk figyelembe.

A precíziós növénytermelés műszaki feltételrendszere a korszerű mezőgazdasági gépek kiegészítésével, illetve továbbfejlesztésével jön létre. A korszerű erő- és munkagépek szinte mindegyike alkalmas az ilyen jellegű továbbfejlesztésre. Azonban a gépészet csak egy csekély

része a rendszernek, ha nem áll a gépészet mögött megfelelő vezetés, elemzési szakértelem, akkor az adatgyűjtési folyamat során kapott információkat nem tudják eredményesen felhasználni döntéshozataluknál, vagy téves döntéseket is hozhatnak. A hozamtérképezés, a talajmintavétel és a talajművelés esetében az alkalmazások konkrét gazdasági haszna nehezen határozható meg. Pozitív gazdasági eredmény a helyspecifikus inputanyag kijuttatások során realizálódik.

Mivel a végtermék a precíziós növénytermelés alkalmazása során nem hordoz magában speciális jegyeket, ezért a precíziós technológiába történő beruházás reálisan csak az inputanyag megtakarítás, vagy a termésátlag kimutathatóan a precíziós növénytermelés hatására létrejött többlete révén térülhet meg (ez utóbbi csak hosszú 3-5 éves ugyanazon növényfajra vonatkozó termésátlagok elemzése révén mutatható ki, figyelembe véve a termést befolyásoló egyéb tényezőket). Mesterházi és munkatársai szerint a mezőgazdasági termelés esetében is a jövedelmezőséget az előállított termelési érték és a ráfordított költségek aránya határozza meg: a jövedelmezőség javulásához a termelési költség (ráfordítás) csökkentésére, illetve a termelési érték növelésére van szükség (Mesterházi et al., 2001).

2.2. Az IKR Agrár Kft precíziós gazdálkodási rendszere

Az IKR Agrár Kft. Technológia Fejlesztési Ágazata már 2001 óta (akkor még IKR Zrt. részeként) végez kísérleteket a precíziós gazdálkodás különböző területein (tápanyag-visszapótlás, hozammérés, talajminta-vétel). Mind a precíziós talajminta-vételben, mind az

adatfeldolgozási-, térképkészítési folyamatokban, mind a tápanyag-gazdálkodási feladatokban, elemző munkákban saját tapasztalatokra alapozott és szakmai ismeretekkel is alátámasztott rendszert használunk. A rendszer többek között 2008-ban elnyerte az Agrár Innovációs Díjat is.

Az IKR Agrár Kft Technológia- Fejlesztési Ágazata folyamatosan fejlesztve alapozta meg saját a GPS-es talajmintavételen és hozamtérképezésen alapuló precíziós tápanyag- visszapótlási rendszerét. Kidolgozva az adatgyűjtés, adattárolás és elemzés alapjait, amelynek eredményeként egy Internet alapú szaktanácsadási és menedzsment rendszert alakított ki a precíziós gazdálkodás támogatásához. Az egyes táblákról rendelkezésre álló adathalmaz nagy értéket képvisel, ezért nagy gondot fordít az adatok rendszerben történő kezelésére, az évenként frissülő adatbázis szakszerű integrációjára. Több év gyakorlata alapján fogalmazta meg a rendszertől elvárt funkciókat. Figyelembe véve a piacon kapható hozammérő- és kijuttató eszközök fájl- formátumát, az előírt talajmintavételnél betartandó szabályokat, a szakmában elvárt professzionalistást. A precíziósan művelt táblákról a digitális állományok évről- évre egyre nagyobb tömegét kell kezelnünk, amelyekből magas színvonalú szolgáltatást, egy jól szervezett, szerver alapú hálózatos informatikai technológiát valósítunk meg. A gazdálkodó saját jelszavával belépve nézheti meg talajainak ellátottságát, hozamtérképeit, tápanyag-gazdálkodási terveit, akár le is töltheti a precíziós kijuttatáshoz szükséges fájlokat.

Jelenleg is folyik a rendszer fejlesztése, amely során még korszerűbb, a jelen igényeket kielégítő eszközöket, és háttér adatbázist használva teremtjük meg a talajminta-vételezés és precíziós szaktanácsadási rendszer hátterét.

2.3. Ásványi elemek jelentősége

Az ásványi anyagok a növények növekedését és fejlődését alapvetően meghatározó elemek. Loch és Nosticzius (1992) osztotta fel őket az alábbiak szerint:

- **Makroelemek**, melyek a szervezet normális működéséhez, fejlődéséhez nagyobb mennyiségben szükségesek pl.: a nitrogén (N), kén (S), foszfor (P), kalcium (Ca), kálium (K), magnézium (Mg)
- **Mikroelemek**, melyekből a szükséglet viszonylag csekély pl.: a cink (Zn), réz (Cu), mangán (Mn), molibdén (Mo), vas (Fe), bór (B).

A mikroelemeket biológiai-élettani szerepük szerint tovább csoportosította Szabó et. al., (1987):

- esszenciális,
- valószínűleg esszenciális,
- stimulatív
- toxikus
- biológiai szereppel nem rendelkező.

Munkám során az esszenciális mikroelemek közül, **rézzel** és **cinkkel** végeztem kísérleteket.

2.3.1. Esszenciális mikroelemek

A bioszférában jelenlévő 90 stabil, illetve a növényi szövetekben kimutatható 40–50 elem közül csak néhány tekinthető nélkülözhetetlennek, vagyis esszenciálisnak. Ahhoz, hogy egy elemet esszenciálisnak tekintsünk, három feltételnek kell teljesülnie:

1. Hiánya esetén a növény hiánytüneteket mutat és elpusztul, mielőtt életciklusát befejezné.
2. Funkciója nem helyettesíthető valamely más elemmel.
3. Közvetlenül részt kell vennie az anyagcserében.

Az esszenciális mikroelemek elengedhetetlenek az életfolyamatokban. Nemcsak a növényvilág számára, hanem az állati-és emberi szervezet számára is nélkülözhetetlenek. Az elemek e csoportjába elsősorban a fémionok tartoznak, így elsődleges szerepük is abban rejlik, hogy pozitív töltéseikkel az élőszervezetben lévő molekulák negatív részeivel kapcsolatba tudnak lépni (Szakál-Pécsi, 1993).

2.3.2. A réz

Réz **Cuprum** latin szóból ered, Ciprus szigetének nevéből, amely már az ókorban fontos rézlelőhely volt.

Tulajdonságai

A vas és az alumínium után a legnagyobb tömegben termelt fém. A Kárpát-medence egyik legismertebb és legjelentősebb ásványi nyersanyaga, valamint az ólom és cink mellett az egyik legismertebb, bányászott színes érc. Hazánkban a 16-17. században volt nagy ipari jelentősége a bányászatának, mely nyugat-európai hírre is szert tett.

Nagyon jó elektromos vezető képességgel rendelkező rézvörös, közepesen kemény, erős fém. A periódusos rendszer 29., valamint a rézcsoport első eleme, általában két, ritkábban egy vegyértékű. Relatív atomtömege: 65,34. Sűrűsége: 8,97 g/cm^3, olvadáspontja: 1083°C.
Kevéssé aktív fém, halogénekkel egyesül, de hidrogénnel csak közvetve egyesíthető. Az oxigén csak magas hőmérsékleten hat rá, ekkor fekete CuO réteg keletkezik rajta. Két stabil és számos rövid élettartamú mesterséges radioaktív izotópja létezik.

Előfordulása

Elemi állapotában gyakran előfordul, a levegő, a tengerek és a földkéreg 0,007 %-át teszi ki. A földfelszín átlagos réz-tartalma édesvizekben 3 µg/l, a tengervizekben 0,25 µg/l, földkéregben 55 mg/kg, a természetes talajokban 1-390 mg/kg között változhat (Mortwedt et al., 1972, Adriano, 1986, Bowen, 1979, 1982, Győri, 1984).

A réz természetéből adódóan minden **vízi környezet**ben fellelhető: patakokban, folyókban, tengerekben és óceánokban. Az esővíz, a talaj- és parterózió, a levegőben és a tenger mélyén létrejövő vulkanikus folyamatok, emberi és mezőgazdasági tevékenységek, során réz szabadul fel a vízben és a légkörben, majd ezeket követően egy része lerakódik, annak is egy része megkötődik a vízfolyásokban, a többi pedig eljut a tengerekbe és óceánokba. Éves szinten a természetes folyamatoknak köszönhetően mintegy négyszer annyi réz rakódik le a vizekben, mint az emberi tevékenység következtében. Az esővíz képes oldani a rezet, (különösen akkor, ha a szennyeződések hatására savassá válik), ill. hordozhat rézrészecskéket. Az eső hatásának kitett rézforrások között találjuk: a természetes porokat (szélerózió, vulkanikus

tevékenység, kozmikus porok), az antropikus eredetű füstöket (fa, növények, fosszilis tüzelőanyagok, üzemanyagok, szemétégetők égéstermékei…), az ipari eredetű porokat (bányák, öntödék…), a réztetőket, ereszcsatornákat, esővíz-elvezető csatornákat, az elektromos vezetékeket, stb. által kibocsátott részecskéket. A réz nagyobb koncentráció esetében (5mg/l felett) az ivóvíz elszíneződését, kellemetlen ízt ad, és növeli a korrozív hatását. A rézkoncentráció az ivóvíz számos tulajdonságától függ: pH, keménység, anion koncentráció, oxigéntartalom, hőmérséklet (Takács, 2001). Annak ellenére, hogy egyre nagyobb problémát okoz a nehézfémek talajvízbe mosódása, kevés tanulmányt végeztek arra vonatkozóan, hogy milyen tényezők hatnak telítetlen áramlási viszonyok között a nehézfémek mozgására (Abd-Elfattah és Wada, 1980; Dudley et al., 1991).

A réz különböző mértékben a világ összes **talaj**ában jelen van. A talajok mikroelem-tartalmát a talajt alkotó kőzeteknek a mállása során felszabaduló mikroelem-tartalma határozza meg. Swaine (1969) szerint a talajok átlagos összes réztartalma kb. 20mg/kg, azonban ez nagyon eltérő szélsőségek átlagát jelenti. A talajképző kőzetek ásványi anyag tartalma határozza meg elsősorban a talajok összes réztartalmát, ugyanúgy, mint a Zn és a Mg esetében. Kőzettípustól függően változik a réztartalom. A legnagyobb mennyiségben a bázikus kőzetekben található, legkisebb mennyiségben a savanyú kőzetekben fordul elő.

A FAO által 30 országban végzett kutatások eredménye alapján megállapították, hogy Magyarországon a talajok felvehető Cu-készlete és a növényi Cu-tartalmak nemzetközi összevetésben egyaránt átlagosnak minősülnek kiugró értékek nélkül. Az ellátottság összességében kielégítőnek tekinthető. Kivételt a szerves talajok, lápok, sovány

homokok képezhetnek (Kádár, 2008). Azonban a FAO-vizsgálatok kimutatták azt is, hogy a talajok mozgékony réztartalma (az ammónium-acetát-EDTA extraháló szerrel) a nemzetközi összehasonlításban is alacsony értéket mutat (Sillanpaa, 1982).

Más vizsgálatok szerint hazánk talajainak Cu tartalma nagyon tág határok (3,2-38 mg/kg) között mozog (Győri, 1984). Talajvizsgálati adatok, illetve határértékek alapján sorolták be a magyarországi talajokat, melyek réz- és cinkellátottság tekintetében jelentős hiányokat mutatnak. Ebből következően a szántott rétegben található Cu mennyisége 12-102 mg/ha. A réznek komplexképző képessége és nagyobb adszorpciós energiája miatt kis hányada van mozgékony formában. Ennek a mennyiségnek csak egy része található meg felvehető formában a növények számára, ami 4-20 mg/kg. Ez azonban az összes réztartalom csupán 1-2%-a (Győri et al., 1987). Egyes területeken, mint például Békés megyében 23%, Szabolcs-Szatmárban 17%, Fejér, Győr-Sopron, Tolna megyékben 10–13%-ot ért el a Cu és Zn ellátottság a területek %-ában kifejezve.

Katalümov (1965) valamit Bergman (1968) mikroelem-szaktanácsadási munkái nagy hatással voltak a hazai a kutatásokra ebben a témakörben, valamint a mikroelem-trágyázásra. A növények megfelelő fejlődéséhez szükséges a talaj optimális makro- és mikroelem ellátottsága is, melyet Liebig fogalmazott meg először (Kádár, 2008; Füleky et al., 2005). Régen a szervestrágyázással a mikroelemek, köztük a réz jelentős része visszakerült a talajba, azonban az intenzív gazdálkodás, melyet a szintetikus műtrágyák használata, és a megnövekedett termésmennyiség jellemez (Pecznik, 1976), mind a mai napig aktuálissá teszi a mikroelemek visszapótlásának kérdését. A Cu trágyázás

szükségességének meghatározásához első sorban a talajok kötöttségét és humusz %-át vesszük figyelembe.

Az 1. táblázat alapján megadott koncentráció felett a talaj mobilis Cu mg/kg készlete kielégítő, azonban ha alatta van, akkor kiegészítő Cu trágyázásra van szükség.

1. *Táblázat. Talajok K_A és Humusz % tartalma, Cu trágyázáshoz (Kádár, 2005)*
Table 1.: K_A and humus content of soils, Copper fertilizer (Kádár, 2005)

Kötöttségi szám K_A (Talaj fizikai félesége)	**Humusztartalom %-ban**		
	1% alatt	1-3%	3% felett
30 alatt (homok)	0,2 mg/kg	0,3 mg/kg	0,6 mg/kg
31-42 (homokos vályog, vályog)	0,3 mg/kg	0,6 mg/kg	1,4 mg/kg
42 felett (agyagos vályog, agyag)	0,6 mg/kg	1,2 mg/kg	3,2 mg/kg

Amint azt a fentiekben is láthattuk a réz mozgékonysága igen kicsi a talajban, így a felszíni vizek réztartalma is kicsi, mivel az ásványokból felszabaduló réz részben az agyagon, részben a talaj szerves anyagán kötődik meg, de ez a kémhatás csökkentésével (savanyítás) növelhető. A réz kötődik az egyes kationok közül a legerősebben az agyagásványokhoz ezzel is csökkentve a növények általi felvehetőségét, hozzáférhetőségét (Mitchel, 1955; Alloway, 1995).

Nem szabad megfeledkezni a növényvédelem során használt réz-tartalmú szerek talajba kerüléséről sem. Franciaországban, Delas és munkatársai (1960) megfigyelték, hogy több évtizedes szőlőkultúrának

réztartalmú szerekkel való rendszeres növényvédelmi permetezése hatására a talaj felső 25 cm-es rétegében 242-845 mg/kg összes réz tartalom gyűlt össze. Ebből 63-186 mg/kg réz kicserélhető formában, vagyis a növények számára felvehető formában volt jelen.

Meszezés hatására illetve a meszes talajokon csökkenhet a talaj oldható réztartalma (Szakál et al., 1997; Reisinger et al., 1996), ez a transzportfolyamatok gátlódásához vezet, valamint súlyos tápanyaghiányt okoz a növényekben, még akkor is, ha a talaj jó tápanyag ellátottságú (Szakál et al., 2006). Meszezési vizsgálatokat végeztek többek között Győr-Moson-Sopron, Vas és Heves megyében, amelyek bizonyították, hogy a legjobb minőségi értékeket nem a legnagyobb dózissal kezelt területek adják, ezzel is bizonyítva, hogy számos mikroelem felvehetőségét gátolja a meszezés.

A talajban a nehézfémek mozgásával foglalkozó kutatások igazolták, hogy az adszorpciós folyamatok jelentős hatással vannak e transzportfolyamatokra. Ezek a kicserélődési folyamatok szoros összefüggésben vannak a talaj különböző tulajdonságaival, mint pl.: a kation kicserélő kapacitás (CEC) (Vogeler, 2001). Számos időszakos vizsgálatot végeztek e folyamatok számszerűsítésére pl.: Fick és Isenbeck-Schröter (1989), Harter (1992). Bár e vizsgálatok bizonyították az összefüggést, figyelni kell arra, hogy a kísérleteket magas Cu^{2+} koncentráció mellett végezték (Vogeler, 2001). Más a réz labilitását vizsgáló kísérletek is bebizonyították, hogy a talaj fizikai- és kémiai tulajdonságai jelentős hatást gyakorolnak a transzportfolyamatokra (Biasiloi et al., 2010).

Kevés tanulmány vizsgálta a réz elérhetőségét különböző redox körülmények között (Grybos et al., 2007; Ma and Dong, 2004). Ugyan

jelentős hangsúlyt fektettek a réz mobilitására és hozzáférhetőségére aerob talajrendszerben (Lombi et al., 2003; Oliver et al., 2006), azt nagyon kevesen vizsgálták eddig, hogy miként viselkedik a réz vízzel elöntött területeken (Ma és Dong, 2004; Grybos et al., 2007).

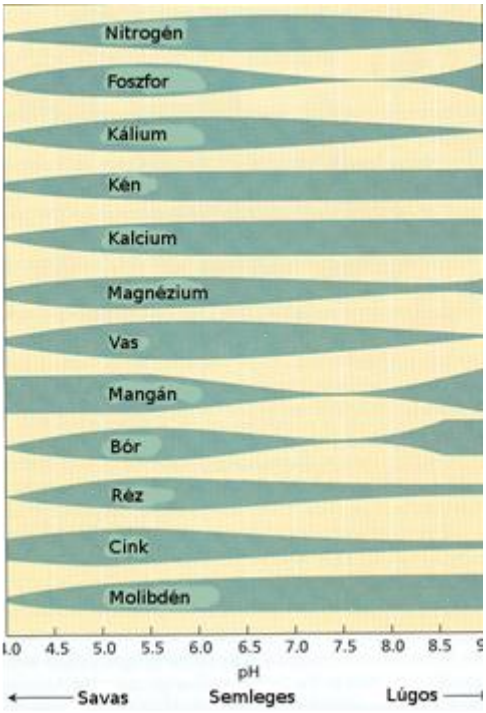
Felvehetősége

A növények gyökéren vagy levélen keresztül veszik fel a rezet ion, vagy kelátszerű formában. Rendkívül kevés mennyiségű rezet vesznek fel a növények, jóval kevesebbet, mint amennyit cinkből. Nagyon fontos, hogy a gyökér közelében a talaj elegendő és jól felvehető formájú mikroelemet tartalmazzon, különösen kalászosoknál (Szakál, 1987). A felvehető mikroelemek mennyiségét, elsősorban a talaj reakcióállapota, a pH szabályozza, így minden behatás mely közvetve vagy közvetlenül hat a talaj pH-jára, hat a mikroelem felvételre is. A kialakuló hiányokra és az esetlegesen megjelenő toxikus hatásokra a pH hatására módosuló mikrobiológiai folyamatok is nagy hatással vannak, a mikrobiológiai tevékenység módosítja a Mn, Zn, Cu, Al és Mo mikroelemek oldhatóságát és oxidációs állapotát.

A szervesanyag mikrobális lebomlásánál gyakran megfigyelhető, hogy a Cu felvehetősége csökken, ez szintén a mikrobiológiai megkötődésre utal (Schmidt et al., 2001). Így a műtrágyázásnak van a legjelentősebb szerepe, ugyanis a talaj savanyodásával egyes elemek pl.: Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Cd mobilitása nő, míg más elemeké, csökken. Magas pH értékű talajokon esetleg túlmeszezéskor, Cu Fe, Mn, Zn hiánya merülhet fel. Kísérletként különböző vegyületeket használtak a réz pótlására és vizsgálták azok hatásait (Debreczeni, 1979; Karamanos

et al., 1986; Martens, 1985). Younts (1964) magas szervesanyag tartalmú talajon végezte réz trágyázási kísérleteit. Arra a következtetésre jutottak, hogy a talaj pH-jának növekedése a réz deszorpcióját csökkenti.

A 2. ábrán látható, hogy miként alakul az egyes elemek felvehetősége a talaj pH-értékének hatására.

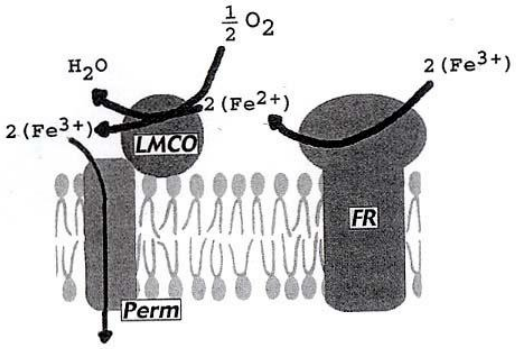


2. Ábra. A talaj pH-értékének a hatása az egyes tápelemek felvehetőségére. A satírozott területek szélessége jelzi az illető elem gyökéren keresztüli felvételének mértékét. (Taiz-Zeiger, 2010).

Figure 2.: Influence of soil pH on the availability of nutrient elements in organic soils. The width of the shaded areas shows the extent of uptake trough the roots of this component (Taiz-Zeiger, 2010).

A réz és más nehézfémek felvétele egyes kutatók megállapítása alapján különböző P-típusú ATP-áz transzporterek, úgynevezett

nehézfém transzporterek segítségével történik, melyek az ATP pumpát használják fel a sejtmembránok közötti szállításra (Fox és Guerinot, 1998; Himelblau és Amasino, 2000; Williams et al., 2000; Markossian és Kurganov, 2003). A felvétel Fe reduktáz segítségével, redukcióval történik, melyben nagy szerepük van a membránrendszereknek (3. ábra).



3. Ábra. Membránrendszerek (Sárdi, 2003)
Figure 3. Membrane Systems (Sárdi, 2003)

Számos géncsaládot és fehérjét is azonosítottak már, melyek részt vesznek a Cu homeosztázisában. Különböző növényekkel végzett kísérletek azt állapították meg, hogy a réz a legtöbb kationt kiszorítva erősen kötődik a gyökerekhez (Heller és Duel, 1958).

A különböző növények eltérő mennyiségű mikroelemet vonnak ki a talajból (2. táblázat), azt hogy az egyes növények megfelelő mennyiségű rezet tartalmaznak-e legegyszerűbben levélanalízissel állapítható meg.

2. *Táblázat: Mikroelemek kivonása a talajból (teljes növény) (Pais, 1980)*
Table 2.: Extraction of micro-nutrient from the soil (whole plant) (Pais, 1980)

Növényfaj	**Kivont mennyiség (g/ha)**				
	B	**Cu**	Mn	Mo	Zn
Gabona	50-70	**50-70**	160-460	3-6	150-250
Burgonya	50-70	**40-60**	300-450	3-6	200-500
Cukorrépa	300-500	**80-120**	300-1000	4-20	300-600
Lucerna	500-700	**70-90**	400-500	5-20	400-600
Takarmányrépa	300-500	**80-120**	250-1000	4-20	300-600
Fűfélék	70-90	**30-60**	250-360	3-20	200-400
Lóbab	10-30	**20-40**	14-28	5-8	70-100

A talajok szerves anyagának a fulvósav része oldékony komplexet, míg a huminsav része (tőzegben réz-porfirin) oldhatatlan komplexet képezve gátolja a mikroelemeknek a felvehetőségét, ezzel csökkentve a közvetlenül felvehető rézmennyiséget. Egyéb elemek hiánya vagy jelenléte is az elemek felvételét módosítja az antagonizmusok és szinergizmusok által (N x Cu szinergizmus). Gyengén ellátott talajokon és növekvő N-trágyázáskor csökken a növények Cu-tartalma, erősödik a hígulás. A növekvő termés Cu-igényét a talaj nem képes kielégíteni, látszólagos N x Cu antagonizmus lép fel. Amennyiben a talaj rézzel jól ellátott vagy egyidejűleg Cu trágyázást is

folytatunk, a N-trágyázással a Cu-felvétel is nőni fog. A N „hajtó” hatása már régről ismert a legtöbb elem felvételére. A N-műtrágyák savanyító hatása, a NO_3^- anion jelenléte különösen serkentőleg hat a fém kationok felvételére (Kádár et al., 1984).

A réz-sók és a komplexek felvehetők a levélzeten keresztül is. Ezen okok miatt a levéltrágyázást kiemelt fontosságúnak tartják Szentpéteri és munkatársai (2005).

Élettani szerepe

„A réz élettani hatását az irodalmak kis ionátmérőjével, nagy atomtömegével, változó vegyértékével és komplexképző hajlamával magyarázzák. Elektrontranszportban és a légzési anyagcserében, valamint a fehérjeszintézis és a szénhidrát-anyagcsere folyamataiban játszik fontos szerepet az enzimek alkotórészeként” (Kalocsai, 2006).

Dr. Keresztény Béla fontos munkát végzett a hazai mikroelem kutatásban, azok jelentőségét valamint a növénytáplálásban betöltött szerepüket azonban Tölgyessy György írta le (Keresztény, 1950; 1971; Tölgyessy, 1969).

- A réznek nemcsak a talajban, hanem a növényi, állati és emberi szervezetben is kiemelt szerepe van (Sas, 1978; Salgó et al., 1979; Takács, 1984). Szerepe van a termésminőség, valamint termésmennyiség kialakításában, hatással van többek között a gabonák fehérje és sikér tartalmára is (Shkolnyik, 1984). Nem csak növénytáplálás szempontjából tölt be fontos szerepet, hanem gombaölő tulajdonságai révén fontos a növényvédelemben is.
- A századforduló előtt, növényméregként ismerték el. Először

1882-ben Millardet ismerte fel a fungicid tulajdonságát, amikor is mint bordói lét alkalmazta szőlőben, így figyelte meg, hogy használata stimulálja a növények növekedését.

- A réz a különböző növényekben, az egyes növényi részekben eltérő mennyiségben van jelen. Mivel nagyobb része a kloroplasztiszokban található fehérjéhez kötötten, így érthető, hogy a fehérje dús növények rézben gazdagabbak (Kádár, 2005). A Cu átlagos tartalma a növényi szövetekben 10 $\mu g*g^{-1}$ szárazanyag, kritikus koncentrációja 3-5$\mu g*g^{-1}$ és toxikus mennyisége 20-30$\mu g*g^{-1}$ (Baker és Senef, 1995). A **kalászosoknál** megállapították, hogy a gabonaszemek embriót alkotó szövetei 2,5-ször annyi rezet tartalmaznak, mint az endospermium.
- Az aminosavakhoz (hisztidin) kötődve szállítódik. A légzési láncot aktiváló rézion mozgékonysága igen kismértékű a növényekben, valószínűleg szerves komplexek formájában vándorol, a protoplazmában beépül a fehérjestruktúrába (Győri et al., 1987).

Bergmann (1967) által összegyűjtött irodalmi adatok tartalmazzák az egyes kultúrnövények levelében található Cu tartalmat (3. táblázat).

3. *Táblázat. Kultúrnövények levelének Cu tartalma (mg/kg) (Bergmann, 1967)*
Table 3.: Copper content of the letter of cultivated plants (mg/kg) (Bergmann, 1967)

Növények	**Hiány (mg/kg)**	**Normál (mg/kg)**
Vörös here	11 alatt	17
Gabonafélék	11 alatt	10-13
Káposzta	2 alatt	2,5-5
Pillangósok	4 alatt	5
Paradicsom	22 alatt	27-30
Gyümölcsfélék	4 alatt	4-20
Szőlő	4 alatt	3-20

- Több kísérlet is rámutatott arra, hogy a réz mozgékonysága a növényben jelentősen függ az ellátottságtól: amíg az elegendő réz mennyiséget tartalmazó növényekben a levelekből a szemtermésbe történő transzlokáció szinte akadálytalan, addig a réz hiányos növényekben gyakorlatilag immobilis (Sárdi, 2003). A réz cca. 70%-a a gránumokban és a kloroplasztiszban fordul elő (Pais, 1980).
- A transzspirációs anyagcserében és az elektrontranszportban résztvevő enzimek alkotórésze, illetve nélkülözhetetlen oxidázenzimek kofaktora mint pl.: a szuperoxid dizmutáz (SOD), citokróm c-oxidáz (citokróm-aa_3), amino-oxidáz, plasztocianin az aszkorbinsav-oxidáz, polifenol-oxidáz, tirozináz. Már több mint 200 enzimnél mutatták ki a réz és a cink szerepét (Sprio, 1983; Vahrenkamp, 1988).
- Néhány réz-oxidáz képes a hidrogén atomot átvinni molekuláris

oxigénre is ilyen pl.: a lakkáz, polifenol-oxidáz, ezen oxidázok működése a Cu^{+} - Cu^{2+} elektrontranszporton alapul. A citokrómoxidáz terminális oxidációjában (Pethő, 1993), valamint a vas mobilizálásában, szénhidrát-, fehérje-, és zsír anyagcserében is fontos szerepet játszik (Skholnyik, 1984).

• Katalizálja a flavonoidok redoxi reakcióit (Strack, 1997) és segítséget nyújt a klorofill és más növényi pigmentek stabilitásának megőrzéséhez is (Füleky, 1999; Loch és Nosticzius, 1992). A réz ezeken kívül egy-egy fafaj színének kialakításában is részt vesz, úgy hogy a rutinnal és robeitinnel színes komplexeket alkot. A fa vázszerkezetét kialakító szerves molekulák (cellulóz, lignin stb.) mellett flavonoidok is részt vesznek annak felépítésében, szervetlen vegyületek is jelen vannak, amelyek elengedhetetlenek az életműködéshez. Ezek az összetevők részt vesznek a szervezet ozmózisos egyensúlyának fenntartásában, a sav-bázis egyensúly fenntartásában segítve ezzel különböző kolloidok oldódását, és az enzimreakciókat is befolyásolják (Molnárné, 2003; Gasztonyi-Lásztity, 1993; Jungluth et. al, 2000).

• A klorofill lebomlásának késleltetésével a réz hozzájárul a növényi asszimilációs teljesítmény növeléséhez (Szakál, 1990). A zsírsavak hidroxilációját ugyancsak réztartalmú enzimek katalizálják (Shkolnyik, 1984; Füleky, 1999). A réz jelenléte különösen fontos a szimbiotikus N_2 -fixációhoz, bár a mechanizmus nem teljesen tisztázott (Füleky, 1999).

• A réz ugyanakkor elősegíti a fehérje- és szénhidrátszintézist, főleg a polifenol szintézisben van jelentősége, kihat a sejtfal lignifikálódásra, ami a vízháztartással van összefüggésben (Bergmann, 1979) (Loch és Nosticzius, 1992). Katalizálja a cisztein és a cisztin oxidációját, a

diszulfidhidak kialakításával elősegíti a fehérje-stabilizációt (Szakál, 1990). Újabb, a réz szükségességét alátámasztó tény, hogy a nitrát redukcióban való részvételével segíti a nitrátoknak a növényekben való hasznosulását (Loch és Nosticzius, 1992).

Búzában betöltött szerepe különösen fontos, ugyanis mind a minőségre, mind a termés mennyiségére jelentős hatást gyakorol. Hazánkban a minőségi paraméterekre és a minőséget meghatározó tényezőket Pollhamerné, valamint Pecznik és munkatársai (1971) vizsgálták. Pollhamerné vizsgálatai során megfigyelte, hogy a réz a búza komplex minőségű értékszámát, vízfelvevő képességét, valamint a sütési paramétereit javította (Pollhamerné, 1973; 1980; 1981; 1988). Penczik és munkatársai azt a megfigyelést tették, hogy rézkezelés emelte a fehérje tartalmat, valamint az ezermagtömeget. Az utóbbi években fokozatosan nőtt a vizsgálatok száma ezen a területen. Réz- és cink-pótlás hatására a sütőipari értékszám, a sikértartalom, valamint a nyersfehérje tartalom emelkedését kapták (Szakál et al., 1997a; 1997b).

Számos hulladékból előállított réz-komplexszel végeztek kísérleteket az elmúlt években. A vizsgálatok eredményei egyöntetűen bebizonyították, hogy a különböző réz tartalmú komplex vegyületek hatására a hozam szignifikáns növekedést mutatott a kijutatott dózisok arányában. A hozamon kívül a búza nyersfehérje, nedves sikér tartalmát is vizsgálták, amelyeknél szintén növekedést tapasztaltak. Egyes esetekben akár 11,47 %-os nyersfehérje-tartalom növekedést is eredményeztek a kezelések a kontrol parcellákhoz képest. Azonban a kijuttatott dózisok a hozam és nyersfehérje tekintetében nem minden esetben korreláltak egymással. Ekkor a legmagasabb nyersfehérje értéket

mutató dózisok, a hozamra már depresszíven hatottak. Nedves sikér szempontjából szintén szignifikáns növekedést tapasztaltak (Szakál et al., 2006). NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Kémia és Földműveléstani Tanszékén eredményesen folytattak talaj- és növénytrágyázási kísérleteket hulladékból előállított különböző ligandumu réz- és cink-komplex felhasználásával (Szakál, 1987; Barkóczy et al., 1989; Barkóczy et al., 2002; Szakál – Barkóczy, 1989; Szakál et al., 1998; Szakál és Schmidt, 1996; Schmidt et. al., 1999). Réz-hiányos talajoknál kísérleteikben bizonyították, hogy a réz pótlás hatására jelentős hozamnövekedést, valamint sikér és sütőipari értékszám javulást értek el. Kiemelten jó eredményeket kaptak, ha a pótlást virágzáskori fenológiai fázisban végeztek el őszi búza növény esetén (Szakál et. al., 1988; Szakál és Schmidt, 1997; Végh et.al., 2000; Szakál et.al. 2003). A mezőgazdaságban nem alkalmazott réz-ioncserélt szintetizált zeolitot állítottak elő, illetve használtak fel őszi búza kísérleteikben 1998-1999-2000-ben. Az ioncserélt-zeolit felhasználásával bizonyították a retard hatást és a szignifikáns minőség javító hatást elsősorban a fehérjére és a sütőipari értékszámra (Szakál et al., 2003). E vizsgálatok és kísérletek még napjainkban is folytatódnak, különböző réz komplexek, cink és zeolit kijuttatásával.

Külföldi tudósok közül Dudgeon és Bolland (1916) növekvő hozamot, csökkenő kalászfertőzöttséget tapasztalt, Graham (1978) kísérletei során jelentős maghozam emelkedést figyelt meg, Loneragan és munkatársai (1979) kimutatták a réz kedvező hatását a búza hozamára. Misra és Venkateswarlu (1981) kedvező hatást tapasztaltak a fehérje-tartalom növekedésében. Flynn és munkatársai (1987) rézkezelései növelték a szárazanyagtartalmat, a hozamot, az őrlési hozamot és a

kalász-magszámot. Peterson és munkatársai (1983/a, 1983/b, 1986) a liszt vizsgálata során a cink és réz mennyisége, valamint a fehérjetartalom közötti korrelációt mutatta ki. Han és Shepherd (1991) proteintartalom vizsgálata során megállapította, hogy a lisztben lévő réz és cink mennyisége korrelál annak mennyiségével. Owouche és munkatársai (1994) kísérleteiken megállapították, hogy réz hiányában csökken a termékenyülés. Rajtuk kívül még számos kutató tapasztalta és bizonyította a megfelelő rézmennyiség kedvező hatását, melyet a cink együttes kijuttatásával javasolnak.

Hiánya és toxikus tünetei

A talaj réztartalmának egyenlőtlensége problémát okoz az összes élelmiszertermelő mezőgazdasági ágazatban. A rézhiány a termelékenység csökkenését és termék minőségének romlását eredményezi. Rendkívül érzékenyen érinti a rizs- és búzatermesztést, melyek világviszonylatban a két legnagyobb betakarítási ágazatot képviselik. Nyugat-Európában például 18 millió hektár megművelt földterület (azaz az összes művelhető földterület 19 %-a) rendelkezik nagyon alacsony réztartalommal. Ennek oka az intenzív mezőgazdasági termelés, amely a talaj elszegényesedéséhez vezet. Ez zavart okozhat a növényi, valamint az állati táplálkozás egyensúlyában, ezért külső források igénybevétele válik szükségessé egyrészt a talaj réztartalmának kiegészítésére, másrészt egyes haszonállatok táplálásában az étvágy javítása és a növekedés elősegítése céljából.) A talaj rézhiánya kedvezőtlen hatással van bizonyos típusú mezőgazdasági termelési formákra, valamint az állatok növekedésére, ám a túlzott réztartalom sem ajánlatos.

Hazánkban savanyú és meszes talajok is találhatóak a Cu-hiányos területek között. Gyakori, a főként Dél- Kelet-Magyarországon megtalálható meszes alapkőzeten kialakult csernozjom, öntés és réti csernozjomok gyenge ellátottsága, melyek azonban termékeny búza és kukoricaföldeket jelentenek (Fekete és Patócs, 1986). Hiánya továbbá savanyú kilúgozott, kolloidszegény talajokra jellemző (Kádár, 2008). E kiemelten fontos esszenciális mikroelem mérlegét vizsgálva megállapítható hogy, országosan rézből 253 t az éves hiány (Szakál, 1990).

Rézszegény talajokon az intenzív növénytermesztés hatására gyakran előfordul rézhiány. Ezt fokozza a nagymennyiségű foszfortrágya kijuttatása is, mivel a réz felvételét a túlzott foszfor koncentráció gátolja. A homokos talajokon nemcsak a foszfor, hanem a káliumtrágyázás is rézhiányt okozhat (Bergmann, 1979). A hiány megszüntetéséről gondoskodnunk kell. A fogyó réztartalmú ásványkincsünk, illetve a költséges és környezetszennyező előállítási technológiák miatt a rézvegyületek beszerzési költsége gátat szab a talajok rézhiányának pótlására.

Kalászosoknál gyakori, hogy a rézből jól ellátott talajoknál is – a gátolt transzportfolyamatok következtében – gyakran mutatkozik rézhiány (Szakál et al., 2005). A növényben mutatkozó hiánytünetek gyors megszüntetésére és az azokkal együtt járó rendellenességek kiküszöbölésére a lombkezelés került előtérbe (Réder et al., 2005). Azonban ezeket a kezeléseket még a hiánytünetek megjelenése előtt el kell végezni. Különböző kutatásokat végeztek lombkezelésekben, a mikroelektronikai ipar hulladékából előállított „másodlagos nyersanyagként” felhasznált réz komplex vegyületekkel. Szakál és

munkatársai (2006) pl.: réz-ioncserélt zeolit alkalmazhatóságát vizsgálták, mint potenciális levéltrágya, továbbá réz-szacharóz komplexekkel és réz-amin komplexekkel, is végeztek kísérleteket.

A Cu hiánya gyümölcsfákon, szántóföldön pedig főként a gabonában, laza talajokon jelentkezik, ahogy ezt az 4. ábra rézhiányos búza kalásza is mutatja.

4. Ábra. A réz hiánya az őszi búzában (saját felvétel)
Figure 4.: Copper deficiency in winter wheat (own picture)

A rézhiányos növények olyan gén kifejeződésben mutatnak változást, mely a gyökér és a levél felépítésében vesznek részt. A rézhiány jellemző tünetei a fiatal leveleken jelentkeznek először, később terjednek át az idősebb levelekre, terméscsökkenés, de akár a növény teljes torzulása is végbemehet. A levelek csavarodnak, hibásak és klorózist, nekrózist mutatnak (Marschner, 1995). Kimutatták, hogy Cu hiányában csökken a PS I (egyes fényrendszer) aktivitása, ennek következtében csökken a plasztocianin mennyisége, melynek fő szerepe a fotoszintézisben található (Baszynski et al., 1978; Shikanai et al., 2003). Megfigyelték, azt is, hogy réz hiányában a PS II (kettes fényrendszer)

aktivitása is csökken (Droppa et al., 1987; Henriques, 1989). A gátolt réztranszport miatt csökken a sejtek lignifikálódása, ami a szállítónyalábok rendellenes fejlődéséhez, a szöveti szilárdság csökkenéséhez, zavart víz- és tápanyagtranszporthoz és mérsékelt növekedéshez vezet. A növények hamar megdőlnek és a magképződés is korlátozott (Szakál és Pécsi, 1993). A polifenol-oxidáz aktivitásának réz hiányában történő csökkenése rendellenes növényi sejtfal-lignifikációhoz vezet, melynek nyomán csökken a növény szárszilárdsága, romlik a vízháztartása, csökken a szárazságtűrő képessége (Szakál, 1990).

A különböző **gabona**fajok eltérő érzékenységet mutatnak rézhiányra. Azok, amelyek magasabb fehérjetartalmúak erősebb érzékenységet mutatnak, mint amelyek fehérjetartalma alacsonyabb (Szakál és Barkóczi, 1989). Az érzékenység sorrendje: zab, árpa, búza, rozs. Gabonaféléknél hiányát a levélcsúcsok 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 szervek képződésére (Loch és Nosticzius, 1992). A rézhiányos növényekben a P, K, Ca, Mo feldúsul, aminek nem a fokozott felvétel az oka, hanem az, hogy a növény növekedésének csökkenése miatt azokat nem használja fel. Savanyú talajoknál a rézhiány következtében mangán-toxicitás is előfordulhat.

A fiatal, növekvő növényi szervekben, ahol a fehérjeszintézis a legintenzívebb, alacsonyabb DNS-mennyiségeket találtak a rézhiányos növényeknél (Füleky, 1999). Kísérletileg igazolták, hogy réz hiányában

gátlódik a növények nitrogénfelvétele (Kádár és Shalaby, 1984; Szakál et al., 1988).

Zöldségtermesztésben sokkal ritkábban fordul elő, mivel a zöldségnövények rendszerint jóval kisebb mennyiségben igénylik, és a rendszeres szervestrágyázás, a réztartalmú növényvédő szerek, és a kijutatott lombtrágyák általában kielégítik a növények igényeit (Terbe, 2002). Bizonyítást nyert, hogy hiányában a kinon redukciója gátlódik, az így kialakuló erőteljes melamin-képződés következménye pl. a burgonya vágási felületének feketedése (Szakál, 1990).

Judel (1962) megállapította, hogy a hiány következménye a betegségekkel szembeni ellenállóság csökkenése.

Ugyan a **réz feleslege** ritkán fordul elő, mivel a talajrészecskékhez erősen kötődik, azonban növények számára nemcsak a hiány, hanem a túlzott réztartalom is okozhat az élettani folyamatokban gondokat. A rézben túl gazdag talaj ugyanis hátrányos lehet bizonyos növények, ill. állatok esetében. Egyes birkafajták például viszonylag rosszul tolerálják a túl sok rezet, s a szarvasmarhák is érzékenyebbek a táplálék magas réztartalmára. Így a talaj magasabb réztartalma is előnytelen számukra. A réz a talajokban nemcsak növényi tápanyagként, hanem szennyező anyagként is jelen lehet. Egyes talajokban a toxikus rézszintek természetes úton alakulhatnak ki, mint pl.: savanyú talajokban (Pethő, 1993), míg másokban az antropogén környezet nehézfém kibocsátása, bányászat, kohászat, mezőgazdaság és hulladékkezelés révén tartalmazhatnak toxikus mennyiségű rezet. Egyes adatok szerint a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása is okozhatja a talaj rézkoncentrációjának növekedését (Takács, 2001).

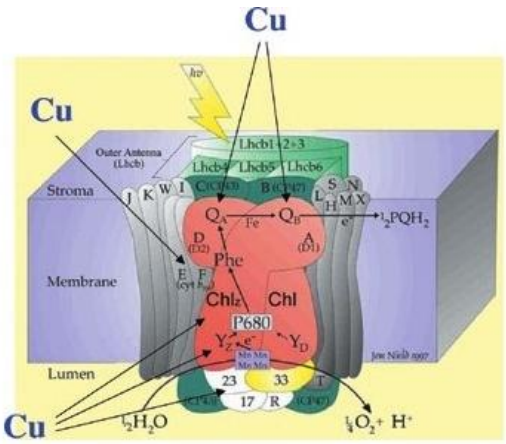
A rezet redox tulajdonságai teszik toxikussá is. A Cu^{2+} és Cu^{+} közötti váltakozáskor képes katalizláni a mérgező hidroxil gyököket, melyek károkat okoznak a DNS-ben, fehérjékben, lipidekben és más biomolekulákban is (Halliwell és Gutteridge, 1984). Magas koncentrációban rendkívül mérgezővé válhat, klorózis nekrózis léphet fel és gátolja a gyökér növekedését is (Van Assche és Clijsters, 1990; Marschner, 1995). Gátolja a növények növekedését és roncsolja a celluláris folyamatokat is (pl.: a fotoszintetikus elektrontranszportot). Magas réz mennyiség jelenlétében termesztett növények csökkenő biomassza mennyiséget és klorotikus tüneteket mutatnak.

Sejtszintű toxicitást következményei:

1. fehérje szulfhidril csoportok között kötődés kialakulása, ezzel gátolva az enzim vagy fehérje funkciókat,
2. más fontos ionok indukciós hiánya,
3. sejtszállítási folyamatok károsodása,
4. oxidativ károsodás kialakulása (Van Assche és Clijsters, 1990; Meharg, 1994).

Bizonyos Cu koncentráció felett kimutatták, hogy gátolja a növekedést és akadályoz fontos celluláris folyamatokat, mint a fotoszintézis és a légzés (Marschner, 1995; Prasad és Strzalka, 1999). Továbbá megfigyelték a zsírtartalom csökkenését, és a tilakoid membránok zsírsav összetételnek változásait is (Sandmann és Böger, 1980; Luna et al., 1994; Maksymiec et al., 1994). Az ilyen módosulások következtében a PS II membrán fluiditásának átalakulása következik be (Quartacci et al., 2000), másrészt a réz okozta fotokémiai aktivitás csökkenése megváltoztatja a tilakoid membránok szerkezetét és összetételét, amelyek a fényszakasz felépítését és funkcióját

befolyásolják (Baszynski et al., 1988; Ouzounidou et al., 1992; Lidon et al., 1993). Mivel a Cu ionok nagy erősséggel kötőnek a hisztidinhez, kísérletek során azt tapasztalták, hogy a Cu toxicitás a PS II szakaszt sokkal érzékenyebben érinti, mint a PS I szakaszt, ahogy az 5. ábrán látható (Droppa and Horváth, 1990; Barón et al., 1995, Ouzounidou et al., 1997). A réz toxicitásának legszembetűnőbb hatása a PS II szakaszban az oxigén képződésének gátlása változó fluoresszencia elfojtás kíséretében (Hsu and Lee, 1988; Samson et al., 1988 ; Mohanty et al., 1989).



5. Ábra. Túlzott réz fellépés a PSII szakaszban (Yrulea, 2005)
Figure 5.:Scheme of toxic copper action sites in PSII from plants (Yrulea, 2005)

Köztudott, hogy az átmeneti fémek, mint a Cu is katalizálják a hidroxil gyökök kialakulását (OH°) a szuperoxid ($O°_2$) és hidrogénperoxid (H_2O_2) közötti nem enzimatikus reakció révén, (ezt nevezzük Haber-Weiss reakciónak) (Halliwell és Gutteridge, 1984). Ezért a felesleges réz jelenléte oxidativ stresszt okozhat a növényekben,

az antioxidáns válaszok így növekednek az erősen megnövekedett mérgező oxigén szabadgyökök által. Ezen ismeretek alapján, megfigyelték, hogy a felesleges réz a növényekben oxidativ stresszt kiváltó folyamatokat és az antioxidáns utak egyes részeit generálja (mint az aszkorbát-peroxidáz (APX), monodehidro aszkorbát-reduktáz (MDHAR), dehidroaszkorbát-reduktáz (DHAR), glutation-reduktáz (GR), szuperoxid dizmutáz (SOD). (De Vos et al., 1992; Luna et al., 1994; Stohs and Bagchi, 1995; Navari-Izzo et al., 1998; Gupta et al., 1999; Drazkiewicz et al., 2003; Wang et al., 2004).

2.3.3. A cink

Az elem neve a német **Zink** névből ered. Magyarul horganynak is nevezik.

Tulajdonságai

A cink egy átmeneti fém. Szobahőmérsékleten kékes színű, rideg, porítható. Ötvözetei közül a sárgarezet már a történelem előtti időkben ismerték. Magát a cinket Európában csak 1300 körül állították elő, miközben a későókortól ismertek cinktárgyak és cinkkel bevont fémek. A vegyületeiben gyakorlatilag mindig +2 oxidációs számú. A rendszáma 30, a vegyjele Zn, a cinkcsoport első eleme. A relatív atomtömege 65,38. Kissé kékes árnyalatú, szép fémfényű elem. Közönséges hőmérsékleten rideg, 150–200 °C közötti hőmérsékleten kovácsolható. 200 °C fölött olyan rideg, hogy mozsárban porrá törhető. Jó elektromos vezető, szilárdsága csekély. Sűrűsége 7,14 g/cm³. A természetben a cink öt stabil izotópból áll; tizenhat további instabil izotópja ismert (Náray-Szabó

I.,1973). Egyike a legnagyobb mennyiségben használt fémeknek. Rézzel alkotott ötvözete a sárgaréz.

Előfordulása

Ásványos formában, mint szfalerit (ZnS), vagy wurtzit fordul elő. A cinkit (ZnO) gyakran mangánt tartalmaz, ekkor vörös színű. Egyéb cinktartalmú ásványok a smithsonit és a hemimorfit, valamit a willemit. A litoszférában a cink átlagos koncentrációja 80 mg/kg. Bowen (1979) művében megjelent adatok szerint a cink koncentrációja átlagosan a felszíni **édesvizekben** 15 μg/l, a tengervízben 5 μg/l. A világ szennyezetlen talajainak átlagos cinkkoncentrációja 50 mg/kg.

A **talajok** összes cinktartalmát a talajképző kőzet ásványainak cinktartalma határozza meg. A cink a különböző agyagásványok (biotit, augit, amfibol) kristályrácsaiban fordul elő. Ezenkívül Zn^{2+}, $ZnOH^{+}$, illetve ZnCl-alakjában szorptívan is kötődik a talaj ásványi részeihez (Mengel, 1976). Komplexképzési hajlama a rézhez hasonló. A talajokban leginkább az alumínium- és vas-oxidokhoz, illetve az agyagásványokhoz kötődik (Loch és Nosticiusz, 1992). A cink talajszelvényen belüli eloszlásában nem tapasztalható törvényszerűség (Stefanovits, 1992). Kádár (2002) arról számol be, hogy a talaj felső 30 cm mély rétegében található a növények számára felvehető cink zöme.

A mozgékonysága a talajban csekély, amely a savanyúság fokozódásával növekszik. Oldhatósága csökken a nagyobb szervesanyag-tartalommal, és az ezzel együtt járó biológiai tevékenységgel. Az agyagásványokon és a kalcium-karbonát felületén kicsapódik

(Stefanovits, 1992). Túlmeszezéskor, vagy magas pH-jú talajon számolni kell a Fe, Mn, Zn, Cu esetleges hiányával.

A magyarországi talajok összes cinktartalma tág határok között mozog. Győri (1984) vizsgálatai alapján a legkisebb a homoktalajok cinktartalma (30 mg/kg), az erdőtalajok többnyire közepes cinktartalommal rendelkeznek (70-115 mg/kg), míg a csernozjom talajokban a cink koncentrációja valamivel magasabb (120-150 mg/kg), mint az erdőtalajokban.

Felvehetősége

A növények számára a talajok összes cinktartalmának csak egy kis része hozzáférhető (Szabó et al., 1987). A cink mozgékonysága semleges és lúgos talajokon igen csekély. Több kutatást is végeztek, melyekkel bebizonyították, hogy a növények cink ellátottságát jelentősen befolyásolja a talaj oldható cink-koncentrációja és pH-ja (Parker et. al., 1990).

A növények a cinket viszonylag kis mennyiségben Zn^{2+}-ion, illetve kelatizált formában veszik fel a talajból. Wallihan és Heyman–Herschberg (1956, in Mengel,1976) munkája eredményeképpen kiderült, hogy a fiatal levelekben lezajló cinktranszport gyorsabb, mint az idősebb levelekben, illetve a fiatal levelek extraradikális cinkfelvétele jobb, mint az időseb leveleké. A növények cinktartalma mégis többszöröse a réztartalomnak. A cink felvételét a gyakorlatban döntően a talaj kémhatása és foszfortartalma határozza meg. Átlagos mennyisége a növényben 25 és 150 mg/kg szárazanyag. A levélszövet 20 mg/kg

szárazanyag alatti Zn tartalma az állomány elégtelen cinkellátottságára figyelmeztet.

A mikroelem felvételt a talajok reakcióállapota jelentősen befolyásolja. A cink felvétele más elemekhez hasonlóan módosul az egyéb elemek hiánya, vagy jelenléte az antagonizmusok és szinergizmusok által (pl. P x Zn antagonizmus, N x Cu szinergizmus). A P x Zn antagonizmus jelenségének magyarázata nem a képződő cinkfoszfát a talajban, mert a $Zn_3(PO_4)_2$ megfelelő Zn és P forrásul szolgálhat. A P-túlsúly azonban gátolhatja a Zn növénybeni transzportját, tehát a P x Zn antagonizmus a növényben játszódik le és faj, illetve fajta specifikus. Hazai tartamkísérleteket is végeztek a P x Zn antagonizmus kimutatására, vizsgálatára. Megállapították, hogy a P/Zn arányának ideális értéke a vegetatív növényi részekben 50–150 közöttire tehető. Amennyiben ez a P/Zn arány jelentősen 200 fölé emelkedik, a Zn-trágyázás hatékony lehet.

A nagyobb mértékű P x Zn antagonizmus mellett ismert egy kisebb mértékű antagonizmus is a Fe x Zn mikroelemek esetében (Zare et al., 2009). A gyökérszőrök sejtjeinek felületén lévő kötőhelyeken kompetíció alakul ki a Zn^{2+} és a Fe^{3+} ionok között. Ha a talajban cinktöbblet van, az zavarja a vas felvételét, de a vas többlete ugyanakkor nem okoz zavart a cink felvételében (Lee et al., 1969, in Bákonyi, 2013).

Kádár Imre 2008-ban összefoglalta a mintegy 30 országot átölelő FAO felmérések eredményét, különös tekintettel a talajok réz és cink ellátottságára. Ezek alapján megállapította, hogy a hazai talajok és növények egyaránt alacsony Zn-ellátottságot jeleztek. A növények átlagos koncentrációja a 23., a talajoké a 21. volt a rangsorban, tehát azon 7–9 ország közé tartozunk, ahol a legalacsonyabb koncentrációkat

mértek. A talajok felvehető cink készlete és a növényi Zn-tartalmak kiugró, extra nagy értékeket nem mutattak, a termőterületek nem szennyezettek. A meszes és foszforral is jól ellátott talajokon a cink-igényes kultúrák (elsősorban a kukorica) cinktrágyázást igényelhetnek.
A talajba került cink az egyik legkönnyebben felvehető nehézfém a növények számára. Mivel a cink könnyen bekerülhet a táplálékláncba, a legveszélyesebb hatású nehézfémek közé sorolható.

Élettani szerepe

- A cink enzimalkotó (szénsavanhidráz, alkohol dehidrogenáz, DNS polimeráz), valamint enzimaktivátori szerepet tölt be (pl. enoláz, aldoláz, karboxipeptidáz, lecitináz). Ez a két szerep nem teljesen független egymástól, mert egyes esetekben a cinkionok közbenjárásával kialakult fehérjeszerkezet eredményezi a fehérje megnövekedett enzimaktivitását. A cinket tartalmazó metalloenzimekben a cinkion elsősorban elektronpár-akceptorként, Lewis-savként játszik szerepet. Azok az enzimek, amelyek karbonsav észterek, amidok, peptidek vagy foszfátok hidrolízisében vesznek részt, majdnem mindig cink (II) iont tartalmaznak az aktív centrumban.
- A peptidázok aktivitásával részt vesz a nitrogén anyagcserében.
- A mangánnal kölcsönhatásban az auxintermelés serkentése révén a növényi növekedés szabályzásában van nélkülözhetetlen szerepe. Az auxin képződés serkentése azon alapszik, hogy a cink katalizálja a triptofán szintézisét. A triptofán a B-indolil-ecetsav prekurzora. A cink közvetve elősegíti az auxin képződést, míg a mangán az auxin felesleg kialakulását gátolja. A két elem így együttesen szabályozza a növények növekedését (Várallyay et al., 2009).

• Az inzulin termelését és lebontását, glükóz-és lipid anyagcserét, a nemi hormonok megfelelő működését is befolyásolja (Pais, 1980). A cink egy újabban felfedezett szerepe azokhoz a fehérjékhez kapcsolódik, amelyek a DNS bázisszekvenciájának a felismerésében játszanak szerepet, a genetikai információ átadását szabályozzák. Ezek az úgynevezett "cink ujjak" (zinc fingers) 9–10 cink (II) iont tartalmaznak tetraéderes koordinációban (Simon és Szilágyi, 2003).

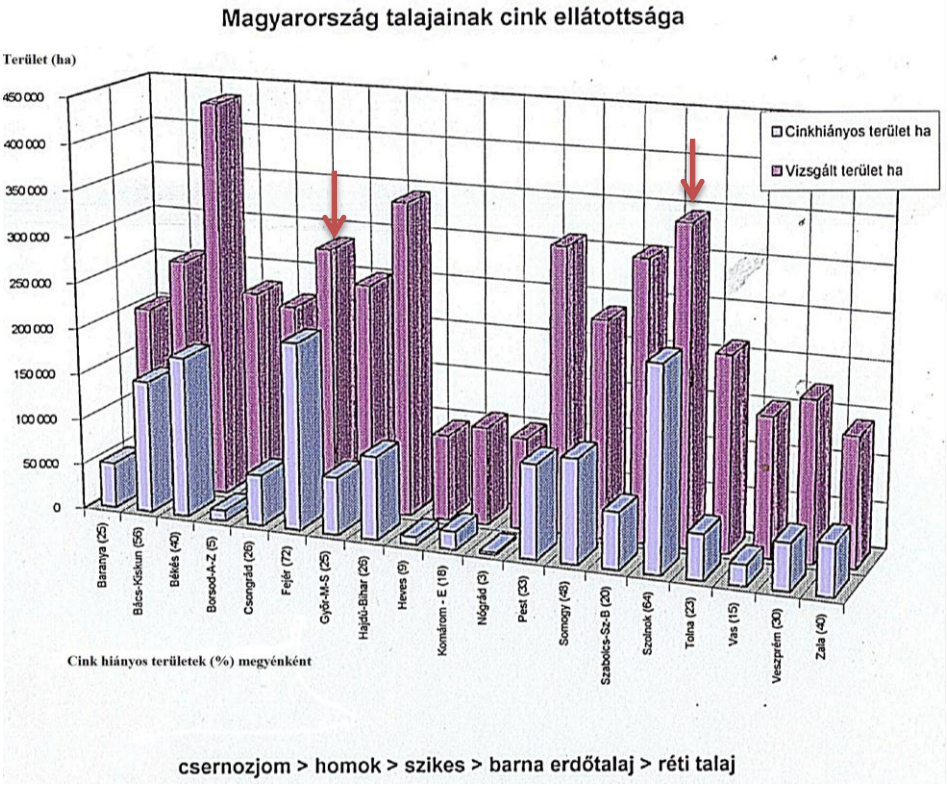
• A növényeken kívül az állati és emberi szervezetekben is rendkívül fontos szerepet tölt be. A sejtmembrán integritásának fenntartásában is elengedhetetlen szerepe van. Cink nélkül a membrán sérülékennyé, és a káros hatásokkal szemben kevésbé ellenállóvá válik, amely a sejt életképességének nagymértékű csökkenését vonja maga után. Mindezek függetlenek a sejttípustól, vagyis valamennyi sejtre jellemzőek.

• A legtöbb irodalom arról számol be, amíg a gabonafélék viszonylag kevéssé, a burgonya, a paradicsom, a cukorrépa és a lucerna közepesen érzékenyek a Zn hiányra, addig a kukorica, a komló, a len és a bab, jelentős termésveszteséggel válaszol az elégtelen Zn ellátottságra. Saját kísérleteink alapján azonban megállapítottuk, hogy a gabonafélék közül az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) hasonlóan a kukoricához mind termésminőségi, mind mennyiségi szempontból érzékenyen reagál a cink hiányára.

Hiánya és toxikus tünetei

Az életfolyamatokban betöltött szerepe miatt elsődleges feladat a növényi szervezetekben megszüntetni a cink hiányát. Hazánk talajainak országos kiértékelését a talajvizsgálatok első és második szakaszának lezárulása után kezdték el. A felmérések alapján, a vizsgált területek cca. 50 %-a mondható cink hiányosnak (Várallyay et al., 2009). Más források szerint ez az arány akár a 60%-ot is elérheti (Kádár, 2008).

Jász-Nagykun-Szolnok és Fejér megyében a cink hiányos területek, a vizsgált területek 85-87%-át tették ki (6. ábra).



6. Ábra: Magyarország talajainak Zn ellátottsága a MÉM NAK-os felmérések alapján (Kádár, 2008.)
Figure 6.: The zink content of soil of Hungary, from MÉM-NAK (Kádár, 2008.)

A cinkhiányos területek leginkább az ország ÉNy-DK átlója mentén elterülő meszes talajokon helyezkednek el, ahogy azt a 6. ábra is mutatja. Ahol a talaj vizsgálati eredmények alapján a legmagasabbak a foszfortartalmak is. Éppen ezen a területen folyik a legkiterjedtebb kukoricatermesztés is.

Termesztett növényeinknél cinkhiány esetén a felső levelek érközi klorózisa, majd a levéllemez teljes kifehéredése tapasztalható. A növényi

növekedés leáll, az ízközök lerövidülnek, a levelek rozettásak lesznek. A fellépő auxinhiány miatt, torzulás, valamint törpe szártagúság figyelhető meg. A cinkhiány a kukoricán és a cirkon a legszembetűnőbb. Az egészen fiatal leveleken is jellegzetes, úgynevezett „rügyfehéredést" figyelhetünk meg, azaz világossárgák, közel fehér színűek lesznek. Az állomány lemarad az adott fenológiai fázisra jellemző növénymagasságtól. A hiány következtében az idősebb leveleken a középér mellett mindkét oldalon fehéres-halványsárgás klorotikus csíkok alakulnak ki. Ezek a levélalaptól egészen a csúcsig futnak, miközben a középér, a levélszél és a levélcsúcs zöld marad. Tartós hiány esetén a levél szürke, bronzszínű lesz, majd elhal.

Amennyiben a cink hiányát nem sikerült pótolni a vegetatív szervek mellett a generatív szerveken is megfigyelhetjük a hiánytüneteket. Krónikus cinkhiány esetén a virágképződés késik, sőt sok esetben el is marad, abnormális gyökérképződés, gyümölcsöknél ecsetágúság alakulhat ki. A virág- és termésképzési zavarok következtében erős hiány esetén akár 80 %-kal is csökkenhet a hektáronkénti termés mennyisége.

Hiány következtében az RNS és DNS polimeráz aktivitása csökken, a biomembránok oxidatív sérülése könnyebben megy végbe (Pais, 1980). Cink hiányában az anyagforgalmi zavar következményeként a termés mennyiségének csökkenése mellett jelentős minőségromlással is számolnunk kell. A cinkhiány a kezdeti tünetek megjelenésekor még orvosolható, azonban gyakorlati szempontból legnagyobb jelentősége a talajvizsgálatokon alapuló megelőzésnek van (Kalocsai, 2004).

Hazai körülmények között a cink feleslege csak ritkán fordul elő. A tünetek hasonlóak a vas-, illetve a mangánhiányhoz. A növények a

növekedésben visszamaradnak, látszólag a klorózisra hasonlító külső jeleket mutatnak, majd elhalnak. Az árpa különösen érzékenyen reagál a cink többletre.

2.4. Növényi tápanyag felvétel

A növények az életben maradáshoz szükséges anyagokat a környezetükből veszik fel. A növényekben egyszerre folynak mind a felépítő, mind a lebontó folyamatok (Pecznik, 1976).

A talajban a gyökérzeten keresztül, vagy a levélzeten (levegő, lombtrágya stb.) keresztüljutnak a megfelelő tápanyagokhoz. A növények a tápanyagok zömét a talajból veszik fel, melyek fő forrása a kőzetek és ásványok fizikai és kémiai mállásából, valamint a talaj szerves anyagainak bomlásából keletkező anyagok. A tápanyagfelvételt nagymértékben meghatározza a talaj szerkezete, összetétele, ezen belül is az agyag frakciója és kémiai összetétele, a humusz, a talaj víztartalma, talajoldat összetétele, pH, stb.

A gyökérrendszerben passzív és aktív anyagcsere-folyamat zajlik, mely befolyásolja a növényi tápelem-ellátottságot (Biró et al., 1993; Biró, 2003.). A tápelem felvételt számos környezeti tényező befolyásolja, azonban ezek mellett fontos szerepet játszanak a különböző mikrobák is. A mikrobák jelentőségét egyre többen kutatják. Megállapították, hogy a gyökérrel dús zónákban a mikrobák száma 10-100-szorosa is lehet a gyökerektől mentes zónához képest (Hiltner, 1904). A rhizóbiumok, baktériumok és gombák a tápanyag-szegény területeken növelhetik a mikroelemek áramlását. (Biró, 2003; Németh et. al., 1993; Lehoczky és Debreceni, 2003).

A talajból történő tápanyagfelvétel során, három szakaszt tudunk elkülöníteni. Elsősorban a hajszálgyökereiken át jutnak tápanyagokhoz.

Az **első szakaszban** a tápanyagok megkötődnek a gyökérszőrök felületén, amely az adszorpció, a diffúzió és az ozmózis jelenségein alapul. A gyökérszőrök sejtjeinek felületén lévő ionok ekkor még könnyen kimosódhatnak, illetve kicserélődhetnek. A hajszálgyökerek élettartama igen rövid, összesen 2-3 nap. Folyamatosan megújulva jutnak mindig újabb és újabb talajszemcsékhez, így jutva folyamatosan vízhez, különböző ionokhoz. A hajszálgyökerek az ionokat közvetlen adszorpció révén, vagy a gyökerek által termelt különböző vegyületekkel történő reakciója révén veszik fel. A felületen történő adszorpciót az ion elektromos töltése szabályozza, a sejthártyán való átjutását pedig a sejtben lejátszódó életfolyamatok határozzák meg.

A **második szakaszban** a tápanyagok elnyelődése történik. Ekkor a növény a számára fontos elemeket veszi fel, melyre adott ételfolyamatban a leginkább szüksége van. Ez az első szakaszhoz képest egy jóval lassabb folyamat. A felvétel intenzitását, a növényi állapoton túl, különböző környezeti tényezők is befolyásolják: hőmérséklet, csapadék stb.

Az elnyelődött tápanyagok az ún. **harmadik szakaszban** jutnak el a szállítószöveteken keresztül rendeltetési helyükre. A talajból felvett tápanyagok bekerülve a szállítórendszerbe, transzspirációs áramlással a növény részeibe kerülnek. A mai napig sem ismert pontosan ez a mechanizmus. Elsősorban a tenyészőcsúcs felé szállítódnak, de a gyökér is felhasználja a növekedéséhez ezeket (Buzás, 1983).

A különböző esszenciális mikroelemeknek fontos szerepe van a növényi transzport folyamatokban, többek között faktorként

szabályozzák a sejt ioncseréjét, valamint a lejátszódó kémiai reakciókat enzimek katalizálják, így az enzimalkotó mikroelemek fontos szerepet töltenek be e folyamatokban.

A növények a levélen keresztüli tápanyag-felvételre csak bizonyos környezeti tényezők mellet képesek, ugyanis a levelek elsődleges szerepe a fotoszintézis. Csak meghatározott vegyületekkel és adott körülmények között lehet sikeres a levélen keresztüli tápanyagfelvétel.

A levelek felületét kutikula réteg borítja, melynek permeabilitása a levél korának előrehaladtával csökken. Az ionok kutikulán történő áthaladása leginkább a bőrszövet turgorállapotától függ, a sejtfalon átjutva szorptívan kötődnek, majd a protoplazmába jutnak.

Az oldatok, ionok kutikulán való áthaladása kétféleképpen történhet:

1. A légzőnyíláson keresztül, de az áthaladás nem jelentős, mivel a légzőnyílások a sejtközi terekkel vannak kapcsolatban, így a kétirányú gázdiffúzió gátolja a tápanyag bejutását.
2. A bőrszövet turgor (duzzadási) állapotával szabályozva lehetőséget biztosít az ionoknak a sejtfal elérésére.

A tápanyag ionok a sejtfalon átjutva adszorptíve megkötődnek, majd a protoplazmába jutnak. Ezt a folyamatot a pH erősen befolyásolja. A leveleken felvett ionok mozgása nagymértékben különbözik egymástól. Az alkálifémek (K, Na), a halogének (Cl), a kén és a foszforsav mozgékonyak, az alkáliföldfémek (Ca, Mg) alig mozdulnak el a felvétel helyétől, míg a különböző nehézfémek (Fe, Cu, Mn) átmenetet képeznek az előbbi két csoport között. A növény levelein történő tápanyagfelvétel során a felületről a tápanyag hamar, a felhasználás helyére, a levélsejtekbe kerül.

Szakál és Pécsi (1993) megállapításai szerint a levéltrágyázás hatására bekövetkező fő tápanyagfelvételt nagymértékben befolyásolják az időjárási körülmények. Eső, köd, harmat segíti a tápanyagfelvételt, mely a levegő széndioxid tartalmának hatására tovább fokozódhat.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság-és Élelmiszertudományi Karán,– mely a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság-és Élelmiszertudományi Kar jogelődje – a Víz és Környezettudományi Tanszékén Dr. Szakál Pál, és az IKR Agrár Kft. Technológia- Fejlesztési Ágazatánál Dr. Pecze Zsuzsanna szakmai irányításával végeztem vizsgálataimat.

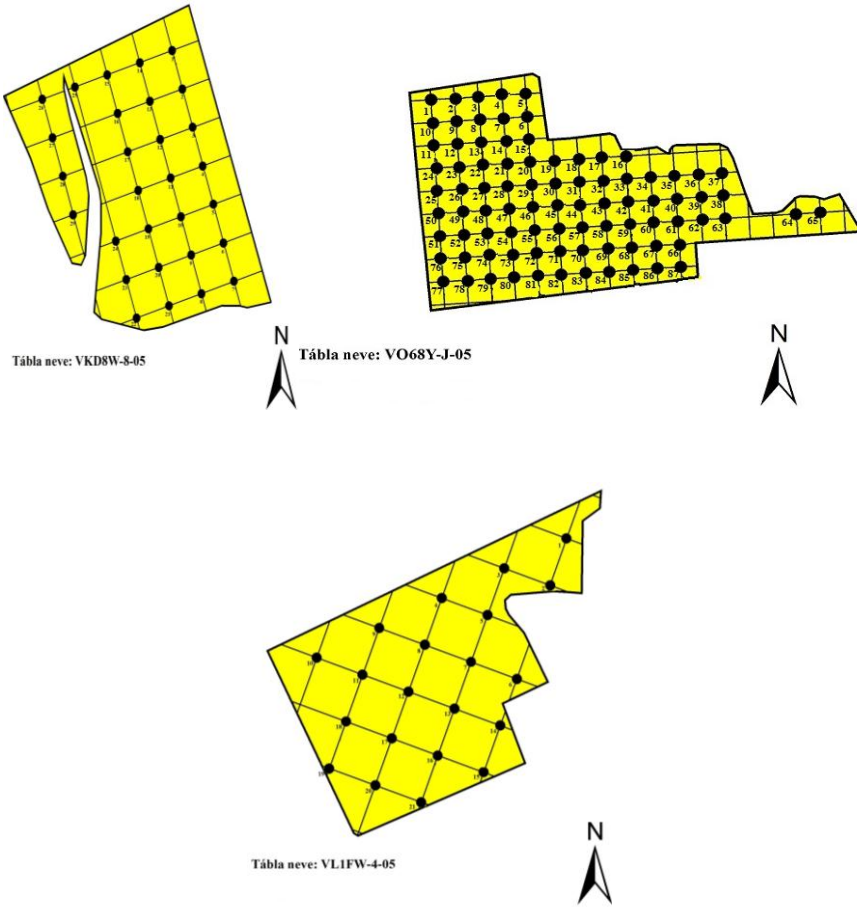
Kísérleteinket a Tolna-megyei Regölyben végeztük 2011-ben, 2012-ben, és 2013-ban, mészlepedékes csernozjom talajokon őszi búzában (*Triticum aestivum* L.).

3.1. Kísérleti területek kiválasztása

A területek, kísérletbe vont táblák kiválasztásánál a területen rendelkezésünkre álló 3 hektáros sűrűségű precíziós talajvizsgálatok eredményeire támaszkodtunk.

Az előzetes talajvizsgálatok alapján kiválasztott három táblán kiegészítő, 1 ha-os sűrűségű GPS támogatott gépi minta-vételezést végeztünk. Átlós minta-vételi módszerrel, a szántóföldi minta-vételezési előírásoknak megfelelően 0-30 cm-es mélységben. A minta-vételi tervek elkészítéséhez 20-30 cm-es pontosságú **Trimble GeoXT GPS**-el felmértük a mintázandó területeket, majd a területek határvonalának koordinátáit saját fejlesztésű **ArcGIS** alapú rendszerünkbe olvasva, a területeket felosztva elkészítettük a hálós minta-vételi terveket.

A *shp formátumban készített tervek a 7. ábrán láthatók.



7. Ábra: Talajminta-vételi tervek, (saját készítés, 2010.)
Figure 7.: Maps of soil sampling (self made, 2010.)

Ezeket a *shp fájlokat a terepi eszközbe importáltuk és e tervek alapján átlós mintavételt végezve haladtunk. Egy átlagminta 1 ha-t reprezentált, és 20-25 részmintából tevődött össze. A részmintákat összekevertük, bezacskóztuk, felcímkéztük, a címkék sorszámát a minta-vételi pontok sorszámának megfelelően adtuk, majd a mosonmagyaróvári

sYnlab Umweltinstiut Ungarn Kft laboratóriumába szállítottuk. A laboratóriumban bővített talajvizsgálatot végeztettünk. A vizsgálati sorban:

- a talaj kémhatása (pH),
- az Arany-féle kötöttség,
- az összes sótartalom,
- a szénsavas mésztartalom,
- a humusztartalom,
- az oldható foszfor- és káliumtartalom,
- az oldható Na-tartalom,
- az oldható nitrit- és nitrát-nitrogén,
- valamint a szulfát-kén, az oldható Cu, Mn és Zn tartalom
- termőhelyi kategória szerepel

A talajvizsgálati eredményeket 3RP System programmal elemeztük, táblánként és minta-vételi terenként egyaránt. A vizsgált elemek átlagértékei a 4. táblázatban láthatóak.

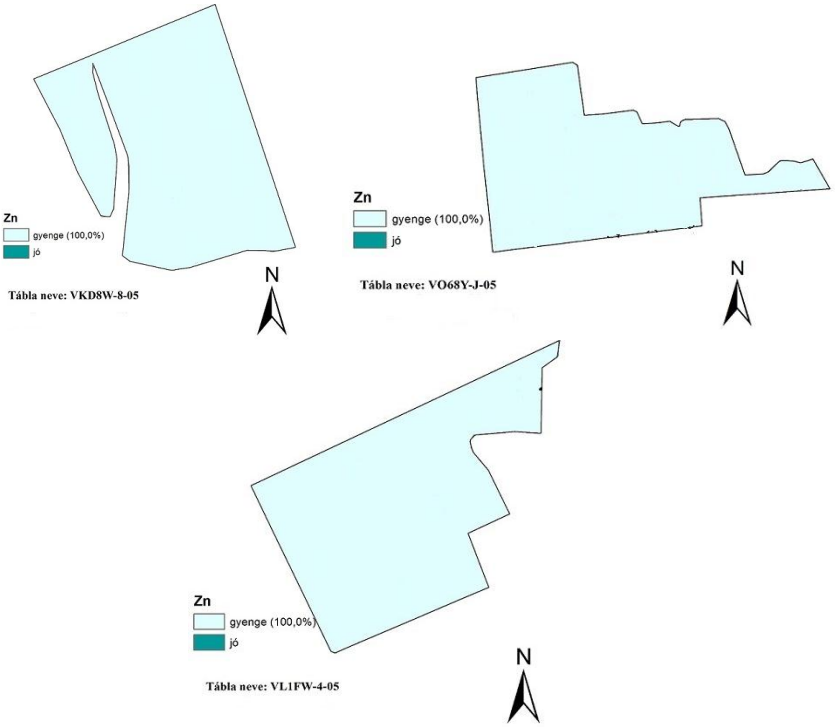
4. Táblázat: Talajvizsgálati eredmények, Regöly 2010., IKR Zrt
Table 4.: Soil physical-and chemical characetistics at Regöly 2010., IKR Co

Tábla	pH (KCl)	Ka	$CaCO_3$	Humusz	NO_3-N	P_2O_5	K2O	Mg	Na	Zn	Cu
			%	%	mg/kg						
R12/1	7,58	36	17,72	1,96	52,2	129	182	153	47	0,6	0,84
R3-4	7,5	37	6,44	1,99	156,4	144	218	152	34	0,6	1,49
BogarasII	7,36	38	6,59	2,85	12,6	171	211	137	35	0,8	0,96

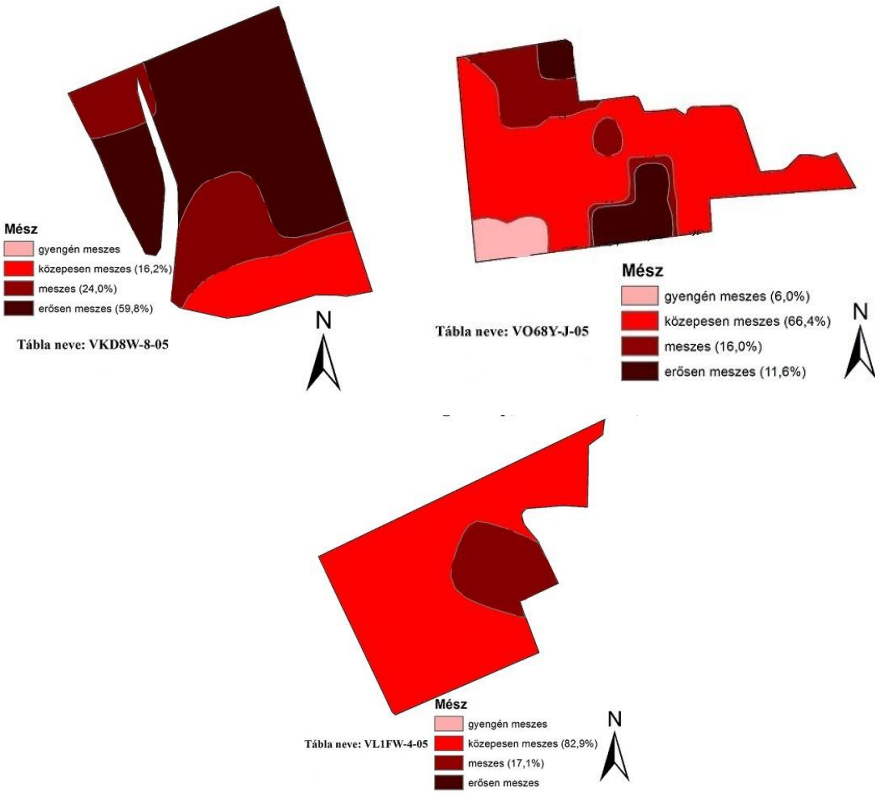
A talajvizsgálati eredményeket nemcsak táblázatosan értékeltük, hanem térképileg is ábrázoltuk. A pontszerű mérési adatokból interpolált térképeket készítettünk. Így a kapott laboratóriumi adatokat a minta-vételi helyekhez rendeltük és elkészítettük a tápanyag-ellátottsági

térképeket. A precíziós talajvizsgálati eredmények alapján a területek réz (8. ábra), cink (9. ábra), mész (10. ábra) és foszfortartalma (11. ábra) volt a meghatározó a kísérleti területek kiválasztásánál, valamint hogy nagymértékben sík terepen tudjuk végezni a vizsgálatainkat.

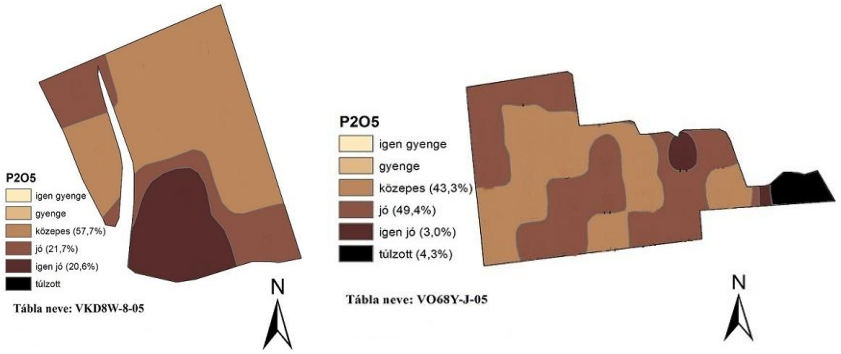
8. Ábra: Réz ellátottsági térképek (saját készítés, 2010.)
Figure 8.: Maps of copper supply (self made, 2010.)

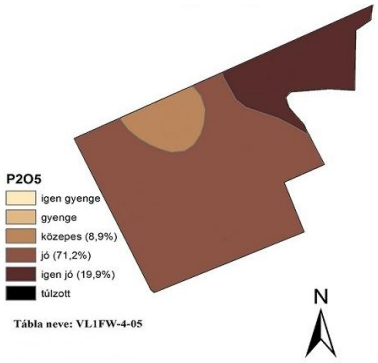


9. Ábra: *Cink ellátottsági térképek (saját készítés, 2010.)*
Figure 9.: Maps of zinc supply (self made, 2010.)



10. Ábra: Mész ellátottsági térképek (saját készítés, 2010.)
Figure 10.: Maps of carbonat supply (self made, 2010.)





11. Ábra: Foszfor ellátottsági térképek (saját készítés, 2010.)
Figure 11.: Maps of phosphorus (self made, 2010.)

A réz és cink hiányos, alacsony humusz valamint magas foszfor és mésztartalmú területeket választottunk ki. A magas foszfortartalmú talajoknál a cinkhiány dominánsabban mutatkozik, és gátolja a réz felvételét. Magas mésztartalmú területeken csökken az oldható réztartalom. Egyes humusz frakciók a rezet erősen kötik, valamint a humusztartalomhoz mérten határozhatjuk meg a megfelelő réz mennyiségét az egyes területeken. A sík terep azért volt lényeges tényező, hogy a kísérletek során viszonylagosan homogén kezelési egységeket tudjunk kialakítani, a domborzati viszonyok kevésbé befolyásolják kísérleteinket.

2011-ben az **R12/1**-es 29,21 ha-os táblát választottuk ki. *Lupus III. fok.* őszi búza fajtában végeztük a kísérleteket.

Növényvédelmi munkákat:

- 2011. április 15-én GranStar + Navis+ Ciocel kombinációval,
- 2011. május 03-án Opera New növényvédő szerrel,
- 2011. május 12-én Fendona-val végeztek.

2012-ben az **R3-4**-es jelű 79,19 ha-os táblán állítottuk be a kísérleteket, *MV Kolo* fajtával.

Növényvédelmi munkákat:

- 2012. április 29-én Granstar Super SX, és Inovis szerekkel,
- 2012. május 15-én Fendona rovarirtó szerrel,
- 2012. május 19-én Opera New növényvédő szerrel végeztek.

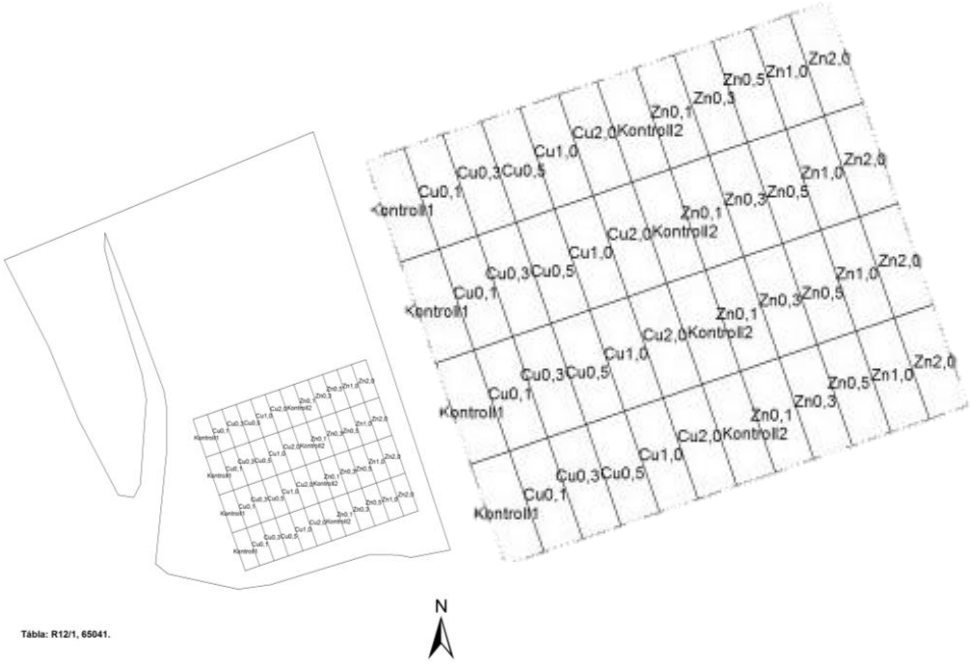
2013-ban a **Bogaras II** nevű 22 ha-os területen dolgoztunk, szintén *MV Kolo* őszi búza fajtával.

Növényvédelmi munkákat:

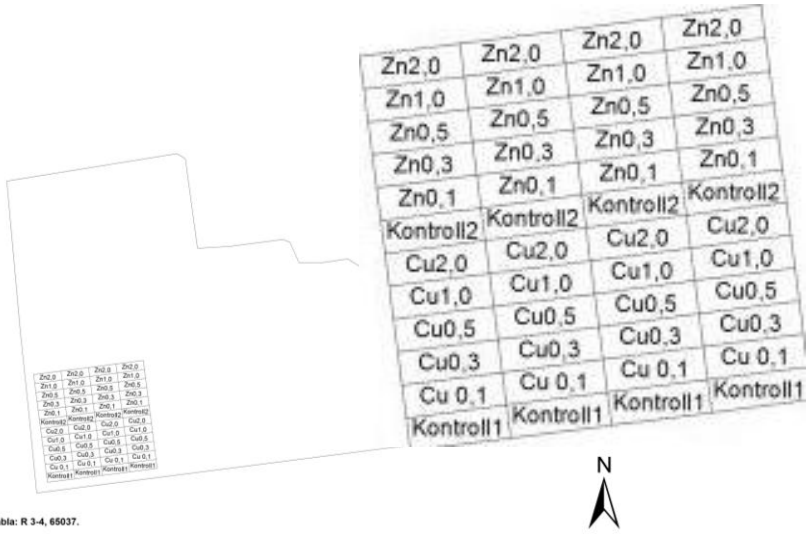
- 2013. április 10-én Sekator és Falcon Pro szerekkel,
- 2013. május 8-án Efória,
- 2013. május 20-án Cherokee növényvédő szerrel végeztek.

3.2. Kísérleti parcellák meghatározása, kijuttatás megtervezése

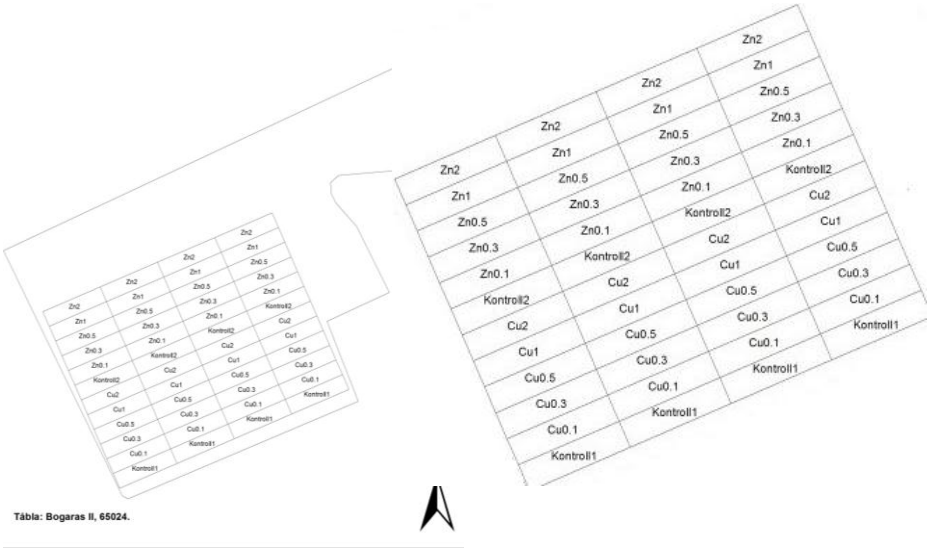
A táblák kiválasztása után a parcellákat kellett kijelölnünk táblán belül, így a talajvizsgálati és domborzati tényezőket figyelembe véve, meghatároztuk és Trimble GeoXT GPS-el kijelöltük a kezelni kívánt parcellákat az *shp formátumban előre elkészített határvonal fájlok segítségével (12. ábra), majd az adatbázis szerverünkön tárolt már meglévő táblahatárokhoz rögzítettük. A parcellák megtervezésénél fontos szempont volt, hogy a kijuttató berendezés munkaszélessége 24 m, így minden parcella szélességét ehhez igazítottuk.



Tábla: R12/1, 65041.



Tábla: R 3-4, 65037.



12. Ábra: Kísérleti parcellák elhelyezkedése (saját készítés 2011, 2012, 2013.)

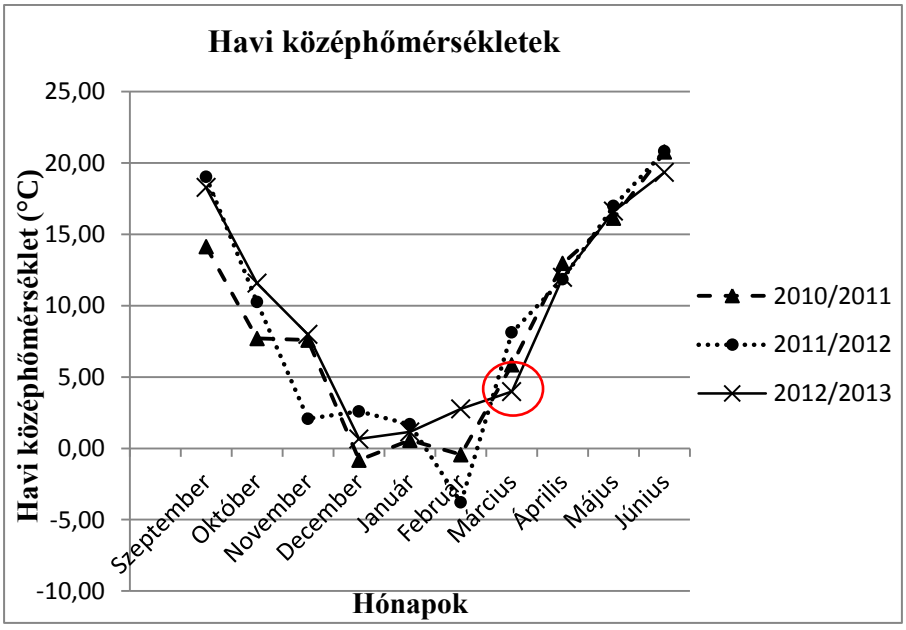
Figure 12.: Experimental plots location (self made 2011, 2012, 2013.)

A parcellákat, ahogy a 12. ábrán is látható:

- *sávos* elrendezésben, *4 ismétlésben* kezeltük,
- *két fenológiai fázisban*, szárba szökkenéskor és virágzáskor,
- *dózis sorokat* állítottunk be, az alkalmazott réz és cink dózisok: 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 2,0 kg/ha volt mindhárom évben,
- A megadott sűrűséggel *8 l/ha mennyiségű* lombtrágyát juttattunk ki valamennyi parcellán.

Előkíséreltek alapján igyekeztünk a dózis sort beállítani. A növények tápanyag igényének figyelembe vételével számoltuk ki a kijuttatott adagokat. Alacsonyabb és magasabb dózisokat is alkalmaztunk a növény igényeihez képest. A lehetőségek száma nem lehetett határtalan, de szerettük volna kihasználni a tartomány szélességét, ezért dolgoztunk a fenti dózisokkal.

Kísérleteinket az **időjárási tényezők** is befolyásolták. Mindhárom évben a tenyészidőszakban hasonlóan, átlagosan alakult az évi középhőmérséklet, bár pár fokkal magasabb volt az előző évekhez képest. A 2010/2011-es gazdálkodási évben: 8,44°C, a 2011/2012-es gazdálkodási évben: 8,96°C és a 2012/2013-as gazdálkodási évben: 9,43°C volt. Az alábbi diagramon bemutatom a három vizsgált évben a havi középhőmérsékletek alakulását (13. ábra).



.

13. Ábra: Havi középhőmérséklet a búza tenyészidőszakában a vizsgált három évben (2011, 2012, 2013)
Figure 13.:Monthly mean temperature in the wheat growing season of the years: 2011, 2012, 2013

Mindhárom évben nagyon eltérő csapadékviszonyok mellett végeztük kísérleteinket (5. táblázat). A 2010-2011-es gazdálkodási év rendkívül aszályos volt, köszönhetően annak, hogy 2011 szélsőségesen

száraz év volt, kiugróan alacsony volt a tenyészidőszakban a csapadék összege (164 mm). A 2011-2012-es gazdálkodási év csapadék szempontjából szintén aszályosnak mondható, mivel márciusban csupán 2 mm csapadék hullott. Az utolsó kísérleti évben az előző két évvel ellentétben rendkívül csapadékos volt a tavasz. Kiugró értéket a márciusi csapadék (hó formájában) és az ezzel járó alacsony hőmérséklet mutat.

5. Táblázat: Csapadékeloszlás a búza vegetációs ideje alatt a kísérleti területeken

Table 5.: Distribution of prectipitation in the pilot areas

Hónap	**2010-2011 (mm/hónap)**	**2011-2012 (mm/hónap)**	**2012-2013 (mm/hónap)**
Szeptember	42	46	83
Október	40	131	41
November	0	43	66
December	82	61	4
Január	0	17	54
Február	0	42	83
Március	0	2	102
Április	0	23	35
Május	0	60	55
Június	0	27	45
Összesen:	**164**	**452**	**568**

3.3. A kísérletek során felhasznált anyagok

Kísérleteink során **réz szacharóz komplexet** (14. ábra bal) és (14. ábra jobb) **bázisos cink-karbonát mikroelem** tartalmú lombtrágyát használtunk.

Az anyagok minden esetben másodlagosan hasznosított az iparban keletkezett hulladékból előállított, az ökológiai gazdálkodásban is engedélyezett szerek.

14. ábra: Kijuttatott műtrágyák (saját felvétel, 2011.)
Figure 14.: Sprayed fertilizers (own pictures, 2011.)

3.3.1. Réz-szacharóz komplex

A szegedi egyetemen Dr. Burger Kálmán akadémikus által kifejlesztett réz-szacharóz komplexet a NYME-MÉK kémiai tanszékén Dr. Szakál Pálnak sikerült stabilizálni és biztosítani annak a mezőgazdasági felhasználását. Nagyüzemi körülmények közötti felhasználás során a szacharózt - mint komplex képzőt, a vinasz szabad szacharóz tartalmából is nyerjük. A hulladékként keletkező, savas 0,5 pH-jú réz-szulfát oldatot lúggal keverve szacharóz hozzáadásával állítható elő a végtermék, amelynek pH-ja 8,8. A keletkező kékeszöld

színű szacharóz komplex szárazanyagra vonatkoztatva 3,6 m% rezet tartalmaz.

3.3.2. Bázisos cink karbonát

A bázisos cink karbonátot a gyógyszeripari gyártás intermedier termékének, a savas kémhatású cink-klorid, illetve cink-szulfátból nyerjük. A nátrium-karbonáttal történő lecsapatás során keletkező nátrium tartalmat vizes mosással távolítjuk el. Az így nyert bázisos cink-karbonát nagy tisztaságú, mivel a felhasznált cink alapanyagok nem kohászati, hanem elektrokémiai leválasztás útján kerültek előállításra. A keletkező anyag szárazanyagra vonatkoztatva 48 m% cinket tartalmaz.
Képlete: $ZnCO_3 . 2Zn(OH)_2 . H_2O$

3.4. A kijuttató rendszer bemutatása

A kijuttatásokat **Dammann DT 2000 H Plus** önjáró permetezővel végeztük, mely GPS-el felszerelt, így a kezeléseket, a kijuttatott mennyiségeket pontosan rögzítettük. A permetező 24 m munka szélességgel rendelkezik, 5000 l-es tartálya van, valamint D-A-S dupla légrásegítő rendszerrel felszerelt. Légbeszívásos fúvókákat használnak a kijuttatáshoz, ISO BUS-os MC 1-es a precíziós gazdálkodáshoz elengedhetetlen fedélzeti számítógéppel felszerelt, mellyel jobb hatásfokot tudnak elérni a vegyszerfelhasználásban is. USB csatlakozásával az adatok könnyen fel- és letölthetőek, pendrive-ra menthetőek. A szivattyúteljesítménye 320 l/min. A permetező alkalmas terv alapú kijuttatás vezérlésre, permetezési adatokat, navigációs térképet, keretszakaszolást egyidejűleg meg tud jeleníteni.

A permetezőbe a már előre elkészített sűrűségű lombtrágyákat az oldalsó keverő tartályon keresztül töltöttük be, folyamatosan víz adagolásával (15. ábra).

15. Ábra: Réz-szacharóz komplex és Cink-karbonát tartalmú lombtrágya betöltése Damman permetezőbe (saját felvétel, 2013.)

Figure 15.: Loading the copper-containing and zink-carbonate containing foliar fertilizer to Dammann sprayer (own picture, 2013.)

A parcellák előre elkészített *shp formátumú határvonalát betöltöttünk a fedélzeti számítógépbe és ezek alapján végeztük a kezeléseket. A kijuttatásokat a permetező pontosan rögzítette, így azokat az elemzésekkor fel tudtuk használni (16. ábra).

16. Ábra: A kijuttatás rögzítése a permetező fedélzeti számítógépén (saját felvétel 2011.)

Figure 16.: Dammann sprayer computer, the recording of the application (own picture 2011.

3.5. Vizsgált paraméterek, vizsgálati módszerek

Kvantitatív tulajdonságok:

- Hozam (t/ha)- New Holland CR9070 típusú kombájn, valamint súlymérő talp

Kvalitatív tulajdonságok:

- Sikértartalom (m%)- FOSS Infratec 1241 típusú gabona analizátor
- Nyersfehérje-tartalom (m%) - FOSS Infratec 1241 típusú gabona analizátor
- Zeleny-szám (ml)- FOSS Infratec 1241 típusú gabona analizátor
- W-alveográfos érték (J)- FOSS Infratec 1241 típusú gabona analizátor
- Kémiai növényanalízis, mikroelem tartalom – ICP (2010/2011 gazdálkodási évben végeztünk vizsgálatot)

Térképekészítés, hozam és minőségi paraméterek elemzése:

- térképkészítés- New Holland PSF szoftver
- elemzések- Arc GIS alajpú saját fejlesztésű szoftver

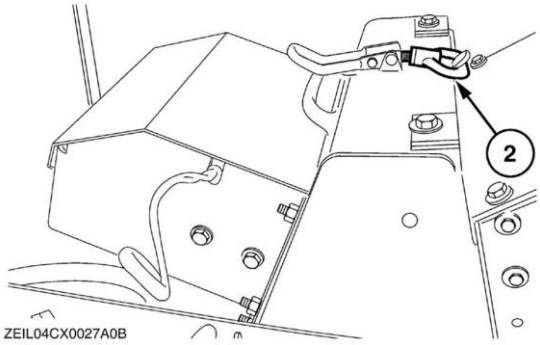
Statisztikai értékelések:

- Excell 10.0

3.5.1. Betakarítás, hozammérés

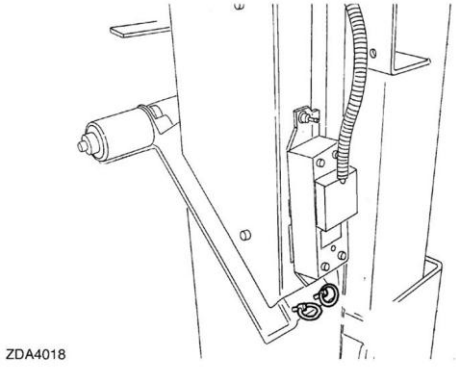
Betakarítást GPS-el hozamtérképezős és nedvességmérős rendszerrel rendelkező New Holland CR9070 típusú IntelliView monitorral felszerelt kombájnnal végeztük. A **hozammérő** tömegáram mérő, egy ütközőlapos szenzor. A szemek az ütközőlapnak csapódnak. Az ütközőlap az erőt egy erőmérő cellának adja tovább. Kalibrálás során az itt mért erőt feleltetjük meg a hozamnak. A rendszerben gyárilag megadott paraméterek vannak erre növényfajonként, de a pontos mérés érdekében a szenzor kalibrálandó (17. ábra). A szenzor az elevátor felső forduló pontjánál van elhelyezve –ahogy az elevátor elemek viszik fel a

szemeket és átfordulnak a felső holtponton, neki dobják a szemeket az ütköző lapnak.



17. Ábra: New Holland hozammérő szenzor
Figure 17.: New Holland yield sensor

A **nedvesség mérés** kapacitív elven működik. A szenzor az elevátor oldalára van felszerelve (18. ábra). Ezeknek a szenzoroknak a relatív pontossága adott – működési elvénél fogva 1% szemnedvesség növekedés hatására 1%-al fog nőni az általa adott érték. Kalibráláskor abszolút értelemben kell helyére tenni a mérési értéket: tehát ha 5%-al kevesebbet mérünk, akkor el kell tolni 5%-al fölfele.



18. Ábra: New Holland szemnedvesség mérő szenzor
Figure 18.: New Holland moisture sensor

Így az egyes parcellák hozam adatai pontosan a rendelkezésünkre álltak. Ellenőrzésképpen a hozamokat minden parcella után ellenőriztük **súlymérő talp** segítségével is. A kapott digitális adatokat New Holland PFS szoftver segítségével térképileg ábrázoltuk, majd saját fejlesztésű elemző szoftverünkbe exportáltuk ezeket.

3.5.2. Minőségi paraméterek vizsgálatai

A betakarításkor minden kezelt és kontrol parcelláról mintát vettünk és a terményt a Goodmills Magyarország Zrt. komáromi üzemének laboratóriumában **FOSS Infratec 1241** típusú gabona analizátorral vizsgáltuk. Az analizátor (NIT) közeli infravörös transzmisszió elvén működik, így lehetővé teszi darálás nélkül egészmagból a szemes termények egy percen belüli, nagypontosságú analízisét. A 800-1050 nm-es közeli infravörös tartományban a minta szkennelése nagy felbontású monokromátorral történik. Mért értékek: víztartalom, fehérje, sikér, Zeleny-szám, W alveográfiás érték (19. ábra).

19. Ábra: Gabona minőség vizsgálat (2013)
Figure 19.: Grain quality testing (2013)

3.5.3. Az adatfeldolgozáshoz és kiértékeléshez használt rendszer

A rendelkezésünkre álló hozamadatokat New Holland PFS szoftver segítségével térképileg ábrázoltuk. Mivel a hozammérő másodpercenként rögzíti a betakarításkor az adatokat, ezért a kapott adathalmaz nagyon sűrű volt. Mivel a parcelláink mérete 1 ha alatt volt, ezért ilyen sűrű adathalmazzal az elemzés nem végezhető el, ezért átlagolnunk kellett, majd ArcGIS alapú, saját fejlesztésű rendszerünkkel spline módszerrel újra interpoláltuk a kapott hozamadatokat és azokat elemeztük. Spilne-on szakaszosan parametrikus polinomokkal leírt görbét értünk. A Spline angol szó, és nevét arról a rugalmasan hajlítható vonalzóról kapta, melyet hajóépítők és rajzolók használtak korábban. A módszer lényege, hogy elvárjuk a közelítő függvény folytonosságát. A Spline függvény egy meghatározott szakaszon értelmezett polinom, tehát lokális módszer, viszont a változás a polinom együtthatóinál következik be, mivel ezeket úgy rögzítjük le, hogy globális simaságot biztosítson a közelítő függvénynek. Ezzel a módszerrel a felszín pontosan illeszkedik a minta pontokra. Két típusa van:

- TENSION: egyenlőtlenebb, durvább felszínt biztosít,
- REGULARIZED: kiegyenlített, elsimított felszínt biztosít a maximum és a minimum értékek között.

A mintaterek középpontjában jelöltük ki azokat a pontokat, amikhez hozzárendeltük a kapott vizsgálati értékeket. Az adataink nem csak a kijelölt pontokra, hanem a teljes kezelt parcellára vonatkoznak, ezért valamint a vizsgált paraméterek tulajdonságai miatt az interpoláció során a REGULARIZED típust használtuk.

3.5.4. A vizsgálat során nyert adatok statisztikai kiértékeléséhez használt módszerek

Külön elemeztük a réz, illetve a cink kezelések hatását. A különböző dózisú anyagokkal történt kezelések hatásának kimutatására a kéttényezős varianciaanalízist (6 = kontrol+ 5féle kezelés, 4 ismétlés, 3 évben) használtuk, minden esetben 95%-os valószínűségi szinten. A varianciaanalízis során F próbával kimutattuk, hogy a kezelések valóban hatnak a vizsgált tényezőkre, majd a szignifikáns differencia értékek (LSD) segítségével meghatároztuk, hogy milyen dózisú kezelés(ek) hatásos(ak). Ezeket az elemzéseket mindhárom évben elvégeztük, a mért négy adat átlagainak segítségével. A kezelések általános hatásosságának igazolásához a 3 év adatainak átlagában is elvégeztük ezeket a vizsgálatokat, mivel az eltérő környezeti-időjárási viszonyok miatt az egyes évek vizsgált adataiban jelentős volt az eltérés.

A kezelések optimális nagyságának meghatározásához a mért adatokból képzett 3 évre vonatkozó átlagadatokra regressziós görbét illesztettünk. A termelési függvényben az x_1 jelöli a Cu, x_2 jelöli Zn hatóanyagot, y_{ij} jelöli a mért eredményváltozót: i=1 Cu / i=2 Zn kezelés és j=1 hozam / j=2 sikértartalom / j=3 Zeleny-szám / j=4 nyersfehérje tartalom. A legjobban (R^2>90%) illeszkedő görbék minden esetben másodfokú függvények voltak, amelyeknek maximumhelyeit kiszámítottuk. Az egyes vizsgált jellemzők (hozam / sikértartalom / Zeleny-szám/ fehérjetartalom) esetén összehasonlítottuk a kétféle anyaggal (Cu /Zn) történt különböző dózisú kezeléseket. Az elemzéseket hagyományosan végeztük, mivel így a végeredmények mellett a közbeni

számítási eredmények is láthatók, segítségként csak az **Excel 10.0**-t használtuk a számoláshoz.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

Valamennyi évben vizsgáltuk a kijuttatott vegyületek hatását a hozamra, valamint a minőségi paraméterekre (nyersfehérje, sikér, Zeleny-szám). A vizsgálatok során mért és a statisztikai elemzések során nyert eredmények, évenkénti bontásban, minden évben ugyanabban a sorrendben láthatóak, melyek végén összefoglaló táblázatot mutatok be az eredmények áttekinthetősége érdekében.

4.1. A kezelések hatása 2011. évben

A szokásos statisztikai értékek mellett (átlag, szórás, stb.), mind a réz, mind a cinkes kezelésekre 95%-os valószínűségi szinten kéttényezős varianciaanalízist végeztünk. F próbákkal bizonyítottuk a kezelések eredményességét (6. és 7. táblázat).

6. Táblázat: Réz kéttényezős varianciaanalízise, (2011).
Table 6.: Two-factor Variance Analysis of copper (2011).

Kéttényezős Varianciaanalízis Cu, 2011						
Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p-érték*	*F krit.*
Dózisok	54,31883547	5	10,86377	3,971130077	0,017072	2,901294536
Vizsgált jellemzők	2551,57766	3	850,5259	310,9003443	1,01E-13	3,287382105
Hiba	41,03529807	15	2,735687			
Összesen	2646,931794	23				

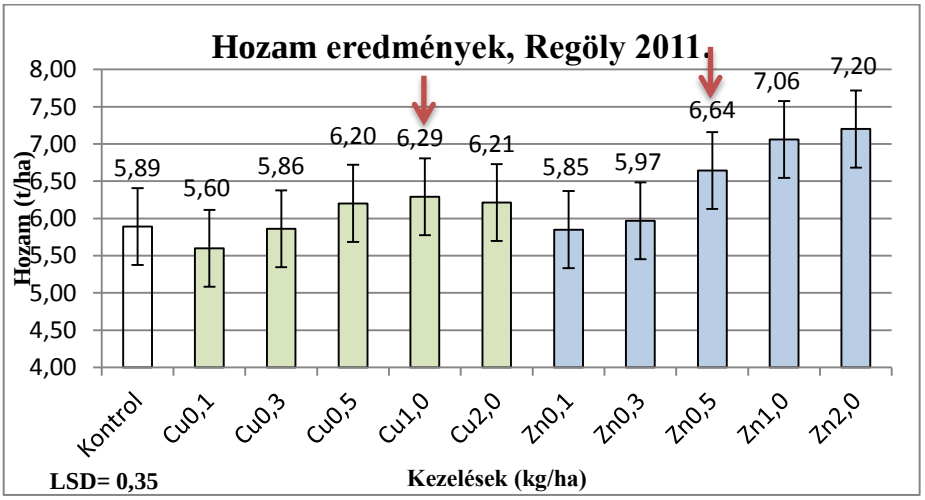
7. Táblázat: Cink kéttényezős varianciaanalízise (2011.)
Table 7.: Two-factor Variance Analysis of zinc (2011.)

Kéttényezős Varianciaanalízis Zn, 2011.						
Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p-érték*	*F krit.*
Dózisok	17,77259646	5	3,554519	10,00252243	0,000231	2,901294536
Vizsgált jellemzők	2184,103754	3	728,0346	2048,710855	8,1E-20	3,287382105
Hiba	5,330434375	15	0,355362			
Összesen	2207,206784	23				

Az ábrázoláshoz oszlop diagramokat használtunk. Az egyes parcellákon mért eredmények közötti kis különbségek miatt, a jobb olvashatóság érdekében nem a 0 ponttól indítottuk a skálákat, hanem rögzített értékeket használtunk. Valamennyi mért tényező esetében, mindhárom vizsgálati évben ezt a módszert alkalmaztuk. Továbbá az oszlopdiagramok ábráin piros nyíllal jeleztem a szignifikáns változást eredményező kezeléseket. A táblázatokban a hatást elért kezelések sorait szürkével jelöltem, valamint az elért maximumokat pirossal karikáztam.

4.1.1. A kezelések hatása a hozamra

A hozam, a kezelésekkor alkalmazott növekvő dózisok hatására nagyon eltérően alakult (20. ábra). A 20. ábrán jól látható, hogy a 0,1 kg/ha, valamint a 0,3 kg/ha dózisú réz-szacharóz és cink-karbonát komplex kivételével valamennyi kezelés növelte az őszi búza hozamát.



20. Ábra: Az őszi búza hozamának alakulása a kezelések hatására (2011.)

Figure 20.: The yield map of winter wheat (2011.)

Szignifikáns különbség a 0,5 kg/ha dózisú cinkes kezeléstől állapítottunk meg (LSD= 0,35). A maximális hozamokat az 1,0 kg/ha és 2,0 kg/ha dózisú cink-karbonát kezelésekkel értük el. Az így kapott hozamok, 7,06 t/ha és 7,20 t/ha voltak.

A réz kezeléseknél, csupán az 1,0 kg/ha dózisú kezeléssel értünk el szignifikáns növekedést. A fenti oszlopdiagramon piros nyilakkal jelöltem a szignifikáns hozam többleteket. Az elért maximális hozam a réz kezelések hatására 6,29 t/ha volt.

Megállapíthatjuk, hogy a cink-karbonát kezelések hatása kedvezőbb volt a hozamra, mint a réz-szacharóz kezelések hatása. A 8. táblázatban az egyes kezelések által elért hozamnövekedést mutatjuk be, pirossal bekarikázva az elért maximális hozamnövekedéseket, melyek a négy ismétlés átlagaiból számított közelítő értékek. Az 1,0 kg/ha és 2,0 kg/ha cink lombtrágya használatával akár 20%-os hozamnövekedés is elérhető. A táblázatban besatírozva a már kedvező hatást eredményezett dózisok láthatók.

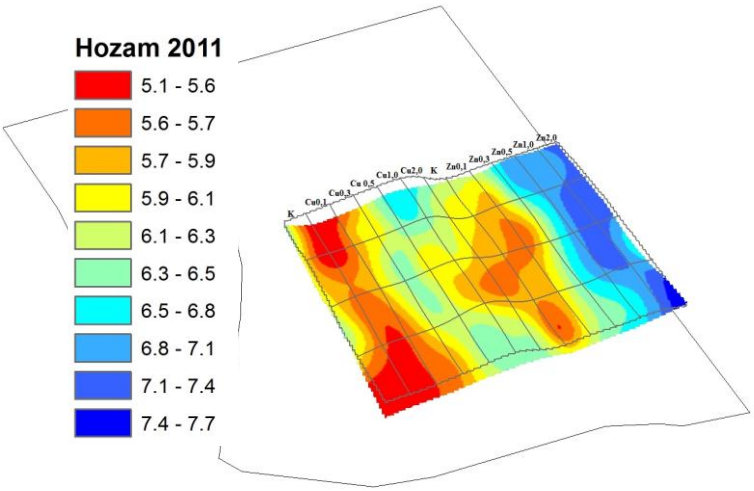
8. Táblázat: 2011. évi hozamnövekedés (2011.)
Table 8.: Table of growth of yield (2011.)

2011. évben hozamnövekedés %		
Kezelések (kg/ha)	**Hozam (t/ha)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	5,89	
Cu0,1	5,60	95%
Cu0,3	5,86	100%
Cu0,5	6,20	105%
Cu1,0	6,29	107%
Cu2,0	6,21	105%
Zn0,1	5,85	99%
Zn0,3	5,97	101%
Zn0,5	6,64	113%
Zn1,0	7,06	120%
Zn2,0	7,20	122%

A 21. ábrán látványosan kirajzolódnak a hozam különbségek az egyes kezeléseknél. A térképen az alacsony hozamokat piros, a magas hozamokat kék színnel jelöltük. A 2011-es gazdálkodási évben az aszály limitáló tényező volt a hozam tekintetében.

A parcellák ábrázolásánál jól látható a tábla domborzati jellege is. A térképről leolvasható a matematikailag bizonyított eredmény, miszerint

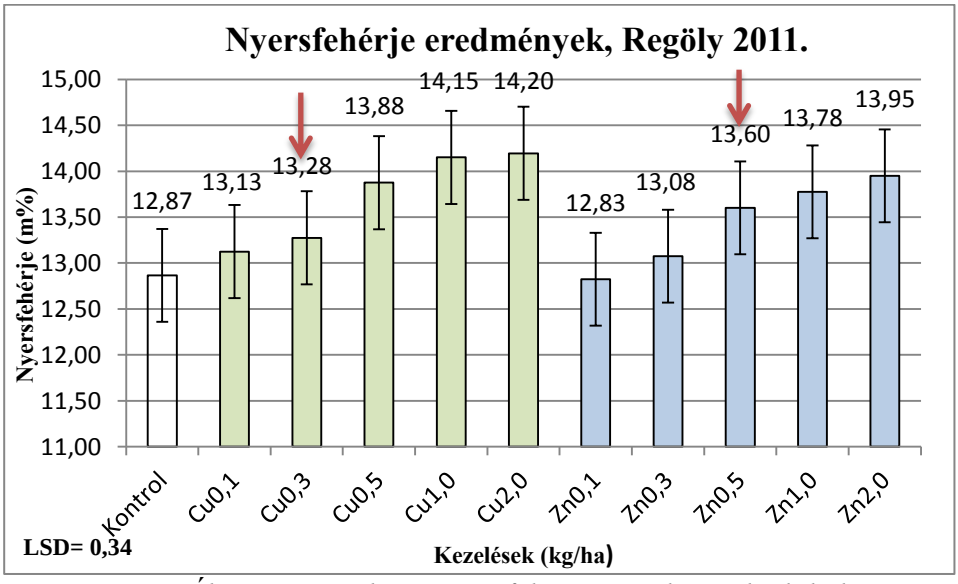
az 1,0 kg/ha és 2,0 kg/ha dózisú kezelésekkel értük el a maximális hozamokat.



21. Ábra: Őszi búza hozamtérkép (t/ha) (2011.)
Figure 21.: Yield map of winter wheat (t/ha) (2011.)

4.1.2. A kezelések hatása a nyersfehérje-tartalomra

Az eredmények jól mutatják, hogy a réz a kontrol területekhez képest jelentősen növelte a nyersfehérje tartalmat (22. ábra). A szignifikáns nyersfehérje tartalom növekedést piros nyilakkal jelölve a diagramon.



22. *Ábra: Az őszi búza nyersfehérje tartalmának alakulása a kezelések hatására (2011.)*
Figure 22.: The protein content of winter wheat (2011.)

Szignifikáns változást a 0,3 kg/ha dózisú réz-szacharóz kezeléssel értünk el (LSD= 0,34). A legjelentősebb nyersfehérje tartalom növekedését a réz 1,0 kg/ha és 2,0 kg/ha-os dózisnál mértük. A 0,1 kg/ha cink dózisú kezelésen kívül valamennyi kezeléssel nyersfehérje-tartalom növekedést értünk el.

A 9. táblázatban besatírozva jelöltem a már kedvező hatást elért dózisokat, pirossal bekarikázva a maximális nyersfehérje-tartalmakat.

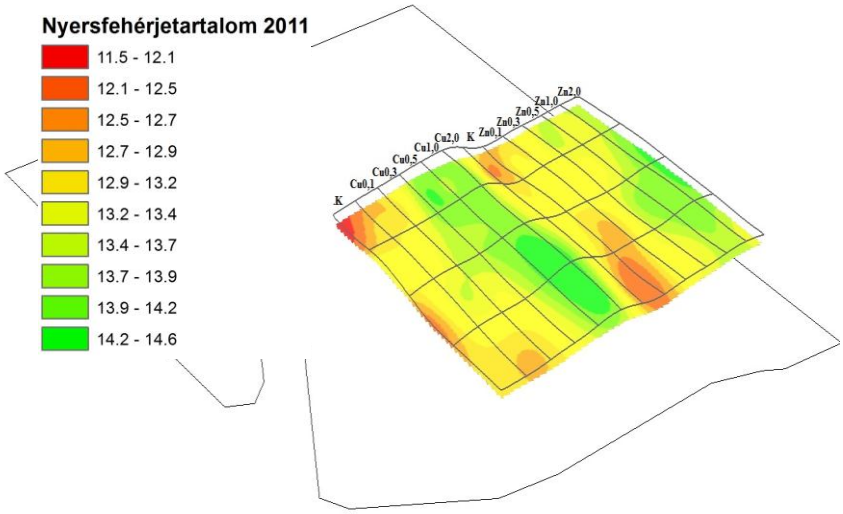
9. Táblázat: 2011. évi nyersfehérje-tartalom növekedése (2011.)
Table 9.: Table of growth of protein content (2011.)

2011. évben nyersfehérje-tartalom növekedése %		
Kezelések (kg/ha)	**Nyersfehérje (m%)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	12,87	
Cu0,1	13,13	102%
Cu0,3	13,28	103%
Cu0,5	13,88	108%
Cu1,0	14,15	110%
Cu2,0	14,20	110%
Zn0,1	12,83	100%
Zn0,3	13,08	102%
Zn0,5	13,60	106%
Zn1,0	13,78	107%
Zn2,0	13,95	108%

A cink kezelés hatására jelentősebb nyersfehérje-tartalom növekedés 0,5 kg/ha cink dózisnál mértük. A növekvő cink dózisok hatására a nyersfehérje- tartalom további növekedését észleltük. A nyersfehérje-tartalmat ábrázoló térképen az alacsony értékeket pirossal a magas értékeket zölddel jelöltük (23. ábra).

A hozamhoz hasonlóan a térképi ábrázoláson is látható a matematikaliag bizonyított eredmény, miszerint a 2,0 kg/ha dózisú réz kezelésekkel sikerült a maximális nyersfehérje tartalmat elérnünk.

Hasonlóan a hozam térképhez a domborzatot itt is ábrázoltuk. Jól látható, hogy a völgyben a kontroll parcellánál milyen alacsony nyersfehérje tartalmat mértünk 12,86 m%.

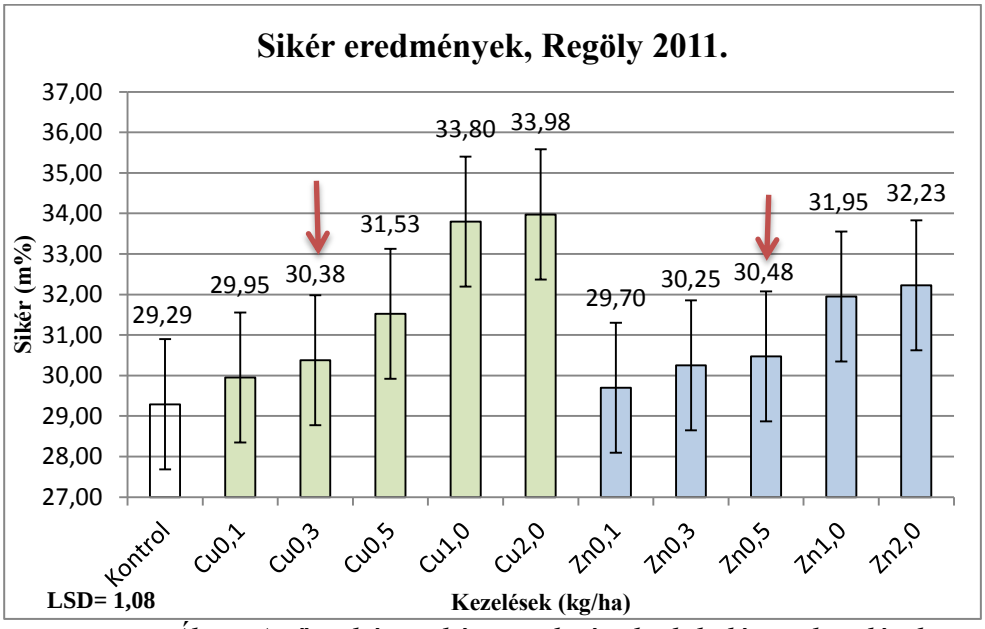


23. Ábra:Nyersfehérjetartalom (m%) térkép (2011.)
Figure 23.: Map of protein (m%) of winter wheat (2011.)

Ma a kereskedők nagy része az őszi búzát a nyersfehérje mennyisége alapján kategorizálja és ismeri el árban a magasabb értéket. Nagyon fontos ezért, hogy akár 1%-os nyersfehérje-tartalom növekedés is jelentős többletet jelenthet a nyereségben. Réz-szacharóz használatával akár 10%-os nyersfehérje-tartalom növekedést is el elérhető.

4.1.3. A kezelések hatása a sikértartalomra

A sikértartalom meghatározása során 2011-ben a megállapítottuk, hogy hasonlóan a nyersfehérje-tartalomhoz a legjelentősebb növekedést a réz kezelés biztosította, mely a 24. ábrán jól látható.



24. *Ábra: Az őszi búza sikér tartalmának alakulása a kezelések hatására (2011.)*

Figure 24.: The gluten content of winter wheat (2011.)

A 0,3 kg/ha réz dózis feletti mennyiségek hatására a sikértartalom jelentős növekedése volt kimutatható (LSD=1,08). Szignifikáns növekedést már 0,3 kg/ha réz dózistól bizonyítottunk, míg a cink lombtrágya használatánál szignifikáns változást 0,5 kg/ha dózistól mértünk.

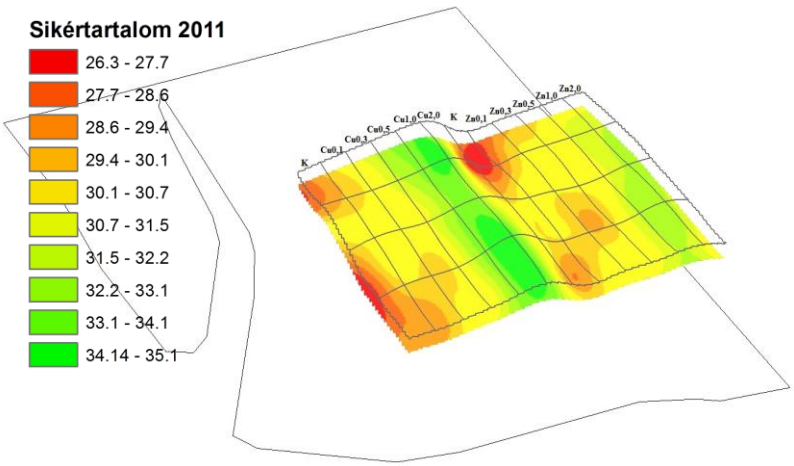
A kontrol parcellához képest valamennyi kezeléssel növekedést tudtunk elérni, melyet satírozva jelöltem a 10.táblázatban. A térképek alapján is megállapítható, hogy a legmagasabb sikértartalmat a 2,0 kg/ha

dózisú réz kezelés eredményezte, mely értékeket az alábbi táblázatban pirossal bekarikáztam.

10. Táblázat: 2011. évi sikértartalom növekedés (2011.)
Table 10.: Table of growth of gluten content (2011.)

2011. évben sikértartalom növekedés %		
Kezelések (kg/ha)	**Sikér (m%)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	29,29	
Cu0,1	29,95	102%
Cu0,3	30,38	104%
Cu0,5	31,53	108%
Cu1,0	33,80	115%
Cu2,0	33,98	116%
Zn0,1	29,70	101%
Zn0,3	30,25	103%
Zn0,5	30,48	104%
Zn1,0	31,95	109%
Zn2,0	32,23	110%

Tudjuk, hogy a sikértartalom mennyisége párhuzamosan mozog a nyersfehérje tartalom mennyiségével. A mért eredmények, és a térképi ábrázolás ezt a tulajdonságukat jól mutatják (25.ábra). A 25. ábrán hasonlóan a hozam és nyersfehérje-tartalom térképhez pirossal jelöltük az alacsony sikértartalmat mutató parcellákat illetve kezelési egységeket, és zöld színnel a magasakat.



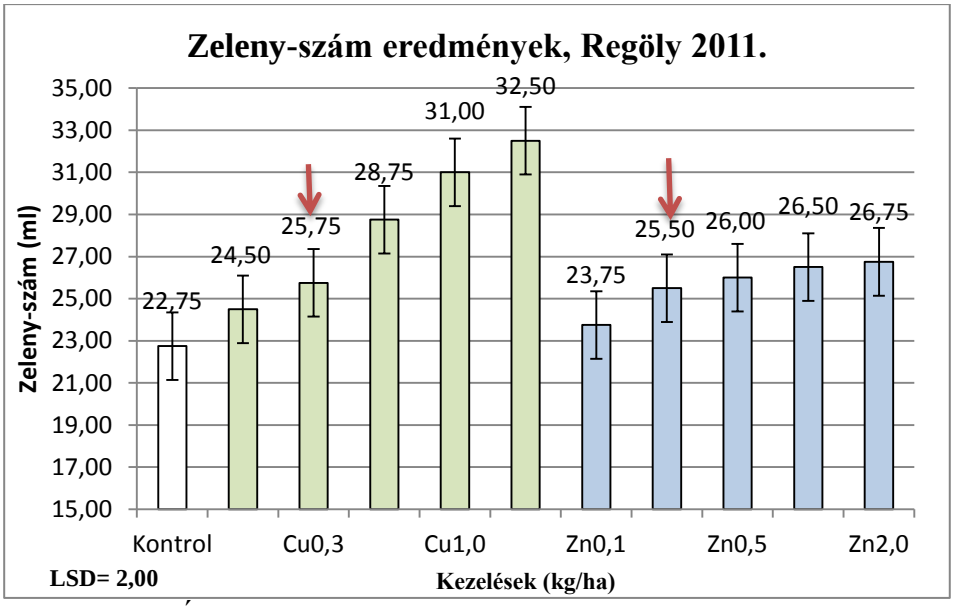
25. ábra: Sikértartalom (%) térkép (2011.)
Figure 25.: Map of gluten content (%) of winter wheat (2011.)

4.1.4. A kezelések hatása a Zeleny-számra

Megvizsgáltuk mind három évben, valamint a három év átlagában a kezelések hatását a Zeleny-számra is (szedimentációs érték), mert ez is a búza minőségének becslésére szolgáló érték. A sikér tejsavas oldatban történő duzzadását és ülepedését jellemző érték. Minél magasabb ez a szám annál értékesebb a búza, annál jobb a liszt minősége.

Megállapítottuk, hogy valamennyi réz kezelés nagymértékben növelte a Zeleny-számot, míg a cink lombtrágya kezelések alig pár %-os

növekedést eredményeztek. Szignifikáns növekedés a 0,3 kg/ha dózisú réz és cink kijuttatásánál is kimutatható (LSD= 2,00). A 26. ábrán piros nyíllal jelölve találhatók a szignifikáns növekedést okozó réz és cink dózisok. Maximális Zeleny-számot 2,0 kg/ha dózisú réz kezeléssel értünk el, mely 32,50 ml.



26. *Ábra: Az őszi búza Zeleny-számának alakulása a kezelések hatására (2011.)*

Figure 26.: The Zeleny-number of winter wheat (2011.)

Valamennyi kezeléssel Zeleny-szám többletet értünk el, mely satírozva látható a 11. táblázatban. Míg a réz dózis növelése 30-40%-os Zeleny-szám növekedést okozott, addig a cink dózisok növelése 0,5 kg/ha felett nem eredményezett releváns többletet.

A 11. táblázatban számított átlagok alapján a 0,3 kg/ha dózisnál nagyobb mértékben kijuttatott cink dózisok csupán két százalékos szedimentációs érték növekedést jelentettek.

11. Táblázat: 2011. évi Zeleny-szám növekedés (2011.)
Table 11.: Table of growth of Zeleny-number (2011.)

2011. évben Zeleny-szám növekedés %		
Kezelések	**Zeleny**	**Növekedés (%)**
Kontrol	22,75	
Cu0,1	24,50	108%
Cu0,3	25,75	113%
Cu0,5	28,75	126%
Cu1,0	31,00	136%
Cu2,0	32,50	143%
Zn0,1	23,75	104%
Zn0,3	25,50	112%
Zn0,5	26,00	114%
Zn1,0	26,50	116%
Zn2,0	26,75	118%

A 2011. évben végzett kísérletekről megállapíthatjuk, hogy a hozamot a cink kezelések, míg a minőségi paramétereket a réz kezelések növelték jelentősebben. Összességében, a ***hozamnál*** *és* ***nyersfehérje-tartalomnál*** *a 0,3 kg/ha dózistól valamennyi kezeléssel növekedést értünk el. Valamennyi kezeléssel* ***sikér*** *és* ***Zeleny-szám*** *többletet tudtuk kimutatni.*

4.2. A kezelések hatása a 2012. évben

Elvégeztük a 2011/2012-es gazdálkodási évben is, mind a réz kezelések, mind a cink lombtrágya kijuttatás hatékonyságának bizonyítására a kéttényezős varianciaanalíziseket, 95%-os valószínűségi szinten, valamint a szokásos statisztikai értékeket (átlag, szórás, stb.). A táblázatokban jól olvashatók, hogy az F próbák bizonyították a kezelések eredményességét (12. és 13. táblázat).

12. Táblázat: Réz kéttényezős varianciaanalízise (2012.)
Table 12.: Two-factor Variance Analysis of copper (2012)

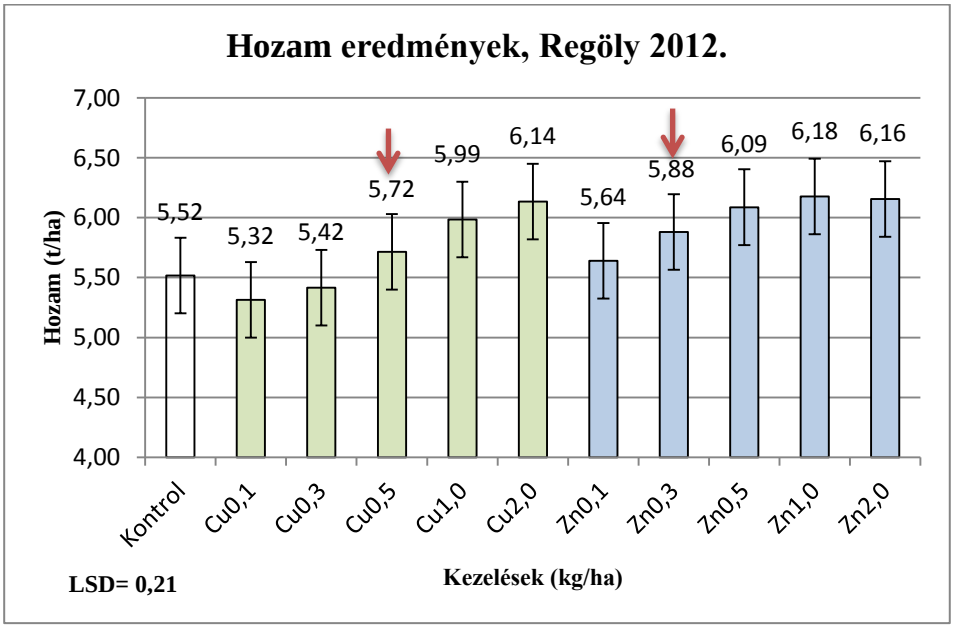
Kéttényezős varianciaanalízis Cu, 2012						
Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p-érték*	*F krit.*
Dózisok	103,2748	5	20,65497	3,229592	0,083775	2,901295
Vizsgált jellemzők	7290,143	3	2430,048	285,8404	1,87E-13	3,287382
Hiba	127,5212	15	8,501415			
Összesen	7520,939	23				

13. Táblázat: Cink kéttényezős varianciaanalízise (2012.)
Table 13.: Two-factor Variance Analysis of zinc (2012)

Kéttényezős varianciaanalízis Zn, 2012						
Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p-érték*	*F krit.*
Dózisok	49,44703	5	9,889407	3,974657	0,017016	2,901295
Vizsgált jellemzők	5954,403	3	1984,801	797,7124	9,28E-17	3,287382
Hiba	37,32174	15	2,488116			
Összesen	6041,172	23				

4.2.1. A kezelések hatása a hozamra

A 2012-es kísérletek hozam eredményei alapján megállapítottuk, hogy míg a 0,1 kg/ha dózisú cink kezelések hozamnövekedést eredményeztek (27. ábra), addig a 0,1 kg/ha és 0,3 kg/ha dozisú réz-szacharóz komplex kijuttatása hozam csökkenést eredményezett.



27. *Ábra: Az őszi búza hozamának alakulása a kezelések hatására (2012.)*

Figure 27.: The yield of winter wheat (2012.)

Szignifikáns növekedést a 0,3 kg/ha cink-karbonát dózistól, míg a réz kezeléseknél a 0,5 kg/ha dózisú kezelésektől értünk el (LSD=0,21), melyeket piros nyíllal jelöltem a fenti ábrán. Az előző évhez hasonlóan itt is a cink kezelések bizonyultak hatásosabbnak a hozam tekintetében az összes dózisnál, mint a réz kezelések.

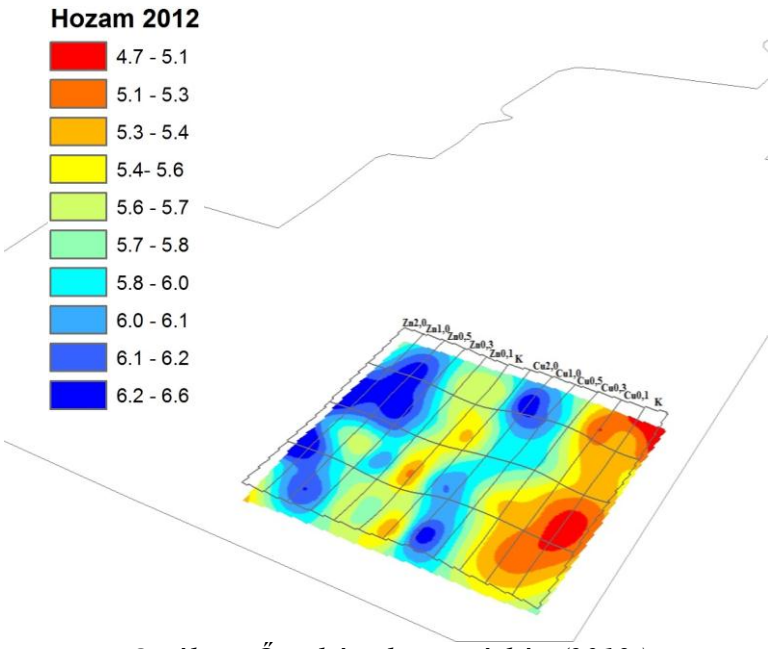
A 14. táblázatban a négy ismétléses kezelések átlagai alapján kiszámoltuk az egyes kezelések hatásának eredményét

14. Táblázat: 2012. évi hozamnövekedés (2012.)
Table 14.: Table of growth of yield (2012)

2012. évben hozamnövekedés %		
Kezelések (kg/ha)	**Hozam (t/ha)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	5,52	
Cu0,1	5,32	96%
Cu0,3	5,42	98%
Cu0,5	5,72	104%
Cu1,0	5,99	108%
Cu2,0	6,14	111%
Zn0,1	5,64	102%
Zn0,3	5,88	107%
Zn0,5	6,09	110%
Zn1,0	6,18	112%
Zn2,0	6,16	112%

. Valamennyi cink kezelésnél hozamtöbbletet állapítottunk meg,míg a réz kezelések vizsgálatánál csak a 0,5 kg/ha dózistól mérhető a hozamnövekedés, mely a táblázatban satírozva látható. A kontrol parcellához képest a az 1,0 kg/ha és 2,0 kg/ha dózisú cink lombtrágya kezeléssel 12 %-os hozamnövekedést értünk el, a 2010/2011-es hasonlóan aszályosnak mondható gazdálkodási évben.

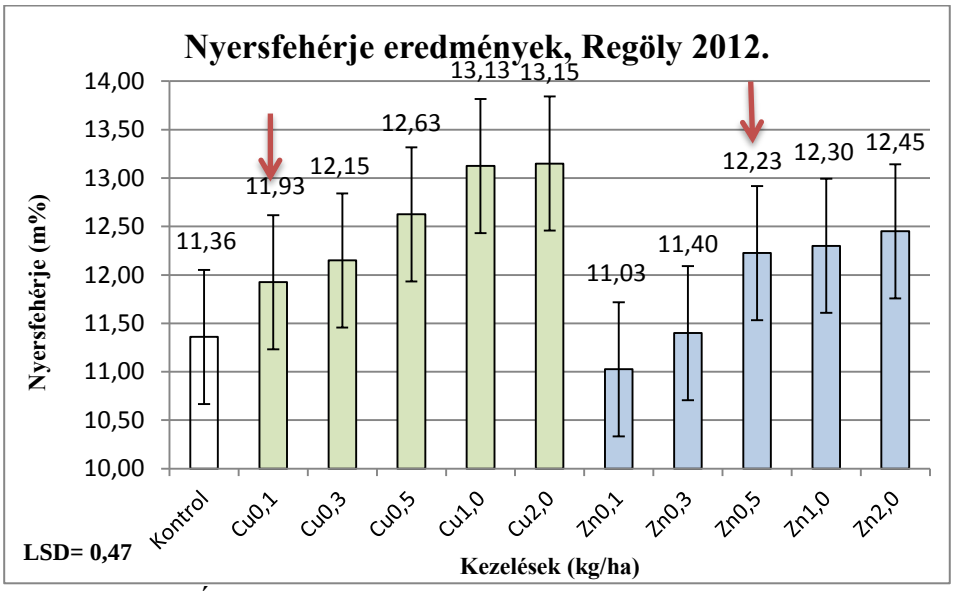
A 28. ábrán hozamtérképen is ábrázoltuk az eredményeket. Hasonlóan az előző év térképeihez itt is kék színnel jelöltem a magas hozamokat és pirossal az alacsony értékeket. A térképről az előző évhez hasonlóan jól leolvasható a kezelések eredményessége.



28. ábra: Őszi búza hozamtérkép (2012.)
Figure 28.: Yield map of winter wheat (2012.)

4.2.2. A kezelések hatása a nyersfehérje-tartalomra

A nyersfehérje tartalom vizsgálati eredményei jól mutatják, hogy a 2012-ben végezett kezelések során szintén a réz kezelések voltak hatásosabbak (29. ábra).



29. *Ábra: Az őszi búza nyersfehérje tartalmának alakulása a kezelések hatására (2012.)*

Figure 29.: The protein content of winter wheat (2012.)

Jelentős, szignifikáns növekedést értünk el már a 0,1 kg/ha réz-szacharóz dózissal, míg a cink kezelések hasonlóan az előző évhez csak a 0,5 kg/ha dózisú kezeléseknél mutattak szignifikáns változást a nyersfehérje tartalom növekedésben a kontrol területekhez képest.

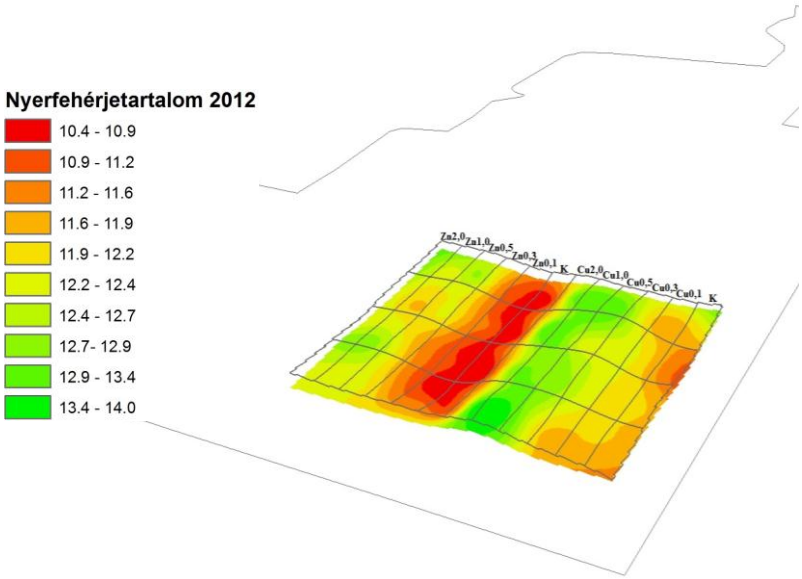
Maximális nyersfehérje tartalom növekedést a 2,0 kg/ha dózisú réz-szacharóz lombtrágyával értünk el, mely értéke 13, 15 m%, a cink kezeléssel 12, 45 m% maximális nyersfehérje-tartalmat mértünk, melyeket a 15. táblázatban piros színnel jelöltem.

A kezelések átlagai alapján kiszámoltuk a százalékos nyersfehérje tartalom növekedését is (15. táblázat). Megállapítottuk, hogy már a 0,1 kg/ha dózisú réz kezelés 5%-os nyersfehérje növekedést ereményezett, míg ugyanekkora mennyiségű cink karbonát kezelés a nyersfehérje tartalmat csökkentette a kontrol parcellához képest. Valamennyi réz kezelésnél nyersfehérje tartalom növekedést mértünk, míg a cink kezeléseknél 0,5 kg/ha dózistól tapasztaltuk, ezeket satírozott résszel jelöltem a táblázatban. A 0,1 kg/ha és 0,3 kg/ha dózissal csökkenést mértünk, illetve nem mértünk releváns növekedést.

15. Táblázat: 2011. évi nyersfehérje-tartalom növekedés (2012.)
Table 15.: Table of growth of protein content (2012.)

2012. évben nyersfehérje-tartalom növekedés %		
Kezelések (kg/ha)	**Nyersfehérje (m%)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	11,36	
Cu0,1	11,93	105%
Cu0,3	12,15	107%
Cu0,5	12,63	111%
Cu1,0	13,13	116%
Cu2,0	13,15	116%
Zn0,1	11,03	97%
Zn0,3	11,40	100%
Zn0,5	12,23	108%
Zn1,0	12,30	108%
Zn2,0	12,45	110%

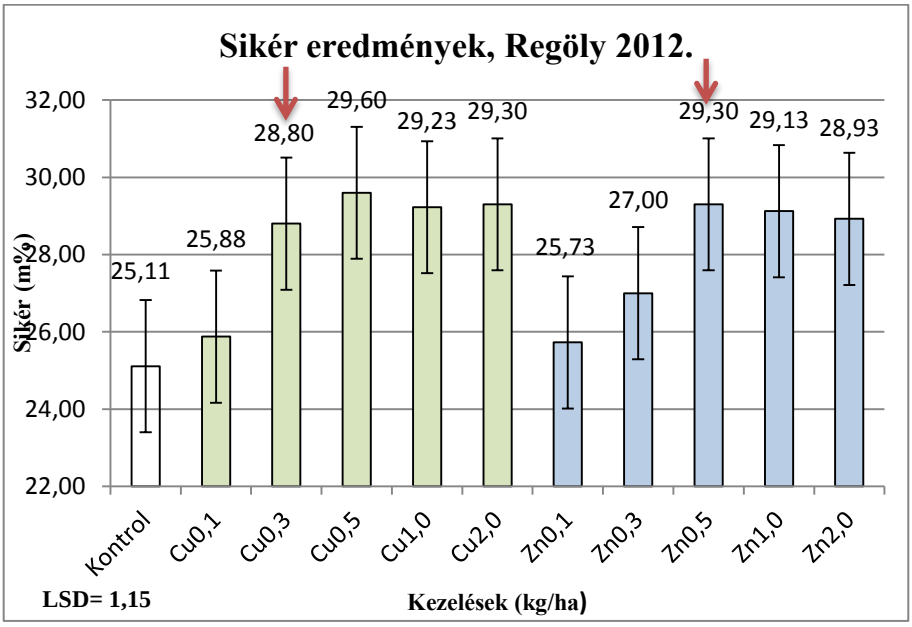
A térképi bárázoláson is látható a kontrol parcellák és a cinkkel kezelt parcellák alacsony nyersfehérje tartalma (30. ábra).



30. Ábra: Nyersfehérje-tartalom (m%) térkép (2012.)
Figure 30.: Map of protein (m%) of winter wheat (2012.)

4.2.3. A kezelések hatása a sikértartalomra

A sikértartalom értékelésekor megállíptottuk, hogy a kontrol területekhez képest a már mind a cink mind a réz kezelés esetében a 0,1 kg/ha dózissal növekedést értünk el (31. ábra).



31. *Ábra: Az őszi búza sikér tartalmának alakulása a kezelések hatására (2012.)*
Figure 31.: The gluten content of winter wheat (2012.)

Jelentős, szignifikáns növekedést a réz kezelések esetében 0,3 kg/ha dózisnál, és a cink kezelésnél 0,5 kg/ha dózisnál állapítottunk meg. Az oszlopdiagramon piros nyíllal jelöltem a szignifikáns változást eredményező dózisokat. A cink kezelések vizsgálatánál azonban az 1,0 kg/ha dózisnál nagyobb dózisok esetében már a sikértartalom csökkenését figyelhettük meg. Maximális sikér tartalmat 0,5 kg/ha réz dózissal értünk el, mely értéke 29,6 m%. A sikértartalom növekedése

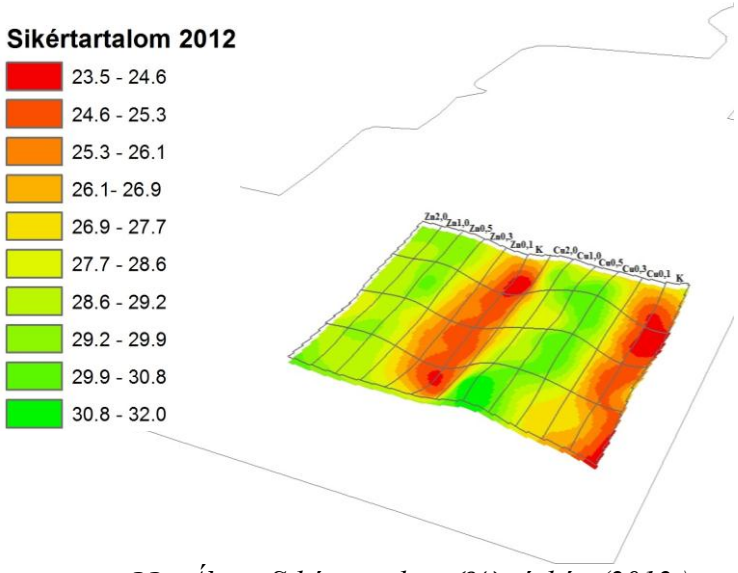
nem mozdult párhuzamosan ebben a gazdálkodási évben a nyersfehérje tartalommal. Ez további, nagy terjedelmű vizsgálatokat igényel, mert külön-külön kell vizsgálni ehhez az egyes nyersfehérje frakciókat.

A 16. táblázatban a sikértartalom növekedését az előző évhez hasonlóan kiszámoltuk. A statisztikai elemzések során megállapított cink kezelések hatására bekövetkezett sikér tartalom csökkenés látható a táblázatban is. Ugyan valamennyi kezelés hatásos volt, a réz-szacharóz hasonlóan a cink-karbonáthoz 0,5 kg/ha dózisú kezelések után csökkenést eredményezett az 1,0 kg/ha dózis, azonban a réz kezelések további dózis növelése ismét sikértartalom növekedést mutatott. Ez is az egyes fehérje frakciók további vizsgálatát igényli.

16. Táblázat: 2012. évi sikértartalom növekedés (2012.)
Table 16.: Table of growth of gluten content (2012.)

2012. évben sikértartalom növekedés %		
Kezelések (kg/ha)	**Sikér (m%)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	25,11	
Cu0,1	25,88	103%
Cu0,3	28,80	115%
Cu0,5	29,60	118%
Cu1,0	29,23	116%
Cu2,0	29,30	117%
Zn0,1	25,73	102%
Zn0,3	27,00	108%
Zn0,5	29,30	117%
Zn1,0	29,13	116%
Zn2,0	28,93	115%

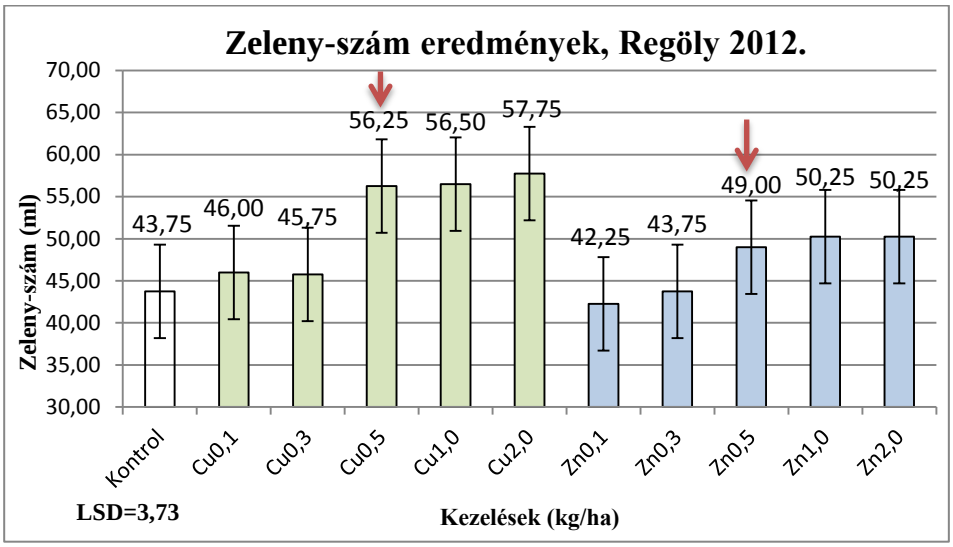
A 32. ábrán, a sikértartalom térképen a kezelések hatékonysága leolvasható. A statisztikailag is alátámasztott szignifikáns növekedések szembetűnőek a kontrol parcellákhoz képest.



32. Ábra: Sikértartalom (%) térkép (2012.)
Figure 32.: Map of gluten content (%) of winter wheat (2012.)

4.2.4. A kezelések hatása a Zeleny-számra

Megállapítottuk, hogy a réz kezelések hasonlóan az előző évi kísérlethez jelentős mértékben növelték a Zeleny-számot.



33. *Ábra: Az őszi búza Zeleny-számának alakulása a kezelések hatására (2012.)*
Figure 33.: The Zeleny-number of winter wheat (2012.)

0,5 kg/ha dózisú réz és cink kezelésnél mutatható ki szignifikáns növekedés a kontrol területhez képest (LSD= 3,73). A maximális Zeleny-szám 57,75 volt melyet a 2,0 kg/ha dózisú réz kezeléssel értünk el (33. ábra).

Elvégeztük az átlagok alapján a százalékos Zeleny-szám növekedésének elemzését is. Megállapítottuk, hogy a 0,1 kg/ha és 0,3 kg/ha dózisú cink kezelés kivételével valamennyi kezeléssel értünk el hatást. A kontrol parcellához képest a 2,0 kg/ha dózisú réz kezelés 32%-

os növekedést eredményezett (17. táblázat), míg a cink kezelések maximálisan csak 15%-os növekedést mutattak.

17. Táblázat: 2012. évi Zeleny-szám növekedés (2012.)
Table 17.: Table of growth of Zeleny-number (2012.)

2012. évben Zeleny-szám növekedés %		
Kezelések (kg/ha)	**Zeleny-szám (ml)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	43,75	
Cu0,1	46,00	105%
Cu0,3	45,75	105%
Cu0,5	56,25	129%
Cu1,0	56,50	129%
Cu2,0	57,75	132%
Zn0,1	42,25	97%
Zn0,3	43,75	100%
Zn0,5	49,00	112%
Zn1,0	50,25	115%
Zn2,0	50,25	115%

A 2012. évben végzett kísérletekről összességében megállapíthatjuk, hogy a 2011-ben végzett vizsgálatokhoz hasonlóan a hozamot a cink kezelések, míg a minőségi tulajdonságokat a réz kezelések növelték jelentősebben. Valamennyi mért paraméter közül csak a ***Zeleny-számnál*** *értünk el minden dózissal pozitív változást, hasonlóan az első éves vizsgálathoz. A* ***hozam, nyersfehérje- és sikértartalom*** *tekintetében a kezelések jelentős eltérést mutattak, melyek további vizsgálatokat igényelnek.*

4.3. A kezelések hatása a 2013. évben

A 2012/2013-as gazdálkodási évben kísérletekre is elvégeztük a statisztikai értékeléseket, vizsgálatokat. Megállapítottuk az átlagokat, a szórást. Ezen kívül kéttényezős varianciaanalízist végeztünk, 95%-os valószínűségi szinten. A F próbák kimutatták a kezelések eredményességét (18. és 19. táblázat).

18. Táblázat: *Réz kéttényezős varianciaanalízise (2013.)*
Table 18.: Two-factor Variance Analysis of copper (2013.)

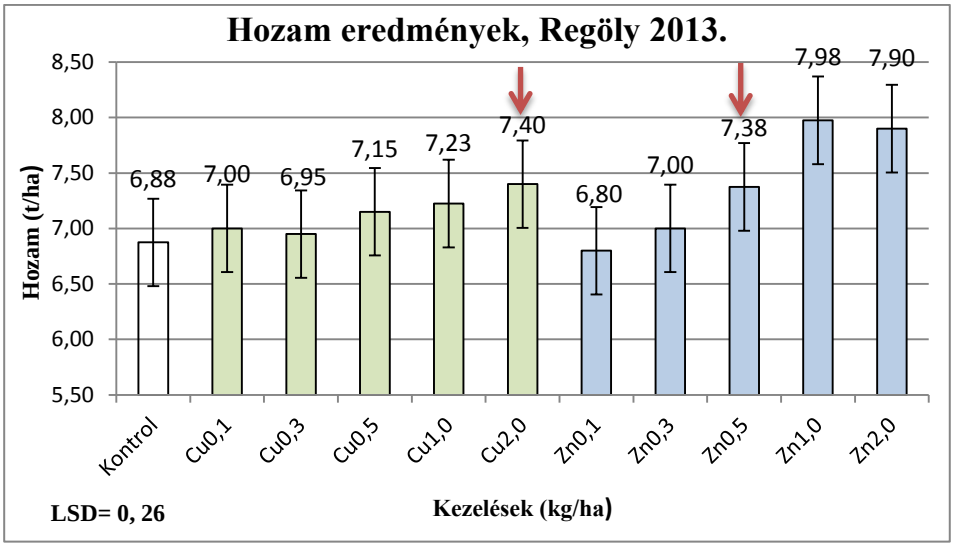
Kéttényezős varianciaanalízis Cu, 2013.						
Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p-érték*	*F krit.*
Dózisok	19,75096437	5	3,950192875	5,298071885	0,005312	2,901295
Vizsgált jellemzők	2826,574354	3	942,1914515	1263,684634	3E-18	3,287382
Hiba	11,18385979	15	0,745590653			
Összesen	2857,509179	23				

19. Táblázat: *Cink kéttényezős varianciaanalízise (2013.)*
Table 19.: Two-factor Variance Analysis of zinc (2013.)

Kéttényezős varianciaanalízis Zn, 2013.						
Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p-érték*	*F krit.*
Dózisok	9,509139375	5	1,901827875	7,558981472	0,001006	2,901295
Vizsgált jellemzők	2543,164863	3	847,7216209	3369,343835	1,96E-21	3,287382
Hiba	3,773976458	15	0,251598431			
Összesen	2556,447979	23				

4.3.1. A kezelések hatása a hozamra

A hozam eredmények értékelésekor hasonlóan az előző két évhez szintén a cink kezelések mutatkoztak hatásosabbnak, mely a 34. ábrán jól látható.



34. *Ábra: Az őszi búza zeleny-számának alakulása a kezelések hatására (2012.)*
Figure 34.: The Zeleny-number of winter wheat (2012.)

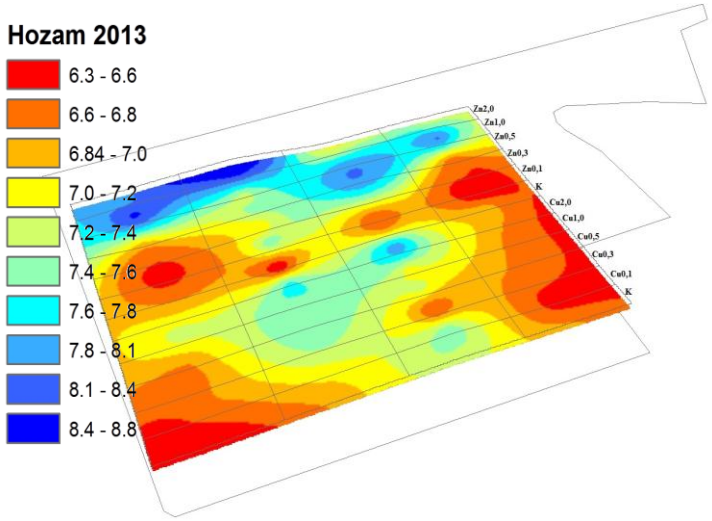
Jelentős, szignifikáns hozamnövekedést értünk el a 0,5 kg/ha dózisú cink kezelésektől (LSD= 0,26). A réz esetében 2013-as gazdálkodási évben csak csekély hozamtöbbletet tudtunk megállapítani a kontrol területekhez képest. Az eredményeinket nagy mértékben befolyásolták a csapadék viszonyok. A tavaszi vegetációs időszakban jelentős csapadék hullott. A kontrol parcella hozama (6,88 t/ha) az előző két rendkívül aszályos évben a kezelt területek értékeihez képest is magasabb.

Elvégeztük a kezelések átlagában a hozam növekedés százalékos számítását. A 0,1 kg/ha cink kezelés kivételével valamennyi kezléssel hozamtöbbletet értünk el, melyet a satírozott résszel jelöltem a 20. táblázatban. Jól látható, a már előző két gazdálkodási évben is alátámasztott eredmény, mely szerint az 1,0 kg/ha és 2,0 kg/ha dózisú cink lombtrágya 15-16%-os, több mint 1 tonnás hektáronkénti hozamtöbbletet tudtunk elérni (20. táblázat), míg a 2,0 kg/ha dózisú réz kezeléssel csupán 8% növekedést értünk el.

20. Táblázat: 2013. évi hozamnövekedés (2013)
Table 20.: Table of growth of yield (2013)

2013. évben hozamnövekedés %		
Kezelések (kg/ha)	**Hozam (t/ha)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	6,88	
Cu0,1	7,00	102%
Cu0,3	6,95	101%
Cu0,5	7,15	104%
Cu1,0	7,23	105%
Cu2,0	7,40	108%
Zn0,1	6,80	99%
Zn0,3	7,00	102%
Zn0,5	7,38	107%
Zn1,0	7,98	116%
Zn2,0	7,90	115%

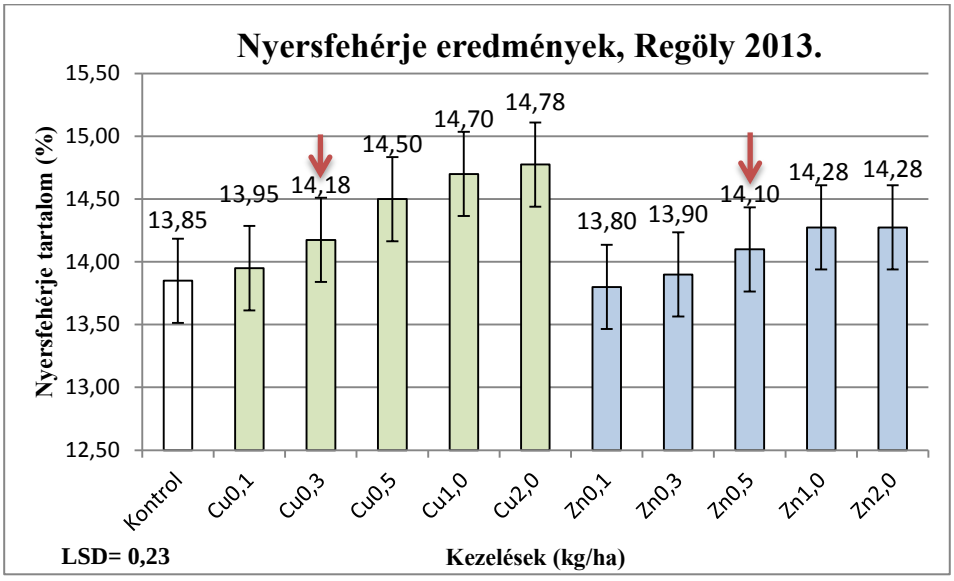
A hozamtérképen (35. ábra) az előző évekhez hasonlóan jól látható a kezelések hatékonysága, azonban az egyes parcellákon belül is láthatunk jelentősebb különbségeket. A térkép jóval differenciáltabb az előző két kísérleti évhez képest.



35. Ábra: Őszi búza hozam térkép (2013.)
Figure 35.: Map of yield of winter wheat (2013.)

4.3.2. A kezelések hatása a nyersfehérje-tartalomra

A nyersfehérje tartalomban az előző két évhez hasonlóan a réz kezelések már a 0,3 kg/ha dózistól szignifikáns többletet eredményeztek, míg a cink lombtrágya kezelések kisebb növekedést okoztak a nyersfehérje tartalomban a kontrol parcellához képest (LSD=0,23). A cink lombtrágya használatánál a 0,5 kg/ha dózistól mértünk szignifikáns többletet (36. ábra). Maximális nyersfehérje- tartalom növekedést a 2,0 kg/ha dózisú réz-szacharóz kezeléssel értünk el.



36. *Ábra: Az őszi búza nyersfehérje tartalmának alakulása a kezelések hatására (2013.)*
Figure 36.: The protein content of winter wheat (2013.)

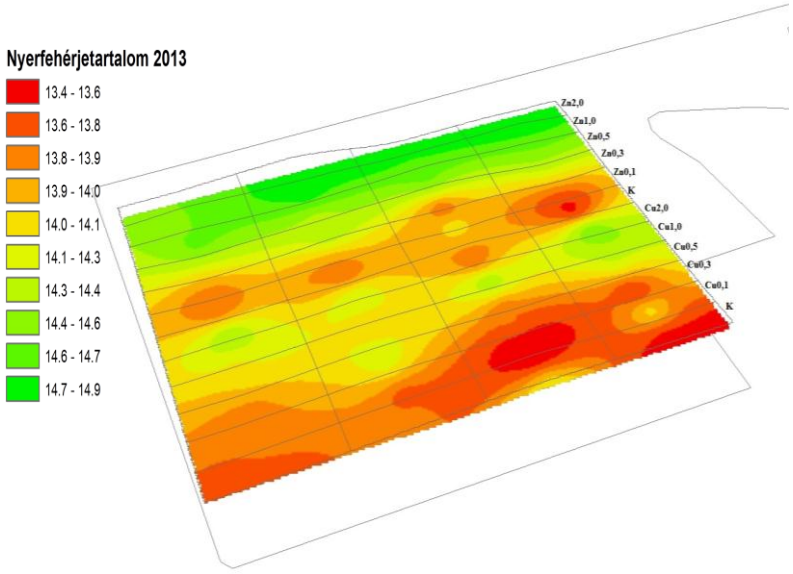
A 21. táblázatban hasonlóan a diagramhoz, látható, hogy a csapadékos vegetációs időszakban csupán maximálisan 6-7 %-os nyersfehérje tartalom növekedést értünk el a réz kezelésekkel (max.: 14,78 m%), míg a cink-karbonát kezelés csupán 3%-os növekedést

(max.: 14,28 m%) eredményezett. A 0,1 kg/ha és 0,3 kg/ha dózisú cink-karbonát kezelés kivételével valamennyi kezelés pozitivan hatott a nyersfehérje-tartalomra.

21. Táblázat: 2013. évi nyersfehérje-tartalom növekedés (2013)
Table 21.: Table of growth of protein content (2013)

2013. évben nyersfehérje-tartalom növekedés %		
Kezelések (kg/ha)	**Nyersfehérje (m%)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	13,85	
Cu0,1	13,95	101%
Cu0,3	14,18	102%
Cu0,5	14,50	105%
Cu1,0	14,70	106%
Cu2,0	14,78	107%
Zn0,1	13,80	100%
Zn0,3	13,90	100%
Zn0,5	14,10	102%
Zn1,0	14,28	103%
Zn2,0	14,28	103%

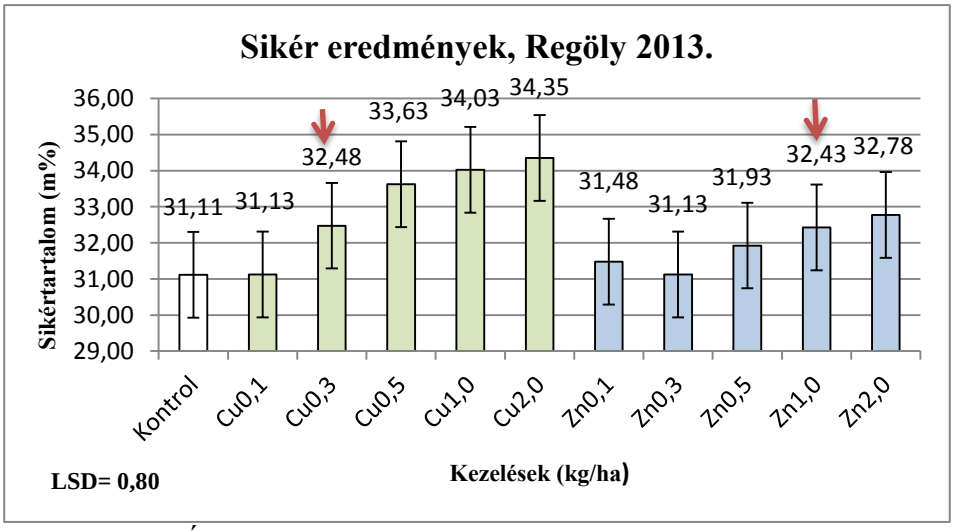
A 37. ábrán hasonlóan a hozamtérképhez, nagyon differenciált térképet láthatunk, még parcellákon belül is jelentős eltérések mutatkoznak.



37. Ábra: Nyersfehérjetartalom (m%) térkép (2013.)
Figure 37.: Map of protein (m%) of winter wheat (2013.)

4.3.3. A kezelések hatása a sikértartalomra

A sikértartalom vizsgálatánál, hasonlóan az előző két évhez szintén a réz kezelések bizonyultak hatásosabbnak. A 38. ábrán jól láthatók a réz és cink kezelések közti nagy különbség.



38. *Ábra: Az őszibúza sikér tartalmának alakulása a kezelések hatására (2013.)*
Figure 38.: The gluten content of winter wheat (2013.)

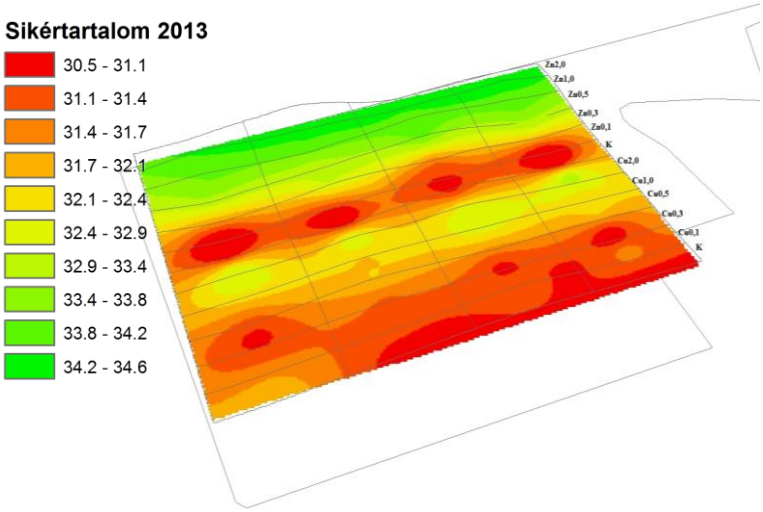
A sikértartalom értékelésénél hasonlóan az előző kétévi eredménykehez 0,3 kg/ha dózistól kezdve jelentős szignifikáns növekedést tudunk kimutatni a réz kezelések hatására (LSD=0,80). A cink kezelések is növelték a sikértartalmat, azonban a kontrol területhez képest csekély mértékben, szignifikáns növekedést csak az 1,0 kg/ha dózisnál mértünk (38. ábra). Elmondható, hogy ebben a vizsgált évben a kezelések hatására a sikértartalom párhuzamosan mozdult a nyersfehérje tartalommal, hasonlóan az első kísérleti évhez.

Az átlagos sikértartalom növekedést megvizsgálva megállapítottuk, hogy 0,3 kg/ha dózis felett valamennyi kezelés növelte a sikértartalmat, de míg a réz kezelések 10%-al, addig a cink-karbonát kezelések alig 5 %-al növelték a kontrol parcellákhoz képest a maximális mennyiséget (22. táblázat).

22. Táblázat: 2013. évi sikértartalom növekedés (2013)
Table 22.: Table of growth of gluten content (2013)

2013. évben sikértartalom növekedés %		
Kezelések (kg/ha)	**Sikér (m%)**	**Növekedés (%)**
Kontrol	31,11	
Cu0,1	31,13	100%
Cu0,3	32,48	104%
Cu0,5	33,63	108%
Cu1,0	34,03	109%
Cu2,0	34,35	110%
Zn0,1	31,48	101%
Zn0,3	31,13	100%
Zn0,5	31,93	103%
Zn1,0	32,43	104%
Zn2,0	32,78	105%

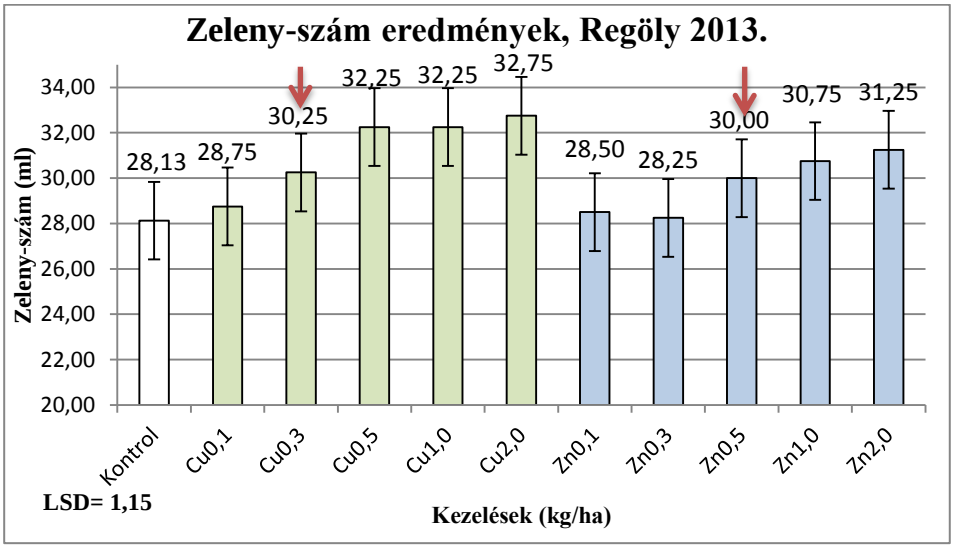
A 39. ábrán látható térkép, hasonlóan a hozam és nyersfehérje térképhez jóval differenciáltabb az előző két évhez képest, de a kontrol területek alacsony pirossal jelzett sikértartalma jól olvasható.



39. Ábra: Sikértartalom (%) térkép (2013.)
Figure 39.: Map of gluten content (%) of winter wheat (2013.)

4.3.4. A kezelések hatása a Zeleny-számra

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a réz kezelések az előző két évhez hasonlóan jelentősebb Zeleny-szám növekedést okoztak (40. ábra).



40. *Ábra: Az őszi búza Zeleny-szám alakulása a kezelések hatására (2013.)*
Figure 40.: The Zeleny-number of winter wheat (2013.)

Szignifikáns növekedést a 0,3 kg/ha dózisú réz-szacharóz, valamint a 0,5 kg/ha dózisú cink-karbonát kezelés mutatott (LSD= 1,15). Maximális Zeleny-számot 32,75 m%-ot a 2,0 kg/ha réz dózis eredményezett.

A 23. táblázatban látható, hogy valamennyi réz kezeléssel pozitív hatást értünk el, míg a cink-karbonát kezelések 0,5 kg/ha dózistól mutattak jelentősebb változásokat. A 2,0 kg/ha dózisú réz kezelés maximálisan 16%-os Zeleny-szám növekedést eredményezett, míg az

ugyanekkora dózisú cink-karbonát kezelés csak 11%-os többletet eredményezett.

23. Táblázat: 2013. évi Zeleny-szám növekedés (2013)
Table 23.: Table of growth of Zeleny-number (2013)

2013. évben Zeleny-szám növekedés %		
Kezelések	**Zeleny-szám**	**Növekedés (%)**
Kontrol	28,13	
Cu0,1	28,75	102%
Cu0,3	30,25	108%
Cu0,5	32,25	115%
Cu1,0	32,25	115%
Cu2,0	32,75	116%
Zn0,1	28,50	101%
Zn0,3	28,25	100%
Zn0,5	30,00	107%
Zn1,0	30,75	109%
Zn2,0	31,25	111%

A 2012/2013-as gazdálkodási évben végzett kísérletről összességében megállapíthatjuk, hogy hasonlóan az előző két évhez a cink kezelések a hozam, míg a réz kezelések a minőségi paraméterek tekintetében okoztak jelentősebb növekedést. A csapadékos időjárás azonban jelentősen befolyásolta a vizsgálatokat. A ***hozamra*** *a 0,1 kg/ha dózisú cink kezelés kivételével valamennyi kezelés hatásos volt. A* ***nyersfehérje-*** *és* ***sikértartalomra*** *valamennyi réz kezelés, és a 0,5 kg/ha dózisnál nagyobb cink kezelések voltak hatásosak.* ***Zeleny-számra*** *valamennyi kezelés pozitív változást eredményezett.*

4.4. A kezelések hatása a három év átlagában

Eredményeinket táblázatos formában összegeztük a három év átlagában. A táblázatokban valamennyi vizsgált paraméter átlaga kezelésenként, feltüntetve minden értéknél relatív szórásokat. Mind a négy táblázatban az elért maximumokat szürkével jelöltem.

A 24. táblázatban jól látható, hogy a mindhárom évben a cink kezelések növelték jelentősebben a **hozamot**. Maximális növekedést a csapadékos 2013. évben végzett 1,0 kg/ha dózisú cink-karbonát kezeléssel értünk el.

24. Táblázat: Hozam eredmények (2011-2013)
Table 24.: Results of yield (2011-2013)

Hozam (t/ha)			
Kezelések (kg/ha)	**2011**	**2012**	**2013**
Kontrol	5,89±0,17	5,52±0,17	6,88±0,34
Cu 0,1	5,59±0,11	5,32±0,11	7,00±0,35
Cu 0,3	5,86±0,18	5,42±0,16	6,95±0,35
Cu 0,5	6,20±0,19	5,72±0,17	7,15±0,29
Cu 1,0	6,29±0,25	5,99±0,18	7,23±0,29
Cu 2,0	6,21±0,19	6,14±0,18	7,40±0,44
Zn 0,1	5,85±0,18	5,64±0,23	6,80±0,41
Zn 0,3	5,97±0,18	5,88±0,18	7,00±0,35
Zn 0,5	6,64±0,27	6,09±0,18	7,38±0,52
Zn 1,0	7,06±0,21	6,18±0,19	7,98±0,40
Zn 2,0	7,20±0,14	6,16±0,18	7,90±0,40

A 25. táblázatban a három évben végzett kezelések hatását mutatom be a **nyersfehérje-tartalom** növekedésére. Az eredményekből jól

látható, hogy a réz kezelések jelentősebb mértékben növelték ezt a paramétert.

Maximális 14,78 m% nyersfehérje-tartalmat 2013-ban végzett 2,0 kg/ha dózisú réz kezeléssel értünk el.

25. Táblázat: Nyersfehérje-tartalom eredmények (2011-2013)
Table 25.: Results of protein (2011-2013)

Nyersfehérje (m%)			
Kezelések (kg/ha)	**2011**	**2012**	**2013**
Kontrol	12,86±0,38	11,36±0,00	13,85±0,14
Cu 0,1	13,12±0,39	11,93±0,12	13,95±0,14
Cu 0,3	13,27±0,13	12,15±0,24	14,18±0,14
Cu 0,5	13,88±0,28	12,63±0,38	14,50±0,00
Cu 1,0	14,15±0,14	13,13±0,39	14,70±0,00
Cu 2,0	14,20±0,28	13,15±0,26	14,78±0,15
Zn 0,1	12,83±0,38	11,03±0,22	13,80±0,28
Zn 0,3	13,08±0,13	11,40±0,11	13,90±0,14
Zn 0,5	13,60±0,27	12,23±0,37	14,10±0,14
Zn 1,0	13,78±0,28	12,30±0,25	14,28±0,14
Zn 2,0	13,95±0,14	12,45±0,25	14,28±0,29

A 26. táblázatban a **sikértartalom** eredmények láthatók, melynél hasonlóan a nyersfehérje-tartalomhoz megállapítható, hogy a réz kezelésekkel eredményesebb növekedést tudtunk elérni.

Maximális 34,35 m% sikértartalmat a 2,0 kg/ha dózisú réz kezeléssel tudtunk kimutatni, a 2013. évben végzett kísérletek során.

26. Táblázat: Sikértartalom eredmények (2011-2013)
Table 26.: Results of gluten (2011-2013)

Sikér (m%)			
Kezelések (kg/ha)	**2011**	**2012**	**2013**
Kontrol	29,29±1,17	25,11±0,50	31,11±0,31
Cu 0,1	29,95±0,89	25,88±0,78	31,12±0,31
Cu 0,3	30,38±0,91	28,80±0,86	32,48±0,32
Cu 0,5	31,53±0,63	29,60±0,59	33,63±0,34
Cu 1,0	33,80±0,34	29,23±1,17	34,03±0,00
Cu 2,0	33,98±0,34	29,30±1,17	34,35±0,00
Zn 0,1	29,70±0,89	25,73±0,26	31,48±0,00
Zn 0,3	30,25±0,61	27,00±0,81	31,13±0,31
Zn 0,5	30,48±0,61	29,30±0,59	31,93±0,32
Zn 1,0	31,95±0,64	29,13±0,29	32,43±0,32
Zn 2,0	32,23±0,32	28,93±0,29	32,78±0,33

A **Zeleny-szám** eredményeit a 27. táblázatban tüntettem fel. Megállapítható, hogy e paraméter esetében is a réz kezelésekkel jelentősebb növekedést értünk el. Az egyes évek eltérő környezeti hatása 2012-es évben a Zeleny-szám jelentős – majdnem kétszeres – növekedését okozta a 2011-es és 2013-as évhez képest.

A maximális 57,75 ml eredményt hasonlóan az előző két minőségi paraméterhez a 2,0 kg/ha dózisú réz-szacharóz komplex kijuttatása eredményezte.

27. Táblázat: Zeleny-szám eredmények (2011-2013)
Table 27.: Results of Zeleny-number (2011-2013)

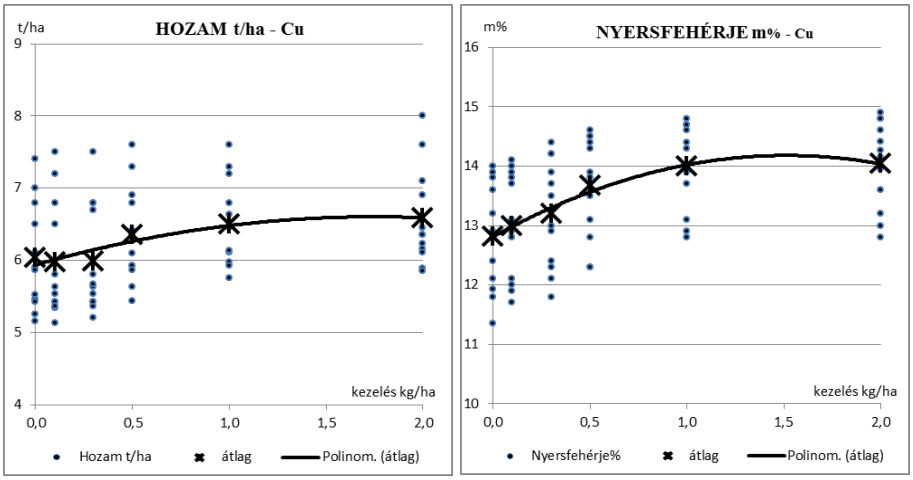
Zeleny-szám			
Kezelések (kg/ha)	**2011**	**2012**	**2013**
Kontrol	22,75±0,45	43,75±0,88	28,12±0,84
Cu 0,1	24,50±1,22	46,00±0,92	28,75±0,86
Cu 0,3	25,75±1,29	45,75±0,92	30,25±0,91
Cu 0,5	28,75±0,86	56,25±1,69	32,25±0,32
Cu 1,0	31,00±0,62	56,50±2,26	32,25±0,32
Cu 2,0	32,50±0,65	57,75±1,15	32,75±0,33
Zn 0,1	23,75±0,48	42,25±0,42	28,50±1,14
Zn 0,3	25,50±0,51	43,75±1,31	28,25±1,41
Zn 0,5	26,00±0,78	49,00±1,96	30,00±0,60
Zn 1,0	26,50±0,53	50,25±1,00	30,75±0,92
Zn 2,0	26,75±0,54	50,25±0,50	31,25±0,94

4.4.1. A réz-kezelések hatása a három év átlagában

A varianciaanalízis alapján (95%-os megbízhatósági szinten) a kezelések hatásosak voltak minden vizsgált tényező esetén.

A **hozamok** tekintetében a kezelések 0,5 kg/ha-os dózistól kezdődően szignifikánsan (LSD= 0,22) növelő hatásúnak bizonyultak. A hozamfüggvény (y_{11}=-0,23x_1^2+0,77x_1+5,96) maximumát 1,67 kg/ha dózisú réz kezelés esetén érte el (41. ábra).

A három év **nyersfehérje-artalom** vizsgálatánál megállapítottuk, hogy a kezelések hatására 0,5 kg/ha-os dózistól kezdődően szignifikáns (LSD= 0,22) növekedést mutat. Az illesztett regressziós görbe (y_{14}=-0,60x_1^2+1,80x_1+12,81) maximumát 1,50 kg/ha dózisú Cu esetén érte el (42. ábra).



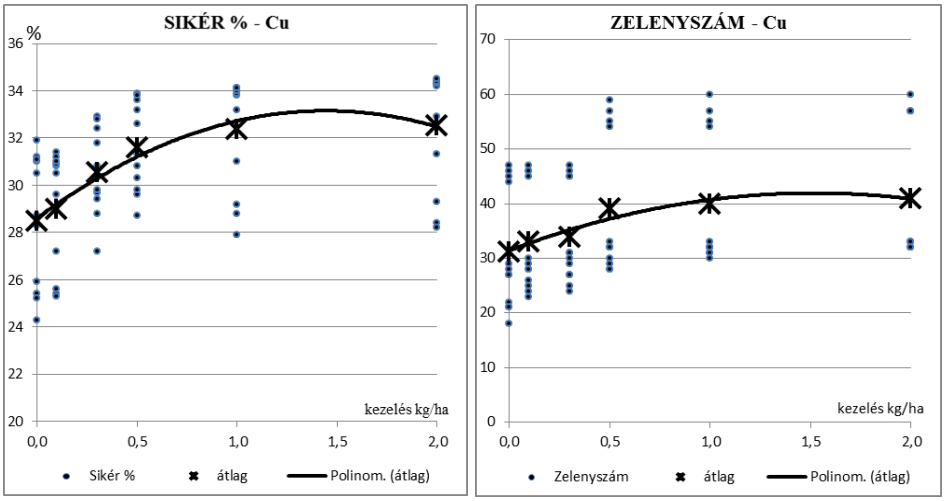
41.-42. ábra: Réz-dózisok hatása a búza hozamára és nyersfehérje-tartalmára (2011-2013)

Figure 41.-42.: Effect of copper in the yield and protein (2011-2013)

A három év vizsgálata alapján azt találtuk, hogy a kezelések 0,3 kg/ha-os dózistól kezdődően szignifikánsan (LSD= 1,38) növelték a **sikértartalmat**.

Az illesztett regressziós görbe (y_{12}=-2,49x_1^2+6,88x_1+28,63) maximumát 1,38 kg/ha dózisú réz-szacharóz kezelés esetén érte el (43.ábra).

A kezelések a **Zeleny-szám** vizsgálatánál 0,3 kg/ha-os dózisig csökkenést mutatnak, 0,5 kg/ha-osnál nagyobb dózisok szignifikánsan (LSD= 2,91) növelték a vizsgált paramétert. A Zeleny-szám-függvény (y_{13}=-4,56x_1^2+13,83x_1+31,25) maximumát 1,52 kg/ha dózisú réz kezelés esetén érte el (44. ábra).



43.-44. ábra: Réz-dózisok hatása a búza sikértartalmára és a Zeleny-számra (2011-2013)

Figure 43.-44.: Effect of copper in the gluten and Zeleny-number

Az egyes változók közötti kapcsolat szorosnak mondható, amit a korrelációs mátrix értékei mutatnak a 28. táblázatban.

28.Táblázat: Korrelációs mátrix, Cu
Table 28.: Correlation matrix, Copper

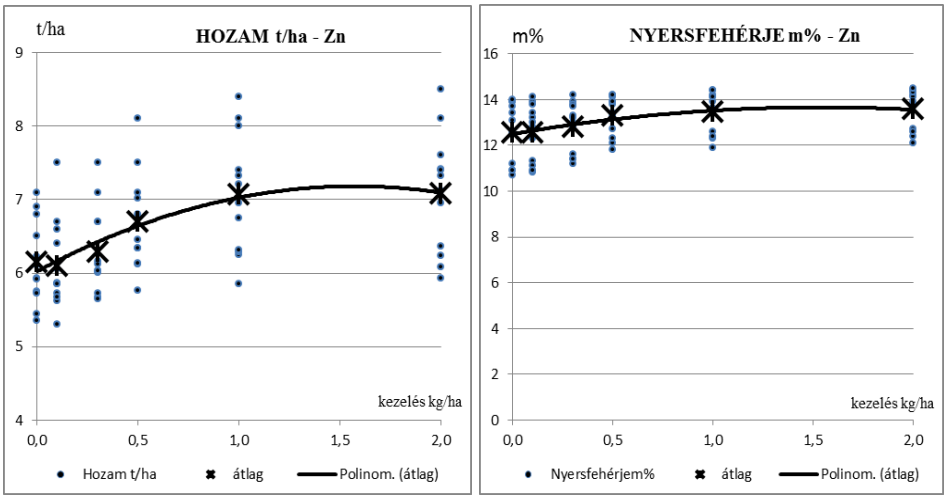
Cu	kezelés (kg/ha)	hozam (t/ha)	nyersfehérje (m%)	Zeleny-szám	sikér (%)
kezelés (kg/ha)	1				
hozam (t/ha)	0,896	1			
nyersfehérje (m%)	0,871	0,974	1		
zelenyszám	0,849	0,965	0,989	1	
sikér (%)	0,771	0,922	0,962	0,970	1

4.4.2. A cink-kezelések hatása a három év átlagában

A varianciaanalízis alapján (95%-os megbízhatósági szinten) a kezelések hatásosak voltak minden vizsgált tényező esetén.

A kezelések a **hozamokat** a három év átlagában 0,5 kg/ha-os dózistól kezdődően szignifikánsan (LSD= 0,37) növelték. A hozamfüggvény (y_{21}=-0,46x_2^2+1,46x_2+6,00) maximumát 1,59 kg/ha dózisú cink kezelés esetén érte el (45. ábra).

A kezelések 0,5 kg/ha-os dózistól kezdődően szignifikánsan (LSD= 0,45) növelték a **nyersfehérje-tartalmat**. Az illesztett regressziós görbe (y_{24}=-0,49x_2^2+1,51x_2+12,50) maximumát 1,54 kg/ha dózisú cink kijuttatás esetén érte el (46. ábra).

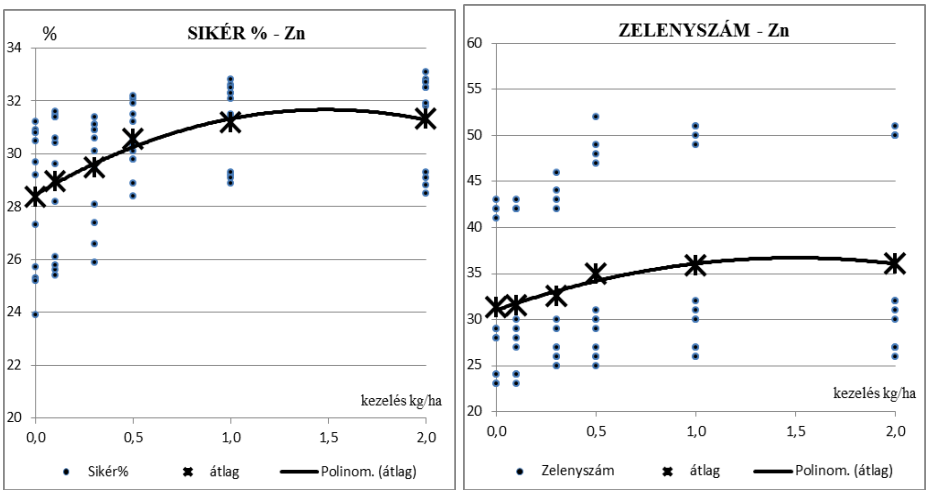


45.-46. ábra: Cink-dózisok hatása a búza hozamáraés a nyersfehérje tartalomra (2011-2013)

Figure 45.-46.: Effect of zink on the yield and protein (2011-2013)

Sikértartalom vizsgálatánál megállapítottuk, hogy a mennyiségeket a kezelések 0,5 kg/ha-os dózistól kezdődően szignifikánsan (LSD= 1,33) növelték. Az illesztett termelési függvény (y_{22}=-1,45x_2^2+4,31x_2+28,47) maximumát 1,33 kg/ha dózisú cink-karbonát lombtrágya használatánál érte el (47. ábra).

Zeleny-szám értékelésekor hasonlóan a réz kezeléskhez, megállapítottuk, hogy a kezelések 0,3 kg/ha-os dózisig csökkenést mutatnak, de 0,5 kg/ha-osnál nagyobb dózisok szignifikánsan (LSD=2,97) növelték a mért paramétert. A Zeleny-szám-függvény (y_{23}=-2,55x_2^2+7,61x_2+31,04) maximumát 1,49 kg/ha dózisú cink kezelés esetén érte el (48. ábra).



47.- 48. ábra: Cink-dózisok hatása a búza sikértartalmára és a Zeleny-számra (2011-2013)

Figure 47.-48.: Effect of zink on the gluten and Zeleny-number of winter wheat (2011-2013)

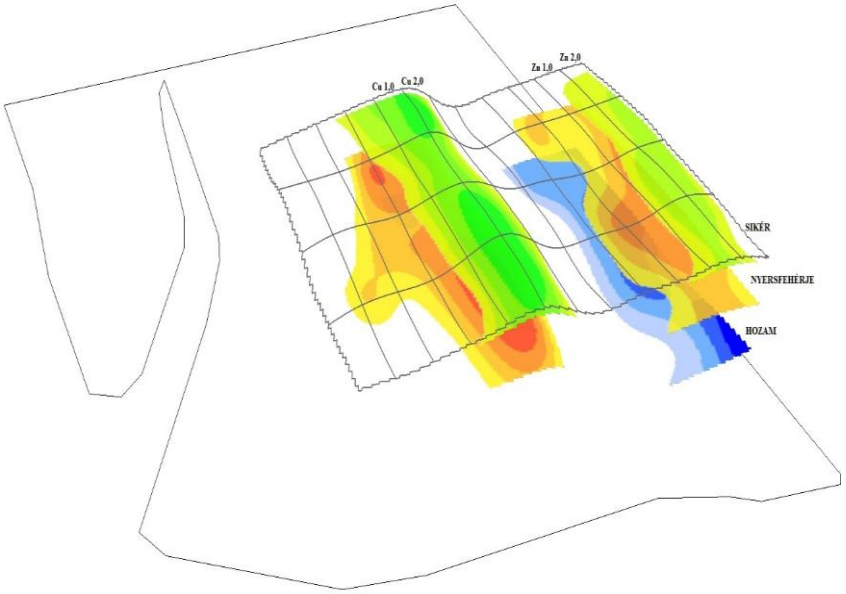
Az egyes változók közötti kapcsolat szorosnak mondható, amit a korrelációs mátrix értékei mutatnak a 28. táblázatban.

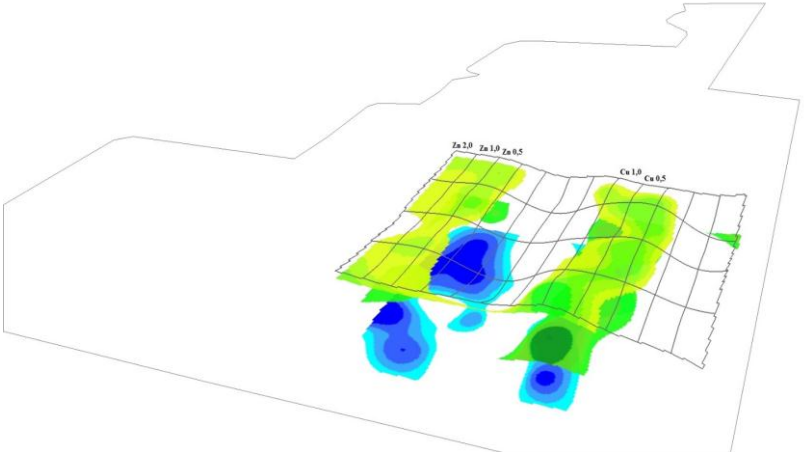
28. Táblázat: Korrelációs mátrix, Cu
Table 29.: Correlation matrix, Copper

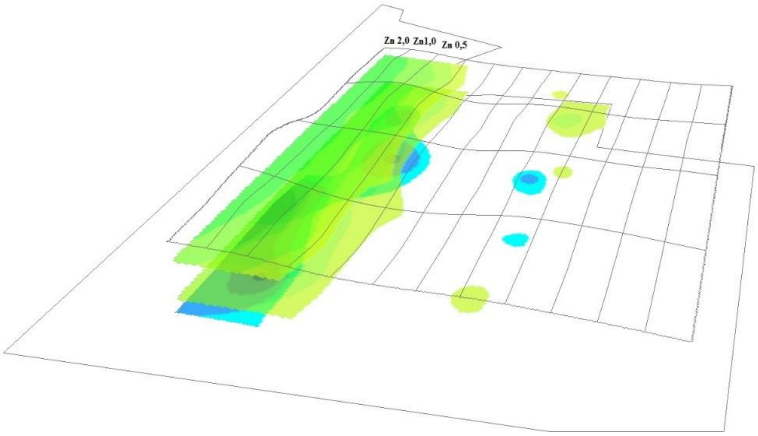
Zn	kezelés (kg/ha)	hozam (t/ha)	nyersfehérje (m%)	Zeleny-szám	sikér (%)
kezelés (kg/ha)	1				
hozam (t/ha)	0,858	1			
nyersfehérje (m%)	0,848	0,989	1		
Zeleny-szám	0,859	0,983	0,998	1	
sikér (%)	0,869	0,957	0,978	0,976	1

4.5. A réz és cink kezelések hatásának összevetése

Megállapítottuk, hogy minden évben kimutatható a kezelések hatásossága, ugyanis a kontrolhoz képest minden vizsgált tényezőnél növekedést mutatnak, és 0,5-nél nagyobb dózis esetén szignifikáns különbség mutatkozik a hozam, a sikértartalom, a Zeleny-szám és a fehérjetartalom mért mennyiségében is. A hozam nagyságát a cink kezelések jelentősebben növelik, míg az egyes minőségi paraméterek (sikér, nyersfehérje tartalom), a réz kezelés hatására jobban növekedtek a három év átlagát tekintve. Ez térképileg is jól ábrázolható (40. ábra).


Cu 1,0
Cu 2,0
Zn 1,0
Zn 2,0
SIKÉR
NYERSFEHÉRJE
HOZAM


Zn 2,0
Zn 1,0
Zn 0,5
Cu 1,0
Cu 0,5



49. ábra: Nyersfehérje, sikér, hozam maximumok 2011., 2012., 2013. (saját készítés)

Figure 49.: Maximum of protein, gluten and yield 2011., 2012., 2013. (own making)

Megállapítható, hogy mindkét anyag hatása az 1,4-1,6 kg/ha-os szint mellett a legnagyobb, a választást a leginkább növelni kívánt eredményváltozó (pl. hozam, beltartalmi értékek) határozza meg. Összességben a réz és cink kezeléseknél a döntést a gyakorlatban a talajminőség ismeretén túl a pillanatnyi elérhetőség, az ár befolyásolhatja csak, használata bármelyiknek feltétlenül növeli a búza mennyiségét és javítja a termés minőségét, azaz a termelési jövedelmet.

JAVASLATOK

Vizsgálataim eredményeinek elemzése során, az alábbi megállapítások és javaslatok fogalmazhatók meg:

Amennyiben olyan kezelés elvégzése a cél, mellyel mennyiségi paramétert növelhetünk (hozam), abban az esetben:

- **hozam növelésére** aszályos, csapadékszegény melegebb években és csapadékos hűvösebb időjárás esetén**, cink és réz hiányt mutató területeken bázisos cink-karbonát lombtrágya** használata javasolt, két fenológiai fázisban (szárba szökkenés, virágzás). A kijuttatandó optimális mennyiség **1,5-1,6 kg/ha**.

Amennyiben olyan kezelés elvégzése a cél, mellyel minőségi paramétereket növelhetünk (nyersfehérje, sikér, Zeleny-szám), abban az esetben:

- **nyersfehérje tartalom növeléséhez**, a cink és réz hiányos területeken mind aszályos, csapadékszegény melegebb években és csapadékos hűvösebb időjárás esetén **réz-szacharóz komplex** lombtrágya kijuttatása javasolt, melynek optimális mennyisége **1,5 kg/ha**, szárba szökkenéskor és virágzáskor,
- **sikértartalom növeléséhez,** a cink és réz hiányos területeken mind aszályos, csapadékszegény melegebb években és csapadékos hűvösebb időjárás esetén **réz-szacharóz komplex** lombtrágya kijuttatása javasolt, két fenológiai fázisban (szárba szökkenés, virágzás). Optimálisan kijuttatandó mennyiség: **1,5 kg/ha**,
- **Zeleny-szám növeléséhez,** cink és rézhiányos területeken, mind csapadékos, mind aszályos években két fenológiai fázisban (szárba szökkenés, virágzás) **réz-szacharóz komplex** kijuttatása javasolt **1,5 kg/ha** dózisban.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A jelentősebb (relatíve) a rézhez (0,8-1,49 mg/kg) képest nagyobb cink (0,5-0,8 mg/kg) hiánnyal rendelkező talajokon a vegetációs időben kétszer alkalmazott (szárba szökkenéskor és virágzáskor) réz (réz-szacharóz komplex) és cink (bázisos cink-karbonát) lombtrágya kedvezően hat a búza hozamára, fehérje és sikér tartalmára, már 0,5 kg/ha dózistól kezdődően.
2. 1,5 kg/ha dózisú réz-szacharóz lombtrágyázás kedvezőbben hat a nyersfehérje tartalomra, mint a 1,5 kg/ha dózisú cink-karbonát kezelés, mészlepedékes- csernozjom talajon réz és cink hiányt mutató területeknél.
3. A réz-szacharóz komplex (1,38 kg/ha) lombtrágya kedvezőbben hat a sikértartalomra, mint a cink-karbonát (1,49 kg/ha) kezelés. Mindkét kezelés 0,5 kg/ha dózistól nagymértékben javítja a sikértartalmat.
4. Cink-karbonát (1,33 kg/ha) lombtrágya utánpótlás esetében hatásosabban érhető el a hozamnövekedés, mint réz-szacharóz (1,67 kg/ha) komplex kijuttatása esetén. Így a három év eredményeit és az adott talajösszetételt figyelembe véve a kivihető optimális cink mennyiség 1,5-1,6 kg/ha dózis.

ÖSSZEFOGLALÁS

A minőségi és mennyiségi termelés a jelen körülmények között egyre nehezebben megvalósítható anélkül, hogy a természetben ne tennénk egyre jelentősebb károkat. a probléma egyre inkább globális méretű. Kísérleteinkben többek között arra kerestük a választ, hogy a problémákra jelenthet-e megoldást a precíziós gazdálkodás.

Az alábbi célokat tűztük ki:

- Az országos átlagnak megfelelő mennyiségű, az élelmiszeripar számára alkalmas minőségű, optimális beltartalommal rendelkező termés elérése, figyelembe véve a fenntartható gazdálkodás feltételeit.
- Különböző réz és cink dózisokkal való kezelés hatásának kimutatása a hozamra (fajlagos hozam, t/ha), a sikértartalomra (%), a Zeleny-számra (ml) és a nyersfehérje tartalomra (m%).
- Bebizonyítani, hogy cink lombtrágya használatával jelentősen növelhető az őszi búza hozama.
- Réz lombtrágya használatával az őszi búza minőségi paramétereinek növelése, valamint meghatározni, hogy ezt pontosan milyen mennyiségű lombtrágya használatával érjük el.
- A kemikáliák kijuttatásának térbeli és dózisbeli pontossága talaj- és növény analízissel való ellenőrzése, illetve a cm-es helymeghatározási pontosság erre gyakorolt hatásának vizsgálata.
- Az esszenciális mikroelemek visszapótlására, a gazdálkodók számára a gyakorlatban is alkalmazható módszer kidolgozása.

Réz-szacharóz komplex és bázisos cink-karbonát összehasonlító vizsgálatát végeztük 2011, 2012, 2013-ban (*Triticum aestivum* L.) őszi búzában Tolna megyében, Regölyben mészlepedékes csernozjom talajon. A vizsgált területek kiválasztásánál a talajvizsgálati eredmények alapján a területek magas foszfor- és mésztartalom, valamint a réz-és cinkhiánya volt az elsődleges szempont. Lombkezeléseket végeztünk, az ökológiai gazdálkodásban is engedélyezett szerekkel, melyeket két időpontban, szárba szökkenéskor és virágzáskor juttattuk ki, a sávos elrendezésű, 0,5, ha nagyságú parcellákra. Célunk, a talaj különböző réz és cink dózisokkal való kezelés hatásának kimutatása a hozamra (fajlagos hozam, t/ha), a sikértartalomra (%), a Zeleny-számra és a nyersfehérje tartalomra (m%) figyelembe véve a fenntartható gazdálkodás feltételeit.

A kísérleteink során megállapíthattuk, hogy mindhárom évben kimutatható volt a kezelések hatásossága mind a réz mind a cink esetében. A kontrol területekhez képest minden 0,5 kg/ha dózisú kezelés szignifikáns növekedést eredményezett. Megállapítottuk, hogy a hozam nagyságát a cink kezelések jelentősebben növelték, míg az egyes minőségi paraméterek a réz kezelés hatására jobban növekedtek. Megállapítható, hogy mindkét anyag hatása az 1,4-1,6 kg/ha-os szint mellett a legnagyobb, a választást a leginkább növelni kívánt eredményváltozó (pl. hozam) határozza meg. Összességben a réz és cink kezeléseknél a döntést a gyakorlatban a talajminőség ismeretén túl a pillanatnyi elérhetőség, az ár befolyásolhatja csak, használata bármelyiknek feltétlenül növeli a búza mennyiségét és javítja a termés minőségét, azaz a termelési értéket.

PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

Az értekezés témakörében eddig megjelent publikációk

Tudományos közlemény, külföldi, idegen nyelvű lektorált folyóiratban:

- **Forró-Rózsa Eszter**- Szakál Pál- Csatai Rózsa: The qualitative and quantitative impact of copper and zinc applications on winter wheat cultivation African Journal of Plant Science 2017.11.9. 351-361. Szeptember 2017.

Tudományos közlemény, magyar nyelvű, lektorált folyóiratban:

- **Forró-Rózsa Eszter:** Réz a talajban (szakirodalmi összefoglaló) Acta Agronomica Óváriensis, 2014.56.1. 97-108.

Idegen nyelvű, lektorált konferencia kiadvány:

- **Rózsa Eszter**- Pecze Zsuzsanna- Nagy Lajos- Szakál Pál: Zinc supplementation experiments in maize (*Zea mays*) with precision technology, Növénytermelés, 2013.62. 159-162. Proceedings of the 12th Alps-Adria Scientific Workshop, Opatija, Croatia

Magyar nyelvű, lektorált, konferencia kiadvány:

- **Rózsa Eszter**- Pecze Zsuzsanna- Nagy Lajos- Szakál Pál: Az esszenciális mikroelemek jelentősége, Acta Agronomica Óváriensis Különszám 2011.53.1. 125-129.

Magyar nyelvű konferencia kiadvány:

- **Rózsa Eszter**- Pecze Zsuzsanna- Nagy Lajos- Szakál Pál: Mikroelem visszapótlás hatása az őszi búza minőségére Kémia, Környezettudomány, Fenntarthatóság Kémiai Intézet Tudományos Ülése, Sopron, 2013.08.29. 105-110.

- Pecze Zsuzsanna – **Rózsa Eszter** – Lukács Rita – Mesterházi Péter Ákos: Precíziós gazdálkodás lehetőségei az IKR fejlesztések tükrében poszter, XX. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, 2010.01.27-01.29.

- Pecze Zsuzsanna – **Rózsa Eszter** – Lukács Rita: 10 év tapasztalattal előadás, XX. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, 2010. 01.28.

Egyéb, más témakörben megjelent publikációk

- Márton Lénárd-Lehoczky Éva- **Rózsa Eszter**: A Cirsium Arvense (L.) Scop tömeges előfordulása és kártétele kukoricában, XXI. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, 2011.01. 26-01.28.

- Sződi Szilvia - Rozsnyay Zsuzsanna - **Rózsa Eszter** - Turóczy György: Susceptibility of sour cherry cultivars to isolates of Monilia laxa(Ehrenbergh) saccardo et Voglino. International Journal of Horticultural Science, 2008.14.1-2. 83-87.

- Sződi Szilvia – **Rózsa Eszter** – Rozsnyay Zsuzsanna – Turóczi György: Különböző meggyfajták érzékenysége Monilinia laxa (Aderhold et Ruhland) Honey/Monilia laxa(Ehrenbergh) Saccardoet Voglino izolátumokkal szemben XII. Növénynemesítési Napok. 2006. 164.

- Sződi Szilvia – **Rózsa Eszter** – Rozsnyay Zsuzsanna – Turóczi György: Monilinia laxa (Aderhold et Ruhland) Honey/Monilia laxa (Ehrenbergh) Saccardo et Voglino izolátumok agresszivitásának

vizsgálata meggyfajtákon 52. Növényvédelmi Tudományos Napok. 2006.45.

- Sződi Szilvia – **Rózsa Eszter** – Rozsnyay Zsuzsanna – Turóczi György: Különböző meggyfajták érzékenysége Monilinia laxa (Aderhold et Ruhland) Honey/Monilia laxa (Ehrenbergh) Saccardo et Voglino izolátumokkal szemben XIII. Növénynemesítési Tudományos Napok. 2007. 181.

IRODALOMJEGYZÉK

Abd-Elfattah, A.- Wada, K. (1980): Adsorption of lead, copper, zinc, cobalt and cadmium by soils that differ in cation exchange materials. J. Soil Sci. 32, 271-283.

Adriano, C.D. (1986): Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag, New York, Berlin.

Alloway, B.J. (1995): Heavy metals in soils. Chapman &Hall, London.

Ángyán, J., (2001): Az európai agrármodell, a magyar útkeresés és a környezetgazdálkodás. Budapest, Agroinform Kiadóház. 1-308.

Barkóczy M. – Szakál P. – Schmidt R. (2002): Mikroelem-tartalmú hulladékok mikroelem-tartalmának zeolittal történő kinyerése és annak felhasználása növénytáplálási célra. XVI. Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás. Proceeding. 240-247.

Barkóczy M. - Szakál P. - Tölgyesi E. (l989): Kísérletek hulladékból kinyert hexaminkomplexek mezőgazdasági újrahasznosítására. Agrokémia és Talajtan. 38, 323-327.

Barón, M. – Arellano, JB. - López-Gorgé, J. (1995): Copper and photosystem II: A controversial relationship. Physiol. Plant. 94, 174-180. útkeresés és a környezetgazdálkodás. Budapest, Agroinform Kiadóház. 1-308.

Baker, DE. – Senef, JP. (1995): Copper. In: Alloway, B.J. (ed): Heavy metals in soils. Blackie Academic and Professional, London.179-205.

Barótfi, J. (2000): A környezettechnika globális összefüggései. In: BARÓTFI, J. (szerk.): Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 21-95.

Baszynski, T. – Ruszkowska, M. – Król, M. – Tukendorf, A. – Wolinska, D. (1978): The effect of copper deficiency on the photosynthetic apparatus of higher plants. Z. Pflanzenphysi ol. 89, 207-216.

Baszynski, T – Tukendorf, A. – Ruszkowska, M. – Skórzynska, E. – Maksymiec, W. (1988): Characteristics of the photosynthet ic apparatus

of copper non-tolerant spinach exposed to excess copper. J. Plant Physiol. 132, 708-713.

Bákonyi N. (2013): A pH, a Fe- és Zn -ellátás, valamint a biotrágya-kezelés hatása a fiatalkori kukorica, uborka és bab morfológiai és fiziológiai tulajdonságaira. Doktori (Phd) értekezés, Debrecen. Debreceni Egyetem, Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola. 1-169

Beke D (2013): ArcGIS for Desktop Tippek & Trükkök. http://docplayer.hu/29096882-Arcgis-for-desktop-tippek-trukkok-beke-daniel-esri-magyarorszag-kft.html

Benedek, S. (2011): Precíziós tápanyag-gazdálkodási technológiák alkalmazása Dalmandon. Agronapló, 15, (5) 45-46.

Bergman, W. (1968): Die bedeutung der Micronährstoffe in der Landrwirtschaft. Berlin, Landwirtsch. 6, 2-3.

Bergmann, W. (1967) cit. By Győri D.- Regiusné M.Á. - Szabó S. - Szentmihályi S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban I. (esszenciális mikroelemek). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Bergmann, W. (1979): Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Biasiloi, M. – Kirby, J.K. – Hettiarachchi, G.M. - Ajmone-Marsan, F. – McLaughlin, M.J. (2010): Copper Lability is Soils Subjected to Intermittent Submergence. Journal Environmental of Quality. 39, 047-2053.

Biró, B. – Vörös, I. – Köves-Péchy, K. – Szegi, J. (1993): Symbiont effect of Rhizobium bacteria and VAM fungi on Pisum Sativum in recultivated mine spoils. Geomicrobiol. J. 11, 275-284.

Biró, B. (2003): A növény-talaj-mikroba kölcsönhatások szerepe az elemfelvétel alakulásában. Mikroelemek a táplálékláncban. Konferenciakötet Prof. Dr. Pais István 80. születésnapja tiszteletére. Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza.

Blackmore, S. and Moore, M. R. (1999): Remedial correction of yield map data; Precision Agriculture Journal, 1, (1) 53-66.

Bowen, H.J.M (1982): Environmental chemistry. Vol. 2. The Royal Society of Chemistry, Burlington House, London.

Bowen, H.J.M. (1979): Environmental chemistry. of the elements. Academic Press. New York.

Burger K. (1999): Az analitikai kémia alapjai – Kémiai és műszeres elemzés. Semmelweis Kiadó, Budapest.

Buzás, I. (szerk.) (1983): A növénytáplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 16-24

Buzás, I. (1987): Bevezetés a gyakorlati agrokémiába. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest

Cambardella, C. A. – Karlen, D. L. (1999): Spatial Analisys of Soil Fertility Parameters, Precision Agriculture

Childs C. (2004): Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst, ArcUser, July-September, 32-35.

Csete, L. (2002): Az információtechnológia és az információ menedzsment alkalmazásának tanulságai. Gazdálkodás. 46. 69-74.

Csete, L. (2005): Az agár- és vidékfejlesztés fenntartható rendszere. Gazdálkodás, 49, (2) 3-15.

De Vos C.H.R., Vonk M.J., Voojis R., Schat H. (1992): Glutath-ione depletion due to copper-induced phytochelatin synthesis causes oxidative stress in Silene cucubalus. Plant Physiol. 98, 853-858.

Debreczeni B. (1979): Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Deinum, J. – Reinhammar, B. – Marchesini, A. (1974): The Stochiometry of the Three Different types of copper in Ascorbate Oxidas from Green Zucchini Squash. FEBS Lett. 42, 241-245

Delas, J. (1960): Copper toxicity in Viticultural soils - Copper in Animal Wastes and Sewage Sludge Proceedings of the EEC Workshop organised by the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Station d'Agronomie, Bordeaux, France, and held at Bordeaux, October 8–10, 1980 Session II, 136-143.

Dimény, I. (1975): A gépesítésfejlesztés ökonómiája a mezőgazdaságban. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1-507.

Drazkiewicz, M.- Skórzynska-Polit, E.- Krupa, Z. (2003): Response of the ascorbate-glutathione cycle to excess copper in Arabidopsis thaliana (L.). Plant Sci. 164, 195-202.

Droppa, M. – Masojidek, J. - Rózsa Z. – Wolak, A. - Horváth L. - Farkas T. - Horváth G. (1987): Characteristics of Cu deficiency induced inhibition of photosynthetic electron transport in spinach chloroplasts. Biochim. Biophys. Acta. 891, 75-84.

Droppa, M. - Horváth G. (1990): The role of copper in photosynthesis. Plant Sci. 9, 111-123.

Dudgeon, G.C. – Bolland, G. (1916): Work in connection with Egyptian wheat. Technical and scientific service bulletin 7, 1-9.

Dudley, L.M. – McLean, J.E. – Furst, T.H. – Jurinak, J.J. (1991): Sorption of cadmium and copper from an acide mine waste extract by two data using two adjusable parameters. Soil Sci.Soc. Am. J. 41, 39-48.

Fee, J.A. (1975): Copper proteins: Systems Containing the Blue Copper Center. In Struckture and Bonding. Vol. 23. Springer-Verlag, Berlin 1-60.

Fekete A. – Patócs I. (1986): Az őszi búza fejtrágyázása. Magyar Mezőgazda, 12, 7.

Fick, M.- Isenbeck-Schröter, M.(1989): Batch studies for the investigation of the mobility of the heavy metals Cd, Cr, Cu and Zn. J. Contam. Hydrol. 4, 69-78.

Flynn, A.G. – Panazzo, J.F – Gardner, W.K. (1987): The effect of copper deficiency on the laking quality and dough properties of wheat flour. Journal of Cereal Science. 6, (1) 91-98.

Fox, TC. – Guerinot, M.L. (1998): Molecular biology of cation transport in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 49, 669-696.

Fridovich, I. (1974a): Superoxide Dismutases. In Meister, A. (ed.): Advances in Enzymology, Wiley Interscience, New York 41, 35-97.

Fridovich, I. (1974b): Superoxide Dismutase. In Hayaishi, O. (ed.): Molecular Mechanisms of Oxygen Activation. Academic Press, New York. 453-477.

Fridovich, I. (1976): Oxygen Radicals, Hydrogen Peroxide and Oxygen Toxicity. In: Prior, W. (ed.): Free radicals in Biology, Vol 1. Academic Press. New York. 239-277.

Füleky Gy. (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Füleky Gy. - Rétháti G. - Stefanovits P. (2005): Réz és cink adszorpció jellegzetes magyarországi talajokon. Acta Agronomica Óváriensis. 47, (1) 217-226.

Gasztonyi K. – Lásztity R., (1993): Élelmiszerkémia 1-2. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Gergely P. – Erdődi F. – Vereb Gy. (2001): Általános és bioszervetlen kémia. Semmelweis Kiadó, Budapest.

Graham, R.D. (1978): Tolerance of Triticale wheat and rye to copper deficiency. Nature. 271, 542-544.

Greenwood, N.N. – Earnshaw, A. (1999): Az elemek kémiája I-III. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Grisso, B., Alley, M., McClellan, P., Brann, D. and Donolue, S. (2009): Precision farming: a comprehensive approach, Virginia Polytechnic Institute and State University. 1-6.

Grybos, M. - Davrance, M. – Gruau, G. - Petitjean, P. (2007): Is trace metals release in wetland soils controlled by organic matter mobility of Fe-oxyhydroxides reduction? J. Colloid Interface Sci. 314, 490-501.

Gupta M.- Cuypers A. - Vangronsveld J.- Clijsters H. (1999): Copper affects the enzymes of the ascorbate-glutathione cycle and its related metabolites in the roots of Phaseolus vulgaris. Physiol. Plant. 106, 262-267.

Győri D. (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazdsaági Kiadó. Budapest

Győri D.- Regiusné M.Á. - Szabó S. - Szentmihályi S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban I. (esszenciális mikroelemek). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Győrffy, B. (2000): A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. Agrofórum. 11, (2) 1-4

Halliwell, B – Gutteridge, J.M.C. (1984): Oxygen toxicity, oxy gen radicals, transition metals and disease. Biochem. J.219, 1-14.

Han, B. – Shepherd, K.W. (1991): The correlations between LJMW glutenin subunits and gliadins and their effects on bread-making quality in the progney of two wheats. Scientia Agricultura Sinica. 24, (4) 19-25.

Harless, E. (1847): Ueber das blaue Vlut einiger wirblossen Thiere und dessen Kupfergehalt. Arch. Anat. Physiol. Müllers. 148-156.

Harter, R.D. (1992): Competitive sorption of cobalt, copper and niccel ions by a calcium-saturated soil. Soil Sci.Soc. Am. J. 56, 444-449.

Heller, L. – Duel, H. (1958) cit. By Russell, G. (1986): Fertilisers and Quality of what and barley Proceedings. Fertiliser Society. 253, 23.

Henriques, F.S. (1989): Effects of copper deficiency on the pho tosynthetic apparatus of sugar beet (Beta vulgaris L.) J. Plant Physiol. 135, 453-458.

Hiltner L. (1904): Zur frage der Stickstoffernahrung in pflanzen. Arb. Detsch. Landwirtsch. Ges. 98, 59-78.

Himelblau, E. - Amasino, R.M. (2000): Delivering copper within plant cells. Curr. Opin. Plant Biol. 3, 205-210.

Hsu, B.D. - Lee, J.Y. (1988): Toxic effects of copper on photosystem II of spinach chloroplasts. Plant Physiol. 87,116-119.

Husti, I. (2008): Az innováció és a műszaki fejlesztés kapcsolatrendszere a mezőgazdaságban. In: Takács I. (szerk.): A műszaki-fejlesztési támogatások közgazdasági hatékonyságának mérése. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, 51

Jolánkai, M. és Németh, T. (2007): Agronómiai és környezetvédelmi elvárások. In: Németh, T., Neményi, M. and Harnos, ZS. (szerk.): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press, Szeged, 63-75.

Judel, G.K. (1962): Einfluss von Kupfer und Stickstoffmangel auf die aktivitat der phenoloxidase und den Gehalt on Phenolen in den Blättern der Sonnenblume. U. Pflanzernahr. Bodenkunde, 31, 159-170.

Jungluth, G. – Rühling, I. – Ternes, W. (2000): Oxidation of flavonols with Cu(II) Fe(II) and Fe(III) in aqueous media. Journal of Chemical Society. Perkin Trans. 2, 1946-1952.

Kádár I. – Shalaby, M.H. (1984): A N x Cu trágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon. Agrokémia és Talajtan. 33, 268–274.

Kádár I. (2005): Magyarország Zn és Cu ellátottságának jellemzése talaj- és növényvizsgálatok alapján. Acta Agronomica Óváriensis. 47, 11–26.

Kádár I. (2008): A levéltrágyázás jelentősége és szerepe a növénytáplálásban. Acta Agronomica Óváriensis. 50, 19-27.

Kádár I. (2008): A mikroelemkutatások eredményeirõl, különös tekintettel a Cu és Zn elemekre. Acta Agronomica Óvariensis. 50, 9-12.

Kalmár S. (2010): A precíziós növénytermelés üzemgazdasági összefüggései; Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár,30-32.

Kalocsai R. (2006): A réz (Cu). MezőHír. 10, 58.

Kalocsai R (2004.): A cink szerepe a növénytáplálásban. Agro Napló 2004. 4.

Karamanos, R.E. – Kruger, G.A. – Stewart, J.W.B. (1986): Cereal and oilseed crops in northern canadian prairie soils. Agronomy Journal, 78, 317-323.

Katalümov, M.V. (1965): Mikroelementü i mikroudobrenija. Moszkva, Himija, 330.

Keilin, D. – Hartree, E.F. (1938): Cytochrome a and cytochrome oxidase. Nature 141, 870-871.

Keresztény B. (1950): Egyszerűsítések a réz és cink elemnyomok kimutatásánál. A Mosonmagyaróvári Mezőgazdasági Kísérleti Intézet Évkönyve, 1, 144-147.

Keresztény B. (1971): Talajtulajdonságok és mikroelem-tartalom összefüggései kisalföldi talajokban. Kandidátusi értekezés, Mosonmagyaróvár (Kézirat).

Késmárky-Gally, Sz. (2006): A műszaki fejlesztés szerepe a Magyar mezőgazdaságban; Doktori (PhD) értekezés; Szent István Egyetem, Gödöllő, 48.

Kőrös E. (1980): Bioszervetlen kémia. Gondolat Kiadó, Budapest.

Láng, I. (2003): Agrártermelés és globális környezetvédelem. Budapest, Mezőgazda Kiadó. 1-216

Lehoczky, É. – Debreczeni, B.-né (2003): Az őszi búza által felvett réz és cink mennyiségének vizsgálata tartam-műtrágyázási kísérletekben. In: Mikroelemek táplálékláncban" tudományos ülés prof. dr. Pais István 80. születésnapja tiszteletére. Nyíregyháza, 2003. április 23-24. 30.

Lee, C. - Craddock, D. - Hammar, H. (1969): Factors affecting plant growth in high-zinc medium. I. Influence of iron on growth of flax at various zinc levels. Agronomy Journal. 61. 562-565

Lee, M.H. - Dawson, C.R. (1973): Ascorbate Oxydase. J. Biol.Chem. 248, 6603-6609.

Lidon, FC. – Henriques, FS. (1993): Changes in the thylakoid membrane polypeptide patterns triggered by excess Cu in rice. Photosynthetica. 28, 109-117.

Loch J. – Nosticzius Á. (1992): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 107-109., 109-111., 217-227.

Lombi, E. – Hamon, R.E. - McGrath, S.P. – McLaughlin, M.J. (2003): Lability of Cd, Cu and Zn in polluted oils treated with lime, beringite, and red mud and identification of a non-labile colloidal fraction of metals using isotopic techniques. Environ. Sci. Technol. 37, 979-984.

Loneragan, J.F. – Snowball, K. – Robson, A.D. (1979): Copper supply in relation to content and redistribution of copper among organs of the Wheat Plant. Annal of Botany. 45, 621-632.

Luna, CM. - González, CA. - Trippi, VS. (1994): Oxidative damage caused by excess of copper in oat leaves. Plant Cell Physiol. 35, 11-15.

Ma, L.Q. – Dong, Y. (2004): Effects of incubation on solubility and mobility of trace metals in two contamined soils. Environ. Pollut. 130, 301-307.

Maksymiec, W. – Russa, R. - Urbanik-Sypniewska, T. – Baszynski, T. (1994): Effect of excess Cu on the photosynthetic apparatus of runner bean leaves treated at two different growth stages. Physiol. Plant. 91, 715-721.

Malkin R. (1973): The Copper-Containing Oxidases. In Eichorn, G.L. (ed.): Inorganic Biochemisrty Elsevier Amsterdam. 689-709.

Malkin, R. – Malmström, B.G. (1970): The state and function of copper in biological systems. In Nord, F.F. (ed.): Advances in Enzymology, Wiley-Interscience. New York. 33, 177-244.

Malmström, B.G. - Vänngard, T. (1960): Electron spin resonance of copper proteins and some model complexes. J.Mol.Biol. 2, 118-124.

Malmström, B.G. – Andréasson, L.E. – Reinhammar, B. (1975): Copper-containing oxidases and superoxide dismutase. In Boyer, P. (ed.): The enzymes Academic Press, New York. 507-579.

Markossian, K.A. – Kurganov, B.I. (2003): Copper chaperones, intracellular copper trafficking proteins. Function, structure, and mechanism of action. Biochemistry (Mosc). 68, 827-837.

Marschner, H (1995): Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

Marselek, S. (2006): Környezeti állapot, mezőgazdaság, fenntartható fejlődés. Gazdálkodás, 50, (15) 2-27.

Martens, D.C. (1985): Crop response to high levels of copper application. Annual Report, INCRA, Project. 292-296.

McElroy W.D. – Glass, B. (1950): Copper Metabolism. A symposium on Animal, Plant and Soil Relationships Sponsored by the McCollum-Pratt Institue of the John Hopkins University, Baltimore. John Hopkins Press. Baltimore Md.

Meadows, D. H., Meadows, D.L., Randers, J. and Behrens, W.W. (1972): The Limits of the Growth. New York: University Book. 1-205.

Meharg, A.A. (1994): Integrated tolerance mechanisms-constitutive and adaptive plant-responses to elevated metal concentrations in the environment. Plant Cell Environ. 17, 989-993.

Mengel, K. (1976): A növények táplálkozása és anyagcseréje. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 162-163

Menyhért, Z. szerk. (1979): Kukoricáról a termelőknek Mezőgazdasági Kiadó 6

Mesterházi, P. Á. – Pecze, Zs. – Neményi, M. (2001): A precíziós növényvédelmi eljárások műszaki-térinformatikai feltételrendszere. Növényvédelem 37, (6) 273 – 282.

Michelson, A. M. – McCord, J. M. – Fridovich, I. (1977): Superoxide and Superoxide dismutase. Academic Press, London.

Misra, N.M. – Venkateswarlu, S. (1981): Effect of soils vs. foliar application of certain micronutrients on wheat var. Kolyan Sona. Food Farming and Agriculture. 14, (5) 57-59.

Mitchel, R.L. (1955): Trace element chemistry of the soil. New York.

Mohanty, N. - Vass I. - Demeter S. (1989): Copper toxicity affects photosystem II electron transport at the secondary quinone acceptor QB. Plant Physiol. 90, 175-179.

Molnárné Hamavas Lívia (2003): A faextraktanyag-fémion kölcsönhatás vizsgálata Doktori PhD értekezés. NYME.

Moore, I. D. - Gessler, E. - Nielsen, G. A. - Peterson, G. A. (1993): Terrain analysis for soil specific crop management. Second International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems, 27 – 51.

Mortwedt, I.I. – Giordano, P.M. – Lindsay, N.L. (1972): Micronutrients in agriculture. Soil. Soc. Am. Madison. Wisconsin. 26, 36-43.

National Research Council (NRC) (1997): Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management. Washington D.C., National Academy Press 149.

Navari-Izzo, F.- Quartacci, M.F. – Pinzino, C.- Dalla Vecchia, F.- Sgherri, C.L.M. (1998): Thylakoid-bound and stromal enzymes in wheat treated with excess copper. Physiol. Plant.104, 630-638.

Náray-Szabó, I. (1973): *Kémia*, 2. átdolg. kiadás, Műszaki Könyvkiadó

Neményi M. – Pecze Zs. – Mesterházi P. Á. – Németh T. (2001): A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. Növénytermelés, 50, (4) 419 – 430.

Németh, T. – Bujtás, K. – Pártay, G. – Lukács, A. (1993): Fate and plant uptake of some heavy metals in soil-plant systems studied in soil monoliths. Agrokémia és Talajtan. 42, 195-206.

Németh, T., Hosar, Zs. és Neményi, M. (2000): Precíziós növénytermesztés - hatékonyság növelés és környezetterhelés csökkentés, http://www.prec.taki.iif.hu/file/Nemeth_ea_prec.pdf

Oliver, I.W. - Y.Ma, E. - Lombi, A.L. - Nolan, M.J. - MgLaughlin (2006): Stabla isotope tchniques for assessing labile Cu in soils: Development of an L-value procedure, its application, and reconsiliation with E values. Environ. Sci. Technol. 40, 3342-3348.

Ouzounidou, G. – Eleftheriou, EP. – Karataglis, S. (1992): Ecophys iological and ultrastructural effects of copper in Thlaspi ochroleucum (Cruciferae). Can. J. Bot. 70, 947-957.

Ouzounidou, G. – Moustakas, M. – Strasser, RJ. (1997): Sites of action of copper in the photosynthetic apparatus of maize leaves: kinetic analysis of chlorophyll fluorescence, oxygen evolution, absorption changes and thermal dissipation as monitored by photoacoustic signals. Aust. J. Plant Physiol. 24, 81-90.

Owouche, J.O. – Briggs, K.G. – Taylor, G.J. – Penney, D.C. (1994): Response of eight Canadian Spring wheat (Triticum aestivum L.)

Cultivars to copper: Pollen viability, grain yield plant, and yield components. Canadian Journal of Plant Science. 74, 25-30.

Pais I. (1980): A mikrotápanyag szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 35-40.

Parker, M. - Gaines, T. - Walker, M. - Plank, C. - Davis-Carter, J. (1990): Soil zinc and pH effects on leaf zinc and the interaction of leaf calcium and zinc on zinc-toxicity of peanuts. Communication in Soil science an Plant Analysis. 21. 2319-2332.

Pecze Zs. (2001): A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés feltételrendszere; Doktori (PhD) értekezés; Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár, 9.

Pecznik J. (1976): Levéltrágyázás. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 19-21.

Pecznik, J. – Kovács, K. – Kiss, T. (1971): Különböző mikroelemek hatása a búza terméshozamára és minőségére. Búzatermesztési kísérletek. Akadémiai Kiadó, Budapest. 407-418.

Peisach, J. – Aisen, P. – Blumberg, W.E. (1966): The biochemistry of copper. Academic Press. New York.

Peterson, C.J. – Mattern, P. – Johnson, V.A. (1983a): Factors affecting trace mineral levels of wheat grain. Cereal Foods World. 28, (9) 562-564.

Peterson, C.J. – Johnson, V.A. – Mattern, P.J. (1983b): Evolution of variation in mineral element concentrations in wheat flour an bran of different cultivars. Cereal Chemistry. 60, (6) 450-455.

Peterson, C.J. – Johnson, V.A. – Mattern. P.J. (1986): Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentrations of wheat flour, bran, and grain. Cereal-Chemistry. 63, (3) 183-186.

Pethő M. (1993): Mezőgazdasági növények élettana. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Pollhamer, E-né (1973): A búza minősége a különböző agrotechnikai kísérletekben. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Pollhamer E-né (1980): Mikroelemek hatása a búza minőségére és a „buláta”. Növénytermelés. 29, 6.

Polhammer, E-né (1981): A búza sütőipari minőségének javítási lehetősége a martonvásári kísérletek alapján. Élelmezési Ipar. XXXIV. 8.

Pollhamer E-né (1988): A búza legújabb minőségi vizsgálati eredmények. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Prasad, MNV. – Strzalka, K (1999): Impact of heavy metals on photosynthesis. In: Prasad, M.N.V. – Hagemeyer, J (eds), Heavy Metal Stress in Plants. Springer Publishers, Berlin. 117-138.

Quartacci, MF. – Pinzino, C. - Sgherri, CLM - Dalla Vecchia, F. - Navari-Izzo, F. (2000): Growth in excess copper induces changes in the lipid composition and fluidity of PSII-enriched membranes in wheat. Physiol. Plant. 108, 87-93.

Réder O. – Csatai R. – Szakál P. (2005): Az őszi búza réz-tetraminhidroxid komplexes kezelésének gazdasági vizsgálata. Acta Agronomica Óváriensis 47, (1) 173-180.

Reisinger P. – Schmidt R. – Szakál P. (1996): A talajmeszezés helyzete és a lehetséges megoldások hazánkban. Integrált Növénytermesztés. 12,100-108.

Sadmann, G. - Böger, P. (1980): Copper-mediated lipid peroxidation processes in photosynthetic membranes. Plant Physiol. 66, 797-800.

Salgó L. – Gyurkovits K. – Vranek I. (1979): A réz biológiai szerepe. Orvosi képzés 54, 151–160.

Samson, G. – Morissette, JC. – Popovic, R. (1988): Copper quenching of the variable fluorescence in Dunaliella tertiolecta. New evidence for a copper inhibition effect on PSII photochemistry. Photochem. Photobiol. 84, 329-332.

Sárdi K. (2003): Agrokémia. A növénytáplálás alapjai. Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Keszthely. Talajtan és Agrokémia Tanszék. Kari Jegyzet.

Sas B. (1978): A cink intermedier anyagcseréje, szabályozása és hiányának következményei háziállatokban. Magyar Állatorvosok Lapja. 33, (5) 327-330.

Schmidts M. (2013): Esri ArcGIS Associate Certification Study Guide. Esri Press. 35-50.

Schmidt R. (2011): Földműveléstan, A térinformatika (GIS) a precíziós mezőgazdaságban, 83. Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt

Schmidt R. - Barkózi M. - Szakál P. - Horak O. - Lesny J. (1999): Hulladékból előállított fém-komplexek mezőgazdasági újrahasznosítása. XIII. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Kiadvány. 206-214.

Schmidt R. - Szakál P. (2001b): Utilisation of copper containing industrial waste in agriculture as secondary raw material plant nutrient and fungicide. Applied Environmental Chemistry. 34-45.

Schmidt R.- Szakál P. (2001a): Trágyázás és talajjavítás a fenntartható növénytermesztési rendszerekben. in: Birkás M. (szerk.): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. 189-228.

Shikanai, T. - Müller-Moulé, P.- Munekage, Y. – Niyogi, KK. – Pilon, M (2003): PPA1, a P-type ATPase of Arabidopsis, functions in copper transport in chloroplasts. Plant Cell. 15, 1333-1346.

Shkolnyik, N.Y.A. (1984): Trace elements in plants. Elsevier, Amsterdam.

Sillanpää, M. (1982): Microelements and the nutrient status of soils: a global study. FAO Soil Bulletin. 48, Rome.

Simon L., Szilágyi M. (szerk.) (2003): Mikroelemek a táplálékláncban. Bessenyei György Kiadó, Nyíregyháza

Smuk, N., Milics, G., Salamon, L. és Neményi, M. (2009): A precíziós gazdálkodás beruházásainak megtérülése; Gazdálkodás, 53, (3) 246-253

Spiro, T.G. (1983): Metal ions in biology. Zinc enzimes. New York.

Stafford, J. V. (2000): Implementing precision agriculture in the 21st century. Journal of Agricultural Engineering research, 76,(3) 267-275.

Stefanovics P. (1992): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 186.

Stohs, S.J.- Bagchi, D. (1995): Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions. Free Radic. Biol. Med. 18, 321-336.

Strack, D. (1997): Phenolic Metabolism, in Plant Biochemistry (ed.P.M.Dey, J.B. Harborne), Academic Press. San Diego. 387-416.

Swaine,D.J. (1969) cit by Győri D.- Regiusné M.Á. - Szabó S. - Szentmihályi S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban I. (esszenciális mikroelemek). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Szabó S. - Regiusné Mőcsényi Á. - Győri D. - Szentmihályi S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban I. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 17-18.

Szakál P. – Barkóczi M. – Schmidt R. (2003): Különböző ligandumú réz-komplexek, réz-ioncserélt zeolit hatása a növények hozamára és beltartalmára.. NYME Erdőmérnöki Kar. A Magyar Tudomány Napja. 2002. Sopron 2003. 74-78.

Szakál P. – Pécsi S. (1993): Dolomit- és fémkomplex adagolás hatása növények mennyiségi és minőségi mutatóira, valamint egészségi állapotára. Magyar Kémikusok Egyesülete. Budapest. 1993. február.

Szakál P. - Schmidt R. - Barkóczi M. - Kalocsai R. - Beke D. - Csatai O.(2006): N-containing copper complexes in wheat production. V. Alps-Adria Scientific Workshop. Cereal Rechearch Communications. 34, (1) 681-684.

Szakál P. - Schmidt R. - Barkóczi M.- Lesny, J.- Halasi T. (2005): Lombtrágyaként alkalmazott réz-szénhidrát-komplex hatása az őszi búza hozamára és minőségére. Acta Agronomica Óváriensis. 47, (1) 47-52.

Szakál P. – Schmidt R. – Barkóczy M. (1988): Experiments for the Agricultural Utilization of Copper containing Wastes, World conference on Hasardous Waste, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1361-1365.

Szakál, P. – Pécsi, S. (1993): Dolomit- és fémkomplex adagolás hatása növények mennyiségi és minőségi mutatóira, valamint egészségi állapotára. Magyar Kémikusok Egyesülete. Budapest. 1993. február.

Szakál P. - Schmidt R. – Horak, O.- Tölgyessy J.- Lesny, J.- Cik, G. - Végh D. (1998): Hulladékból előállított réz-komplex hatása az UAN

oldat nitrogéntartalmának hasznosulására. XII. Országos Környezetvédelmi Konferencia Kiadvány Siófok. 269-277

Szakál P. – Schmidt R. – Reisinger P. – Hámori K. – Kerekes G. (1997a): A meszezés hatása az őszi búza termésére és beltartalmi értékeire. XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Siófok. 257-264.

Szakál P.- Reisinger P. - Schmidt R. - Hámori K. - Szederkényi P. (1997b): Meszezés és mikroelem pótlás hatása az őszi búza termésére és lisztminőségére XIII. Országos Integrált termesztés a szántóföldi kultúrákban. Budapest. 204-210.

Szakál P. – Schmidt R. (1996): Effect of copper-amine-complex produced from waste on yield and bread-making quality of wheat. 10th International Symposium of CIEC Recycling of plant nutrients from industrial processes. Branuschweig, 263-271.

Szakál P. – Schmidt R. (1997): Copper fertilization of wheat with copper complex and changes in flour quality. 17. Arbeitstagung Die Bedeutung der Mengen- und Spurelemente. Jena. 53-64.

Szakál P. - Tölgyesi E. (1990): A szója mikroelemes lombtrágyázása. 1987. évi eredmények. Növénytermelés, 39, 275-283.

Szakál P. (1987): Kísérletek réztartalmú hulladékok mezőgazdasági célú felhasználására. VII. Gépipari Környezetvédelmi Napok. Győr. 404-414.

Szakál P.– Barkóczy M. (l989): Réztartalmú hulladékból előállított rézkomplex hatása az őszi búza beltartalmára. Agrokémia és Talajtan, 38, 330-334.

Szakál, P. – Schmidt R. – Reisinger P. – Hámori K. – Kerekes G. (1997): A meszezés hatása az őszi búza termésére és beltartalmi értékeire. XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Siófok. 257-264.

Szentpéteri Zs. - Jolánkai M. - Kleinheincs Cs. - Szőllősi G. (2005): Effect of Nitrogen Topdressing on Winter Wheat. Cereal Research Communications 33,(2-3) 619-727

Szűcs, I. and Rausz, A. (2007): Sustainable development indicators in Hungary, Budapest: Hungarian Central Statistical Office. 9-22.

Taiz, L. - Zeiger, E. (2010): Plant Physiology, 5th Edition. The Benjamin Cummings Publishing Company, Redwood City - California.

Takács S. (1984): Mikroelemek a környezetben és koncentrációjuk az emberi szervezetben. Akadémiai Doktori Értekezés.

Takács S. (2001): A nyomelemek nyomában. Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest 201-209.

Tamás J. – Németh T. szerk. (2005): Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazásai, Debreceni Egyetem, Debrecen

Tamás J. (2001): Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

Terbe I. (2002): Élettani eredetű fejlődési rendellenességek okai. In Budai Cs. (szerk.): Növényvédelem a zöldséghajtatásban. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

Tölgyessy, Gy. (1969): A növények mikroelem-tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Törőné Dunay, A. (2012): Az EU agrártámogatási rendszerének változásai és a csatlakozás hatása a mezőgazdasági vállalkozásokra. Szent István Egyetem, Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola Ökonómiai Tanulmányai (8.), Budapest: Agroinform Kiadó, 1-190.

Vahrenkamp, H. (1988): Zink, ein langweiliges element? Chemie in unserer Zeit. 3, 124-129.

Van Assche F. - Clijsters H. (1990): Effects of metals on enzyme activity in plants. Plant Cell Environ. 13, 195-206.

Vänngard T. (1972): Copper proteins. In Swartz, H.M. - Bolton, J.R. - Borg, D.C. (eds): Biological Applications of Electron Spin Resonance. Wiley-Intescience. New York. 411-447.

Várallyay Gy.(1998): Multifunctional soil management for sustainable development in Hungary. Agrokémia és Talajtan, 47, 7–22.

Várallyay Gy., Szabóné Kele G., Berényi Üveges J., Marth P., Karkalik A., Thury I. (2009): Magyarország talajainak állapota (a talajvédelmi

információs és monitoring rendszer (TIM) adatai alapján). Földművelésügyi Minisztérium Agrár-környezetvédelmi Főosztály. Budapest.

Végh, D. – Lesny, J.– Tölgyessy J. – Szakál P. – Schmidt R. – Cik, G. (2000): New syntethic strategies for the construction of zeolite entrapped Zn and Cu complex with pyrrole and thiphene type oligomers and polymers. Analaytical and enviromental conference. Mosonmagyaróvár. 137-145.

Vidékfeljesztési Minisztérium Agrárgazdaságért felelős Államtitkárság (2013): Hatásvizsgálat a Helyes Mezőgazdasági gyakorlat Magyarország teljes területére történő kiterjesztéséről

Vogeler I.(2001): Copper and calcion transport through an unsaturated soil column. Journal of Environmental Quality. 30, (3) 927-933.

Wang, H. – Sha,n, X.Q. – Wen, B.- Zhang, S.- Wang, Z.J. (2004): Responses of antioxidative enzymes to accumulation of copper in a copper hyperaccumulator of Commoelina communis. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 47, 185-192.

Weser U. (1973): Structural aspects and biochemical fuction Erythrocuprein. In Structure and Bonding. Vol 17. Springer Verlag. Berlin.1-65.

Weser, U. –Hartmann, H.-J. –Fretzdorff, A .-Strobel, G.J. (1977a): Homologous Copper (I)(thiolate)2-Chromophores in Yeast Copper-thionein. Biophys. Acta. 493, 465-477.

Williams, L.E. – Pittman, J.K. – Hall, J.L. (2000): Emerging mechanisms for heavy metal transport in plants. Biochim. Biophys. Acta. 1465, 104-126.

Younts, S.E. (1964): Response of wheat to rates, dates of application and sources of copper and to other micronutrients. Agronomy Journal. 56, (3) 266-270.

Yruela, I. (2005): Copper in plants. Braz. J. Plant Physiol., 17, (1) 145-156.

Zare, M. - Khoshgoftarmanesh, A.- Norouzi, M.- Schulin, R. (2009): Critical soil zinc deficiency concentration an tissue iron: zinc ratio as a

diagnosti tool for prediction of zinc deficiency in corn. Journal of Plant Nutrition. 32. 1983-199.

www.vilaglex.hu/Kemia/Html/Rez.htm letöltés ideje: 2011. július 31.

www.in.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm. ENSZ (1987): Brundtland Bizottság jelentése (Közös jövőnk). letöltés ideje: 2014.május.11.

www.ec.europa.eu/agriculture/envir/index_en.htm EUROPEAN COMMISSION (2012): Agriculture and environment. letöltés ideje: 2014.május 11.

www.eurocopper.org/copper/index.html letöltés ideje: 2011. május15.

www.green4v4.eu/hu/content/jövő-táplálása-–-fenntartható-mezőgazdaság letöltés ideje 2014.05.11.

www.kislexikon.hu/rez.html letöltés ideje: 2011.május 15.

www.ofe.hu/inet/ofe/hu/fogalmak/fogalom.html? letöltés ideje: 2014.május.11.

www.rezinfo.hu/rez letöltés ideje: 2011. július 31.

www.demografia.hu/korfa letöltés ideje: 2014. augusztus 11.

www.hvg.hu/plazs/20100430_FAO_egymilliard_ember_ehezik letöltés ideje: 2014. augusztus 14.

www.net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0800059.FVM 59/2008. (IV.29.) FVM rendelet letöltés ideje: 2014. május 15.

www.net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0900061.fvm61/ 2009. (V. 14.) FVM rendelet letöltés ideje: 2014. május 15.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék ezúton köszönetet mondani mindazoknak, akik segítségükkel, munkájukkal és szakmai útmutatásukkal, 2010 szeptemberétől- 2018 szeptemberéig hozzájárultak ahhoz, hogy ez a dolgozat elkészülhessen.

Elsősorban témavezetőmnek Prof. Dr. Szakál Pálnak köszönöm állhatatos munkáját. Köszönöm, hogy szakmai támogatásával biztosította a vizsgálatokhoz szükséges feltételeket, biztosította a kísérlet során felhasznált anyagokat, minden tekintetben támogatott és segített, hogy a kísérleteket eredményesen el tudjam végezni.

Köszönetet mondok, az IKR Agrár Kft. Technológia- Fejlesztési Ágazat vezetőjének Dr. Pecze Zsuzsannának, valamint Nagy Lajos ügyvezető úrnak, hogy minden, a kísérletek során felmerülő tárgyi és anyagi feltételt biztosítottak. Munkájukkal és szakmai támogatásukkal hozzájárultak a kísérletek zökkenőmentes és sikeres elvégzéséhez.

Hálás köszönetemet fejezem ki Pájer Gyulának, és családjának a helyszín és az eszközök biztosításáért (Recrea Kft. -Regöly), a közreműködésért, a precíz közös munkáért, és mindennemű segítség nyújtásért, a türelmükért.

Köszönöm opponenseim Stefanovitsné Prof. Dr. Bányai Éva DSc (SZIE-ÉTK, Budapest), Prof. Dr. Schmidt Rezső CSc (SZE-MÉK) és Dr. Nádasyné Dr. Iharosi Erzsébet, (PE-GK) minden részletre kiterjedő munkáját, tanácsait és alapos bírálatát.

Köszönöm Giczi Zsoltnak (Synlab Umweltinstitut Ungarn Kft. – laboratóriumi talajvizsgálatok) a laboratóriumi munkákban nyújtott segítségét.

Köszönöm a GDi ESRI Magyarország Kft. munkatársainak, elsősorban Beke Dánielnek a színvonalas oktatásokat, javaslatait, ötleteit az elemzésekhez.

Köszönöm a statisztikai értékelésekben nyújtott segítséget Dr. Csatai Rózsának (SZE-MÉK).

Köszönöm az adminisztratív munkában nyújtott sokrétű, precíz segítséget Törökné Vas Mariannának (SzE-MÉK).

Köszönöm Családom támogatását és megértését. Köszönöm, hogy mindvégig hittek kitűzött céljaim elérésében.