

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS  
TÉZISEI**

**Cink mikroelem-visszapótlás hatása  
a kukorica (*Zea mays L.*)  
termésmennyiségére  
és beltartalmi értékmérő tulajdonságaira**

**Készítette:**

**MATUS LÁSZLÓ**  
doktorjelölt

**Mosonmagyaróvár**  
**2016**



# **DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM  
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR**

WITTMANN ANTAL  
NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI  
MULTIDISZCIPLINÁRIS DOKTORI ISKOLA

HABERLANDT GOTTLIEB  
NÖVÉNYTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

Doktori Iskola és program vezető:  
Prof. Dr. Neményi Miklós, DSc  
egyetemi tanár, az MTA rendes tagja

Témavezető:  
Dr. habil. Schmidt Rezső, CSc  
tanszékvezető, egyetemi tanár

**Cink mikroelem-visszapótlás hatása  
a kukorica (*Zea mays L.*)  
termésmennyiségére  
és beltartalmi értékmérő tulajdonságaira**

**Készítette:  
MATUS LÁSZLÓ  
doktorjelölt**

**Mosonmagyaróvár  
2016**

## 1. TÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉS

A mikrotápanyagok – köztük a cink – a teljes élelmiszerláncban kiemelt jelentőséggel bírnak. A cink jelenléte a talajban, a növényi és állati szervesanyag-produkcióban nélkülözhetetlen (Gupta *et al.*, 2008).

Napjainkban a világ gabonatermesztésre alkalmas talajainak közel 50%-a minősül potenciálisan cinkhiányosnak (Graham és Welch, 1996; Cakmak, 2012).

Kalocsai *et al.* (2006a), illetve Schmidt és Matus (2009) megállapításai szerint hazánk talajainak nemzetközi összehasonlításban is gyenge a cinkellátottsága. A hazai talajok közel 50%-a közepes, vagy annál gyengébb cinkellátottságot mutat. Kádár (2005) szerint a magyarországi talajok 46%-a cinkkel gyengén ellátott, ugyanakkor Fejér és Békés megyékben a cinkkel rosszul ellátott talajok aránya elérheti a 85-87%-ot is.

A növények a cinket főleg  $Zn^{2+}$ -ion formájában veszik fel, de felvehetik kelát típusú szerves vegyületekkel is (Holmes és Brown, 1955, in Bákonyi, 2013). A cink a növényi sejtekben nélkülözhetetlen szerepet tölt be a stabil metalloenzim-komplexek kialakításában (Füleky, 1999). Emellett fontos alkotórésze, illetve aktivátora több anyagcsere-folyamatot szabályzó enzimnek (Broadley *et al.*, 2007; Hänsch és Mendel, 2009). A cink specifikus enzimaktivátorként különböző dehidrázok (pl.: glutaminsav-dehidráz, alkoholdehidráz, tejsav-dehidráz), illetve peptidázok (pl.: dehidropeptidáz, dipeptidáz, karboxipeptidáz) működésében tölt be nélkülözhetetlen szerepet, e felismerés fényében a peptidázok aktiválása révén a N-anyagcserére is hatást gyakorol (Lindsay, 1972, in Szabó *et al.*, 1987; Alloway, 2008).

A kukorica (*Zea mays L.*) a Föld lakosságának élelmiszer-ellátásában kiemelt szerepet tölt be. Termesztése a világon nagyrészt mikroelem-hiányos talajokon történik (Graham és Welch, 1996). A kukorica jelenleg hazánkban is a legnagyobb területen termesztett gabonanövény, 2013-ban szemtermését 1,243 millió hektárról takarították be (URL<sup>8</sup>).

Az állatok takarmányozásában elsősorban energiaszolgáltató komponens, de hazai termesztésének nagyságrendje okán a fehérje-gazdálkodásban is jelentős figyelmet érdemel.

A fenti megállapítások alapján mind a kukorica termésmennyiségének növelése, mind beltartalmi értékmérő tulajdonságainak javítása kiemelt feladat.

## Kutatási célkitűzés

Kutatásaim során különböző cink mikroelem-visszapótlásra alkalmas anyagok hatását kívántam – a leginkább egzakt – terméselem-vizsgálatokkal bizonyítani, emellett kíváncsi voltam – szekunder hatásként – a beltartalmi értékmérő tulajdonságok alakulására.

Vizsgálataim konkrét céljai:

- alkalmas-e a kukorica cink mikroelem-visszapótlására egy – az eredendően kizárólag hulladék-lerakóban ártalmatlanítható – galvánipari melléktermékből készített döntően bázisos cink-karbonát hatóanyagú oldat?
- milyen eredmények érhetők el a kukorica cink mikroelem-visszapótlásánál egy – a piacon kutatásaim megkezdésekor (2008-ban) újonnan megjelent – szilárd, cink-klorid hatóanyagú mikrogranulátum műtrágyával?
- összességében – a kísérletek három évében – az alkalmazott levél-, vagy talajkezelések lesznek-e eredményesebbek?
- az egyes hatóanyagok a levél-, vagy a talajkezelések során lesznek-e eredményesebbek?
- az egyes hatóanyagok kijuttatása milyen adagokban célszerű?
- rendelkezik-e bármelyik vizsgált hatóanyag a talajkezelések során retard (többéves) hatással?
- létezik-e olyan kezelés – hatóanyag, lokalitás és dózis tekintetében –, amely egyaránt kedvezően hat a terméselemekre és a beltartalmi értékmérő tulajdonságokra?

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karán, – mely a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar jogelődje – a Növénytermesztési Intézet Földműveléstani Tanszékén, Dr. Schmidt Rezső szakmai irányításával végzett kutatásaink során azt vizsgáltuk, hogy a kukorica (*Zea mays L.*) cink mikroelem-visszapótlás hatására megnövekedett termésmennyiséggel, illetve egyes beltartalmi értékmerő tulajdonságainak javulásával (olaj-, fehérje- és keményítőtartalom növekedésével) válaszol-e.

### 2.1 *Általános tudnivalók a kísérletekről*

Szántóföldi kísérleteinket Délnyugat-Magyarországon, a Somogyi-dombság lankáin, Zimány község közelében, a Farkas Mezőgazdasági Kft. területein végeztük.

Kísérleteinket három évben állítottuk be: 2009-ben (I.); 2010-ben (II.) és 2011-ben (III.).

Mindhárom évben ugyanazon a táblán (Zimány 16,7), ugyanazon fajta kukoricát (NK Symba) használtuk tesztnövényként.

Kísérleteinket minden esetben kontroll + 4 dózisban, 4 ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben állítottuk be.

A kísérleti terület talaja – főtípus szerint – barna erdőtalaj, típus szerint agyagbemosódásos barna erdőtalaj, mely cinkkel gyengén ellátott.

### 2.2 *Időjárási körülmények a kísérletek éveiben*

A tenyészidőszak középhőmérsékletére vonatkozóan elmondhatjuk, hogy a 2010-es év a sokévi átlagnál hűvösebb volt (15,8 °C; kiugró adat), a 2011-es év a sokévi átlagnál melegebb volt (16,8 °C; kiugró adat).

A tenyészidőszak csapadékösszegére vonatkozóan elmondhatjuk, hogy a 2010-es év a sokévi átlagnál kiemelkedően csapadékosabb volt (720 mm; extrém adat), a 2011-es év a sokévi átlagnak megfelelő volt.

### 2.3 A kísérletekben felhasznált anyagok

A kísérleteinkben lomb- és talajtrágyaként egyaránt alkalmazott anyag Dr. Szakál Pál szabadalmi oltalom alatt álló, saját fejlesztésű terméke, cink-tetramin-hidroxid  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  és bázisos cink-karbonát keveréke. A továbbiakban – az egyszerűség kedvéért – bázisos-cink karbonátként említjük.

A kísérleteinkben kizárólag talajkezeléseknél alkalmazott anyag a Fertilia Kft. által 2008-ban kifejlesztett, szerves hordozó anyagú (kukoricacsutka-őrlemény) mikrogranulátum műtrágya. Az anyag szemcséi 95%-ban 0,5-1 mm nagyságúak, térfogattömege  $800\text{-}900\text{ g l}^{-1}$ .

### 2.4 I. kísérleti év (2009)

#### 2.4.1 Nagyparcellás lombkezelés bázisos cink-karbonát hatóanyaggal

A hatóanyag-dózisok a következők voltak:

- kontroll (A0)
- $0,1\text{ kg ha}^{-1}$  (A1)
- $0,15\text{ kg ha}^{-1}$  (A2)
- $0,2\text{ kg ha}^{-1}$  (A3)
- $0,25\text{ kg ha}^{-1}$  (A4)

A kezelési egységek hossza 120 m, szélessége 18 m (a betakarítógép munkaszélességének négyszerese) volt. A nagyparcellák területe ennek megfelelően 0,216 ha volt. A kísérleti parcellák így 4,32 ha területen helyezkedtek el. A lombkezelés elvégzése a kukorica 8 leveles állapotában történt.

## 2.5 II. kísérleti év (2010)

### 2.5.1 Nagyparcellás lombkezelés bázisos cink-karbonát hatóanyaggal

A hatóanyag-dózisok a következők voltak:

- kontroll (A0)
- 0,2 kg $ha^{-1}$  (A1)
- 0,4 kg $ha^{-1}$  (A2)
- 0,6 kg $ha^{-1}$  (A3)
- 0,8 kg $ha^{-1}$  (A4)

A kezelési egységek hossza 55 m, szélessége 18 m (a betakarítógép munkaszélességének négyszerese) volt. A nagyparcellák területe ennek megfelelően 0,099 ha volt. A kísérleti parcellák így 1,98 ha területen helyezkedtek el. A lombkezelés elvégzése a kukorica 8 leveles állapotában történt.

### 2.5.2 Kisparcellás talajkezelés bázisos cink-karbonát hatóanyaggal

A hatóanyag-dózisok a következők voltak (7,0 liter/22,5 m<sup>2</sup>):

- kontroll (A0); (0 liter cink-karbonát-oldat + 0 liter víz)
- 25 kg $ha^{-1}$  (A1); (1,4 liter cink-karbonát-oldat + 5,6 liter víz)
- 50 kg $ha^{-1}$  (A2); (2,8 liter cink-karbonát-oldat + 4,2 liter víz)
- 75 kg $ha^{-1}$  (A3); (4,2 liter cink-karbonát-oldat + 2,8 liter víz)
- 100 kg $ha^{-1}$  (A4) (5,6 liter cink-karbonát-oldat + 1,4 liter víz)

A kezelési egységek hossza 10 m, szélessége 4,5 m (a betakarítógép munkaszélessége) volt. A kisparcellák területe ennek megfelelően 45 m<sup>2</sup> volt. A kísérleti parcellák így 0,9 ha területen helyezkedtek el. A talajkezelés elvégzése a kukorica csírázáskori állapotában történt.



### 2.5.3 Kispercellás talajkezelés cink-klorid hatóanyaggal

A hatóanyag-dózisok a következők voltak (x kg/11,25 m<sup>2</sup>):

- kontroll (A0); (0 kg)
- 25 kg ha<sup>-1</sup> (A1); (0,28 kg)
- 50 kg ha<sup>-1</sup> (A2); (0,56 kg)
- 75 kg ha<sup>-1</sup> (A3); (0,84 kg)
- 100 kg ha<sup>-1</sup> (A4) (1,12 kg)

A kezelési egységek hossza 10 m, szélessége 4,5 m (a betakarítógép munkaszélessége) volt. A kispercellák területe ennek megfelelően 45 m<sup>2</sup> volt. A kísérleti parcellák így 0,9 ha területen helyezkedtek el. A talajkezelés elvégzése a kukorica csírázáskori állapotában történt.

## 2.6 III. kísérleti év (2011.)

### 2.6.1 „Nagyparcellás” lombkezelés bázisos cink-karbonát hatóanyaggal

### 2.6.2 Kispercellás talajkezelés bázisos cink-karbonát hatóanyaggal

### 2.6.3 Kispercellás talajkezelés cink-klorid hatóanyaggal

### 2.6.4 2010. évi retard hatásvizsgálat (bázisos cink-karbonát)

### 2.6.5 2010. évi retard hatásvizsgálat (cink-klorid)

Az alkalmazott hatóanyagok, hatóanyag-dózisok, a kezelési egységek területe megegyezik a II. kísérleti évnél (2010.) leírtakkal. A hatóanyagok retard hatásának vizsgálata a 2010-ben kezelt parcellákról – 2011-ben – ismételt termés-mintavétellel valósult meg.

## **2.7 A termésminták elemzése (terméselem-vizsgálatok)**

A parcellánként betakarított átlagosan 15-22 db cső vizsgálata külön-külön történt meg. A termésminták vizsgálata során a következő terméselemek mérését, számítását hajtottuk végre:

- a csőhossz [mm] (mérés),
- nem termékenyült csőrész hossza [mm] (mérés),
- szemsorok száma [db] (számolás),
- a cső tömege [g] (mérés),
- a morzsolt szemek tömege [g] (mérés),
- a csutka tömege [g] (mérés),
- a csutka tömege [g] (számítás),
- a csutka tömege [g] (mért és számított érték számtani átlaga - számítás),
- szem-csutka arány [%] (számítás).

## **2.8 A termésminták elemzése (beltartalmi értékmérő tulajdonságok vizsgálata)**

A termésminták beltartalmi értékmérő tulajdonságainak vizsgálatát (olaj-, fehérje- és keményítőtartalom) a Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Környezettudományi Intézet, Kémiai Intézeti Tanszékén végeztük el egy Perten Inframatic 9200 típusú gabona-analizátor készülék segítségével.

## **2.9 A statisztikai analízis módszerei**

Az alapadatok összeállítását és rendszerezését Microsoft Office Excel 2007 programmal végeztük. Az alkalmazott lombkezelések és talajkezelések különböző dózisainak a vizsgált terméselemekre gyakorolt hatását varianciaanalízis módszerével elemeztük minden kísérleti évben. A varianciaanalízis alkalmazása után szimultán páronkénti vizsgálatokkal határoztuk meg, hogy az egyes kezelések során milyen dózisok okoztak szignifikáns eltéréseket a kísérletbe vont terméselemekre vonatkozóan. A többszörös összehasonlításokat Fisher-féle LSD post-hoc próbával végeztük el. A számításokat és az ábrákat a Statistica 11.0 program segítségével készítettük el.

### 3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

#### 3.1 *Bázisos cink-karbonát hatóanyaggal végzett nagyparcellás lombkezelések eredményei*

A hatóanyag különböző adagokban történő kijuttatása nyomán vizsgáltuk a kukorica csőhosszát, a nem termékenyült csőrész hosszát, a cső szemsorainak számát, a cső tömegét, a morzsolt szemek tömegét, a csutka tömegét, a szem-csutka arányt, a kukoricaszemek olajtartalmát, fehérjetartalmát és keményítőtartalmát.

Az első kísérleti évben a kezelések során kijuttatott bázisos cink-karbonát adagok ( $0,1-0,25 \text{ kg ha}^{-1}$ ) minden esetben növelték a kukoricacsövek átlagos hosszát a kontrollhoz képest. A második kísérleti évben alkalmazott bázisos cink-karbonát adagok eltérőek voltak az első kísérleti évben alkalmazott adagoktól ( $0,2-0,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Ekkor a  $0,2$  és a  $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adag hatására következett be növekedés a csőhosszak tekintetében. A  $0,6$  és a  $0,8 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adagok a kontrollal közel megegyező csőhossz-értékeket eredményeztek. A harmadik kísérleti évben a növekvő bázisos cink-karbonát adagok hatására a kontrollhoz képest a csőhosszak értékei mindvégig csökkentek, egyik adag hatására sem nőtt a kontrollhoz képest a vizsgált kukoricacsövek hossza. A kontrollhoz képest a  $0,4$  és a  $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adagok hatására tapasztalt csökkenés mértéke „erősen” ( $p=0,01$ ) szignifikáns.

A nem termékenyült csőrész hosszának vizsgálatakor az első kísérleti évben – számunkra kedvezőtlenül – a  $0,1 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adag növelte jelentős mértékben a nem termékenyült csőrész hosszát, a többi alkalmazott adag érdemi változást nem eredményezett. A második kísérleti évben a  $0,2 \text{ kg ha}^{-1}$ -os, a  $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ -os és a  $0,8 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adag csökkentette a nem termékenyült csőrész hosszát. A  $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ -os kezelés a kontrollnál is nagyobb nem termékenyült csőrész-hosszt eredményezett. A harmadik kísérleti évben a kontrollhoz képest mindegyik alkalmazott adag – számunkra előnyös módon – csökkentette a nem termékenyült csőrész hosszát. A kontrollhoz képest a  $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ -os, a  $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ -os és a  $0,8 \text{ kg ha}^{-1}$ -os kezelés hatása „erősen” ( $p=0,01$ ) szignifikáns.

A cső szemsorainak számát egyik kísérleti évben sem befolyásolták jelentős mértékben az alkalmazott lombkezelések.

A csőtömeget az első kísérleti évben az alkalmazott bázisos cink-karbonát adagok legtöbbször (kivéve a 0,1 kg ha<sup>-1</sup>-os adagot) növelte. A második kísérleti évben a 0,2 és a 0,4 kg ha<sup>-1</sup>-os adagok növelték a kukoricacsövek átlagos tömegét, ugyanakkor a 0,6 és a 0,8 kg ha<sup>-1</sup>-os adagok hatására a kontrollhoz képest jelentős változás nem következett be. A harmadik kísérleti évben az alkalmazott adagok mindegyike csőtömeg-csökkenést idézett elő a kontrollhoz képest.

Értelemszerűen a morzsolt szemek tömegértékeinek változása minden esetben követte a kukoricacsövek tömegértékeinek változását.

A csutkatömeg esetében az első kísérleti évben alkalmazott adagok nem eredményeztek változást. A második kísérleti évben a növekvő bázisos cink-karbonát adagok hatására minden esetben növekedett a csutkák átlagos tömege. A csőtömegeggyel és a morzsolt szemek tömegével együtt vizsgálva a változásokat azonban megállapítható, hogy a szem-csutka aránya közel állandó. A harmadik kísérleti évben a növekvő adagok hatására viszont a csutkák átlagos tömege folyamatosan csökkent. A csőtömeegnél és morzsolt szemek tömegénél a kezelések hatására bekövetkezett növekedés még inkább jelentős.

A szem-csutka arány az első kísérleti évben az alkalmazott adagok hatására kismértékben mindvégig javult. A második kísérleti évben az előző év növekedésével megegyező mértékű (0,3 %-os) volt a növekedés. A harmadik kísérleti évben a 0,2 kg ha<sup>-1</sup>-os, a 0,4 kg ha<sup>-1</sup>-os és a 0,6 kg ha<sup>-1</sup>-os adag nem okozott változást a szem-csutka arányban, de a legnagyobb – 0,8 kg ha<sup>-1</sup>-os – adag az előző évekhez mérten jelentős mértékben (0,5 %-kal) javította a szem-csutka arányt.

A szemek olajtartalmát egyik kísérleti évben sem befolyásolták jelentős mértékben az alkalmazott lombkezelések, kimutatható kezeléshatás nincs.

A szemek fehérjetartalmát az első évben kijuttatott adagok nem befolyásolták. A második kísérleti évben csupán a legkisebb alkalmazott – 0,2 kg ha<sup>-1</sup>-os – adag tudta hozzávetőlegesen 1 %-kal növelni. A harmadik kísérleti évben a szemek fehérjetartalmát a kontrollhoz képest mindegyik alkalmazott adag kismértékben növelte. Ez a növekedés a legnagyobb alkalmazott adagnál is csupán 0,3%-os volt.

Az első kísérleti évben az alkalmazott adagok hatására a szemek keményítőtartalma a kontrollhoz képest – kismértékben ugyan – de mindvégig növekedett. A második kísérleti évben egyedül a legkisebb alkalmazott – 0,2 kg ha<sup>-1</sup>-os – adag tudta növelni a szemek keményítőtartalmát. A kezelés hatása „erősen” ( $p=0,01$ ) szignifikáns volt. A harmadik kísérleti évben az alkalmazott adagok hatására a szemek keményítőtartalma a kontrollhoz képest következetesen csökkent.

### 3.2 *Bázisos cink-karbonát hatóanyaggal végzett kispárcellás talajkezelések eredményei*

A lombkezeléseknél már sikeresen alkalmazott hatóanyag eredményességét a két utolsó kísérleti évben (2010-ben és 2011-ben) vetés előtt a talaj felszínére különböző adagokban kijuttatva, majd azt a talaj felső rétegébe bedolgozva ugyanazokat a terméselemeket és beltartalmi értékmérő tulajdonságokat vizsgáltuk, mint a lombkezeléseknél: a kukorica csőhosszát, a nem termékenyült csőrész hosszát, a cső szemsorainak számát, a cső tömegét, a morzsolt szemek tömegét, a csutka tömegét, a szem-csutka arányt, a kukoricaszemek olajtartalmát, fehérjetartalmát és keményítőtartalmát.

A második kísérleti évben a kezelések során kijuttatott bázisos cink-karbonát adagok (25-100 kg $ha^{-1}$ ) a legtöbb esetben csökkentették a kukoricacsövek átlagos hosszát a kontrollhoz képest. Egyedül a 100 kg $ha^{-1}$ -os adag hatására növekedett meg ismét a kontrollal megegyező méretre a kukoricacsövek hossza. A harmadik kísérleti évben alkalmazott bázisos cink-karbonát adagok megegyeztek a második kísérleti évben alkalmazott adagokkal. Eredményes csak az 50 kg $ha^{-1}$ -os és a 100 kg $ha^{-1}$ -os adag volt, a csőhossz növelésében. A kontrollhoz és a 25 kg $ha^{-1}$ -os adaghoz képest az 50 kg $ha^{-1}$ -os kezelés hatására tapasztalt csőhossz-növekedés mértéke „erősen” ( $p=0,01$ ) szignifikáns. Ugyanabban – a harmadik kísérleti – évben a hatóanyag retard hatását vizsgálva a legnagyobb – 100 kg $ha^{-1}$ -os adag – hatása bizonyult a legkedvezőbbnek a kontrollhoz képest „erős” ( $p=0,01$ ) szignifikancia mellett.

A nem termékenyült csőrész hosszának vizsgálatakor a második kísérleti évben – számunkra kedvezőtlenül – a 75 kg $ha^{-1}$ -os adagig növekedett a nem termékenyült csőrész hossza. A 100 kg $ha^{-1}$ -os kezelés hatására ugyan csökkent a nem termékenyült csőrész hossza, de a kontrollhoz képest még így is nagyobb maradt. A harmadik kísérleti évben az alkalmazott adagok hatására a nem termékenyült csőrész hossza mindvégig növekedett. Az alkalmazott adagok mindegyikének hatása a kontrollhoz képest „erősen” ( $p=0,01$ ) szignifikáns.

A cső szemsorainak számát egyik kísérleti évben sem befolyásolták jelentős mértékben az alkalmazott talajkezelések.

A csőtömeget a második kísérleti évben az alkalmazott bázisos cink-karbonát adagok legtöbbje (kivéve a 100 kg $ha^{-1}$ -os adagot) csökkentette. A harmadik kísérleti évben – az 50 kg $ha^{-1}$ -os adag kivételével – az alkalmazott adagok mindegyike csőtömeg-csökkenést idézett elő a kontrollhoz képest. A hatóanyag retard hatásának vizsgálata során már a legkisebb – 25 kg $ha^{-1}$ -os – adag is nagymértékben növelte a csőtömeget a kontrollhoz képest.

Értelemszerűen a morzsolt szemek tömegértékeinek változása minden esetben követte a kukoricacsövek tömegértékeinek változását.

A csutkatömeg esetében a második kísérleti évben alkalmazott bázisos cink-karbonát adagok legtöbbje (kivéve a 100 kg $ha^{-1}$ -os adagot) csökkentette a csutkák átlagos tömegét. A harmadik kísérleti évben viszont a növekvő bázisos cink-karbonát adagok hatására nem következett be változás a csutkák átlagos tömegében.

A szem-csutka arány a második kísérleti évben az alkalmazott adagok hatására gyakorlatilag nem változott. A harmadik kísérleti évben az alkalmazott adagok mindegyike – számunkra kedvezőtlenül – a szem-csutka arány csökkenését idézte elő a kontrollhoz képest.

A szemek olajtartalmát a második kísérleti évben – a legnagyobb, 100 kg $ha^{-1}$ -os adag kivételével – nem befolyásolták jelentős mértékben az alkalmazott talajkezelések, ugyanakkor a harmadik kísérleti évben az 50 kg $ha^{-1}$ -os és a 75 kg $ha^{-1}$ -os adag is eredményesen növelte a szemek olajtartalmát. A 75 kg $ha^{-1}$ -os adagnál a kontrollhoz képest „erősen” ( $p=0,01$ ) szignifikáns kezeléshatás mutatható ki.

A szemek fehérjetartalma esetében a második évben kapott eredmények –véltetően mérési hibák folytán – nem értelmezhetők. A harmadik kísérleti évben az alkalmazott adagok mindegyike csökkentette a kontrollhoz képest a szemek fehérjetartalmát. A csökkenés mértéke a 75 kg $ha^{-1}$ -os adagnál volt a legkisebb.

A második kísérleti évben a kontrollhoz képest – a 75 kg $ha^{-1}$ -os adag kivételével – az alkalmazott adagok mindegyike növelte a szemek keményítőtartalmát. A harmadik kísérleti évben szintén a 75 kg $ha^{-1}$ -os adag kivételével mindegyik alkalmazott kezelés növelte a szemek keményítőtartalmát a kontrollhoz képest, ugyanakkor ebben az esetben már a legkisebb – 25 kg $ha^{-1}$ -os adag – jelentős növekedést ért el.

### 3.3 *Cink-klorid hatóanyaggal végzett kisparcellás talajkezelések eredményei*

A bázisos cink-karbonát mellett egy másik hatóanyag – a cink-klorid – eredményességét szintén a két utolsó kísérleti évben (2010-ben és 2011-ben) vizsgáltuk. Vetés előtt a talaj felszínére különböző adagokban kijuttatva, majd azt a talaj felső rétegébe bedolgozva ismét ugyanazokat a terméselemeket és beltartalmi értékmérő tulajdonságokat vizsgáltuk, mint a lombkezeléseknél: a kukorica csőhosszát, a nem termékenyült csőrész hosszát, a cső szemszorainak számát, a cső tömegét, a morzsolt szemek tömegét, a csutka tömegét, a szem-csutka arányt, a kukoricaszemek olajtartalmát, fehérjetartalmát és keményítőtartalmát.

A második kísérleti évben a kezelések során kijuttatott cink-klorid adagok ( $25-100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) az  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adagig növelték a kukoricacsövek átlagos hosszát a kontrollhoz képest. A  $75 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adagtól viszont csökkenés következett be a kukoricacsövek hosszában. A harmadik kísérleti évben alkalmazott cink-klorid adagok megegyeztek a második kísérleti évben alkalmazott adagokkal. Az alkalmazott adagok mindegyike kismértékű növekedést ért el a kontrollhoz képest. Közülük kiugró növekedést az  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adag eredményezett. A hatóanyag retard hatásának vizsgálata során megfigyelhető volt, hogy csak a legnagyobb –  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ -os – adag ért el ugyanolyan csőhossz-növekedést, mint az előbbieken tárgyalt  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ -os kezelés.

A nem termékenyült csőrész hosszának vizsgálatok a második kísérleti évben – számunkra kedvezően – mindvégig csökkent a nem termékenyült csőrész hossza. A harmadik kísérleti évben az alkalmazott adagok hatására a nem termékenyült csőrész hossza a  $75 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adagig növekedett, majd a  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ -os adag hatására lecsökkent. A cink-klorid hatóanyag legnagyobb adagja a retard hatás vizsgálatok arányaiban nagyobb csökkenést eredményezett, mint az azévből kijuttatott hatóanyag.

A cső szemszorainak számát egyik kísérleti évben sem befolyásolták jelentős mértékben az alkalmazott talajkezelések.

A csőtömeget a második kísérleti évben az alkalmazott cink-klorid adagok mindegyike növelte a kontrollhoz képest. A harmadik kísérleti évben szintén mindegyik kezelés eredményesnek bizonyult. A növekedés íve egyedül a  $75 \text{ kg ha}^{-1}$ -os kezelés hatására tört meg.

Értelemszerűen a morzsolt szemek tömegértékeinek változása minden esetben követte a kukoricacsövek tömegértékeinek változását.

A csutkatömeg esetében a második kísérleti évben alkalmazott cink-klorid adagok hatására egészen az 50 kgha<sup>-1</sup>-os adagig növekedés volt a jellemző, ezután a nagyobb adagok hatására a csutkák átlagos tömege csökkent. A harmadik kísérleti évben az alkalmazott cink-klorid adagok mindegyike növelte a csutkák átlagos tömegét a kontrollhoz képest. A növekedés íve – ugyanúgy, mint a csőtömeg esetében – egyedül a 75 kgha<sup>-1</sup>-os kezelés hatására tört meg. A hatóanyag retard hatásának vizsgálatakor a legnagyobb – 100 kgha<sup>-1</sup>-os adag – hatására a csutkatömeg növekedése nagyobb volt, mint az azévében kijuttatott hatóanyag hatására.

A szem-csutka arány a második kísérleti évben az 50 kgha<sup>-1</sup>-os adagig nem változott a kontrollhoz képest, majd a 75 kgha<sup>-1</sup>-os és a 100 kgha<sup>-1</sup>-os adag hatására megnövekedett. A harmadik kísérleti évben az alkalmazott adagok mindegyike – számunkra kedvezően – a szem-csutka arány növekedését idézte elő a kontrollhoz képest. A 75 kgha<sup>-1</sup>-os kezelés hatására a növekedés íve ismét megtört. A hatóanyag retard hatásának vizsgálata során megállapítást nyert, hogy a növekvő adagok hatására – számunkra kedvezőtlenül – a szem-csutka arány csökkent.

A szemek olajtartalma a második kísérleti évben a nagyobb (75 kgha<sup>-1</sup>-os, illetve a 100 kgha<sup>-1</sup>-os) adagok hatására kismértékben csökkent. A harmadik kísérleti évben – a 25 kgha<sup>-1</sup>-os kezelés hatását kivéve – a szemek olajtartalma érdemben nem változott.

A szemek fehérjetartalma – szintén a 25 kgha<sup>-1</sup>-os kezelés hatását kivéve – nem változott. A harmadik kísérleti évben az alkalmazott adagok mindegyike növelte a kontrollhoz képest a szemek fehérjetartalmát. A növekedés mértéke a 75 kgha<sup>-1</sup>-os adagnál volt a legkisebb. A hatóanyag retard hatásaként a legnagyobb – 100 kgha<sup>-1</sup>-os – adagban kijuttatott cink-klorid jelentős fehérjetartalom-növekedést indukált az azévében kijuttatott hatóanyag hatásához képest.

A második kísérleti évben a kontrollhoz képest az alkalmazott adagok mindegyike növelte a szemek keményítőtartalmát. A legnagyobb – 100 kgha<sup>-1</sup>-os – adag is növekedést eredményezett, de nem olyan mértékben, mint a kisebb adagok. A harmadik kísérleti évben a 25 kgha<sup>-1</sup>-os adag kivételével mindegyik alkalmazott kezelés csökkentette a szemek keményítőtartalmát a kontrollhoz képest. Az 50 kgha<sup>-1</sup>-os kezelés hatására a csökkenés mértéke nagyobb volt a többi adag hatásához mérten.



1. táblázat: A 2010. évben végrehajtott kezelések hatásai a legfontosabb terméselemek és beltartalmi értékmérő tulajdonságok esetében

	Csőtömeg				Nem termékanyuit esősész-hossza				Szem-csutka arány			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
lomblé.	1,08	1,11	1,03	1,04	0,88	0,92	1,03	0,91	0,99	1,00	1,00	1,04
talajk. (cink-karbonát)	0,98	0,95	0,89	1,03	1,10	1,16	1,19	1,06	0,99	1,00	1,03	1,00
talajk. (cink-klorid)	1,04	1,04	1,01	1,02	0,87	0,92	0,87	0,86	1,00	0,99	1,04	1,03
Szemek olajtartalma												
	A1	A2	A3	A4	Szemek fehérjeteralma				Szemek keményítőtartalma			
lomblé.	0,97	1,00	1,00	1,00	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
talajk. (cink-karbonát)	1,00	1,00	0,97	1,03	1,13	1,10	1,07	1,08	1,02	1,01	1,01	1,01
talajk. (cink-klorid)	1,00	1,00	0,97	0,97	0,93	1,00	0,91	1,01	1,00	1,01	1,00	1,02

2. táblázat: A 2011. évben végrehajtott kezelések hatásai a legfontosabb terméselemek és beltartalmi értékmérő tulajdonságok esetében

	Csőtömeg				Nem termékanyuit esősész-hossza				Szem-csutka arány			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
lomblé.	1,00	0,94	0,90	0,99	0,78	0,53	0,62	0,50	1,01	0,97	0,99	1,07
talajk. (cink-karbonát)	0,98	1,02	0,95	0,96	1,34	2,75	1,72	3,41	0,95	0,98	0,95	0,92
talajk. (cink-klorid)	1,08	1,12	1,04	1,12	0,92	1,06	1,08	0,74	1,02	1,00	1,00	1,00
talajk. (cink-karbonát)R	1,13	1,03	0,98	1,08	0,77	1,56	1,17	1,26	1,02	1,00	1,02	1,05
talajk. (cink-klorid) R	1,04	1,02	0,96	1,11	0,89	0,57	0,68	0,65	1,00	0,98	0,95	0,95
Szemek olajtartalma												
	A1	A2	A3	A4	Szemek fehérjeteralma				Szemek keményítőtartalma			
lomblé.	1,00	0,97	1,00	1,00	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
talajk. (cink-karbonát)	0,97	1,03	1,03	0,97	1,00	1,03	1,03	1,05	1,00	0,99	0,99	0,99
talajk. (cink-klorid)	1,03	0,83	1,00	1,03	1,09	1,09	1,02	1,09	1,01	1,00	1,00	1,01
talajk. (cink-karbonát)R	0,97	0,97	1,00	0,97	1,08	0,97	0,98	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99
talajk. (cink-klorid) R	1,03	1,03	1,03	1,00	0,98	1,15	1,08	1,21	0,99	1,00	0,99	0,99

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A szerző véleménye szerint a hároméves szántóföldi kísérletekben alkalmazott mindkét hatóanyag (bázisos cink-karbonát és cink-klorid) alkalmas a növények cink mikroelem-státuszának javítására.

A szerző a kísérleti eredmények részletes elemzése nyomán a cink mikroelem-visszapótlás tekintetében a leginkább sikeres eljárásnak a lombkezelést véli.

Talajkezeléseknél a szerző a bázisos cink-karbonátot tartja megfelelő hatóanyagának, mivel azévi, illetve retard (többéves) hatással is rendelkezik.

Általánosságban elmondható, hogy a lombkezelés hatóanyag-takarékos kijuttatási módszer, alkalmas a hiánytünetek megelőzésére, illetve a hiánytünetek megjelenésekor gyors beavatkozást tesz lehetővé az időjárási viszonyoktól függetlenül.

A talajkezelés a talajok Zn-státuszának tartós rendezésére alkalmas kijuttatási módszer, hatóanyag-igénye nagyobb, mint a lombkezelésnek, hatása – a lemosódás jelenségének köszönhetően – csapadékos (öntözött) termőhelyeken kedvezőbb.

Vizsgálataim eredményeinek elemzése nyomán az alábbi összefoglaló megállapítások fogalmazhatók meg:

Ha olyan kezelés elvégzése a cél, mellyel egy-két fontos paramétert kívánunk javítani:

- a **csőtömeg** – mint a hozamot leginkább befolyásoló terméselem – **növelésére bázisos cink-karbonát hatóanyaggal**, hűvös és **csapadékos években** (öntözött növényállományoknál) a **0,2 - 0,4 kgha<sup>-1</sup> adagú lombkezelések**, míg meleg és **átlagosan csapadékos években** a **25 kgha<sup>-1</sup> adagú talajkezelés** bizonyultak a leghatékonyabbnak,
- a két legfontosabb beltartalmi értékmérő tulajdonság – a **fehérje- és keményítőtartalom növelésére** – hűvös és **csapadékos években** (öntözött növényállományokban) **bázisos cink-karbonát hatóanyaggal** a **0,2 kgha<sup>-1</sup> adagú lombkezelés**, míg meleg és **átlagosan csapadékos években cink-klorid hatóanyaggal** a **25 kgha<sup>-1</sup> adagú talajkezelés** voltak a legeredményesebbek.

Ha olyan kezelés elvégzése a cél, mellyel kettőnél több paramétert kívánunk javítani:

- hűvös és **csapadékos években** (öntözött növényállományoknál) **bázisos cink-karbonát hatóanyaggal, a  $0,4 \text{ kgha}^{-1}$ -os adagú lombkezelés** bizonyult a legeredményesebbnek, ugyanis 2010-ben a kontrollhoz képest a legnagyobb mértékben ez a kezelés növelte a terméselemek közül leginkább fontos **csőtömeg** értékét, emellett a leghatékonyabban növelte a szintén fontos **fehérjetartalmat és keményítőtartalmat,**
- meleg és **átlagosan csapadékos években ugyanezen paraméterek egyidejű javítására cink-klorid hatóanyaggal a  $25 \text{ kgha}^{-1}$ -os adagú talajkezelés** volt a legalkalmasabb.

## 5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Szántóföldi kísérletek során igazoltam, hogy az eredendően folyékony halmazállapotú galvánipari hulladékból kinyert bázisos cink-karbonát eredményesen alkalmazható, mint növények számára hasznos cink mikroelem-forrás.
2. Vizsgálataim során bizonyítást nyert, hogy a cink mikroelem-visszapótlás tekintetében leginkább sikeres eljárás a kukorica megfelelő fenológiai fázisban történő lombkezelése.
3. Megállapítást nyert, hogy a bázisos cink-karbonát – megfelelő dózisokban – mind talajkezelésekben, mind pedig lombkezelésekben eredményesen használható.
4. Kutatásaim eredményeként bebizonyosodott, hogy talajkezelésekben a bázisos cink-karbonát retard (másodéves) hatással is rendelkezik, mely hatás leginkább a termésmennyiséggel összefüggő terméslemek növekedésében realizálódott.
5. Bebizonyosodott, hogy nem létezik olyan kezelés – hatóanyag, lokalitás és dózis tekintetében –, amely egyaránt kedvezően hat a terméslemekre és a beltartalmi értékmérő tulajdonságokra.

## 6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Tudományos közlemény, külföldi, idegen nyelvű, lektorált folyóiratban:

- **László, Matus** – Rezső, Schmidt – Zsuzsanna, Lantos – Pál, Szakál (2015): Impacts of soil treatment with basic zinc-carbonate active agent on the quantity and quality of the yield of maize (*Zea mays L.*). *Nova Biotechnologica et Chimica*. (in press)

Tudományos közlemény, hazai, idegen nyelvű, lektorált folyóiratban:

- R. Schmidt – P. Szakál – M. Barkóczi – **L. Matus** (2008): Controlled supply of nutrients, microelements provided by ion-exchanged synthesis zeolite. *Cereal Research Communications*. **36**. pp. 1919-1922.
- P. Szakál, M. Barkóczi, **L. Matus** (2009): Stress caused by high doses of copper-tetramine complex applied at different phenological phases of wheat. *Cereal Research Communications*. **37**. pp. 341-344.

Tudományos közlemény, magyar nyelvű, lektorált folyóiratban:

- Schmidt R. – Szakál P. – Beke D. – Barkóczi M. – **Matus L.** (2008): A Zn-komplex vegyület jelentősége a burgonyatermesztésben. *Acta Agronomica Óváriensis*. **50**. (1.) pp. 43-48.
- Szakál P. – Barkóczi M. – Schmidt R. – Beke D. – Tóásó Gy.- **Matus L.** (2008): Hulladékból előállított réz-tetramin komplex hatása az őszi búza beltartalmára. *Acta Agronomica Óváriensis*. **50**. (1.) pp. 103-108.

Idegen nyelvű, lektorált konferenciakiadvány:

- Rezső, Schmidt - **László, Matus** (2010): Effect of Zn on the yield components and chemical composition of maize (*Zea mays L.*). *Növénytermelés*. **59**. pp. 33-36. Proceedings of the 9th Alps-Adria Scientific Workshop, 12–17 April 2010, Špičák, Czech Republic
- Lajos, Nagy – Pál, Szakál – Margit, Barkóczi – **László, Matus** – Rezső, Schmidt (2011): Copper-carbohydrate complexes in wheat production. *Növénytermelés*. **60**. pp. 37-40. Proceedings of the 10th Alps-Adria Scientific Workshop, 14–19 March 2011, Opatija, Croatia
- **Matus László** – Schmidt Rezső (2013): Effect of Zn on Maize (*Zea mays L.*) Yield and Chemical Composition in Soil Fertilization Experiments. Proceedings of the "Science for Sustainability" International Scientific Conference for PhD Students., pp. 205-210.

Poszter:

- P. Szakál, M. Barkóczy, **L. Matus** (2009): Stress caused by high doses of copper-tetramine complex applied at different phenological phases of wheat. 8<sup>th</sup> Alps-Adria Scientific Workshop. Neum, Bosnia-Herzegovina
- Szakál P. - Schmidt R. - Beke D. - Barkóczy M. - **Matus L.** (2009): A magnézium hatása az őszi búza hozamára és keményítőtartalmának változására. XI. Magyar Magnézium Szimpózium. Budapest

Ismeretterjesztő publikáció:

- Schmidt R. – **Matus L.** – Péntek A. (2009): Magyarország talajainak Zn-ellátottsága, a visszapótlás lehetőségei. Agro Napló, Országos Mezőgazdasági Szakfolyóirat, XIII. évfolyam. **3.** pp. 44-45.