

Cink permetezőtrágyázás hatása a kukorica (*Zea Mays L.*) termésére és tápelem-összetételére

Kremper Rita.¹- Zsigrai György²- Loch Jakab¹

1. Debreceni Egyetem, Agrár és Gazdálkodástudományok Centruma, Agrokémiai és Talajtani Tanszék
2. Debreceni Egyetem AGTC KIT Karcagi Kutató Intézet

Összefoglalás

A cink permetező trágyázás hatását a Debreceni Egyetem AGTC KIT Karcagi Kutató Intézet által beállított 1843 jelű OMTK tartamkísérletben vizsgáltuk kukorica jelzőnövényen. A kísérlet talaja mélyben szolonyeces réti csernozjom, oldható foszfor és cinktartalma: AL-P₂O₅: 323 mg/kg, KCl-EDTA Zn: 0,98 mg/kg. A vizsgálatainkhoz a tartamkísérlet 200 kg P₂O₅/ha adaggal trágyázott parcelláit választottuk ki, ugyanis esetükben fennáll a foszfor indukálta cinkhiány kialakulásának veszélye. A döntésünket megerősítette az a megfigyelésünk, ami szerint a P adaggal kezelt parcellák a kukorica állományában 4-10 leveles fenofázisban a leveleken tipikus Zn hiánytünetek jelennek meg.

A kéttényezős kísérletben a cink permetező trágyázás hatását három eltérő nitrogén adagnál (150, 200, 250 kg/ha), 200 kg P₂O₅/ha és 100kg K₂O/ha műtrágyaadagok mellett vizsgáltuk négy ismétlésben. A parcellák növényállományán belül egy előre meghatározott helyzetű növény sor egyedeit kezeltük cink-oxid, cink-szulfát alapú szuszpenziós levéltrágyával, a kontroll gyanánt alkalmazott növény sorokat szintén előre kijelöltük. A kijutatott Zn mennyiség 700 g/ha-nak felelt meg.

A kukorica cső alatti leveleiből címerhányáskor mintát gyűjtöttünk., majd megvizsgáltuk azok foszfor-, cink-, kálium-, kalcium-, magnézium és mangán tartalmát. Ezen túlmenően vizsgáltuk a kukorica szemtermés mennyiségét, ezerszemtömegét, a fent említett elemek mennyiségét, valamint a termékeny csövek számának alakulását.

A varianciaanalízis eredményei alapján megállapítottuk, hogy a cinktrágyázás szignifikánsan nem növelte a termés mennyiségét. Szignifikánsan növekedett viszont hatására az ezerszemtömeg. A permetező cinktrágyázás nem változtatta szignifikánsan egyik elemre nézve sem az elemtartalmat sem a címerhányáskor vett levélmintákban sem a szemtermésben. Ezek alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált termőhelyi körülmények között még 200 kg P₂O₅/ha foszforadagok rendszeres alkalmazása sem eredményez olyan mértékű cink hiányt, ami a kukorica hozamainak jelentős csökkenését eredményezné. Megállapítottuk, hogy a fiatal növényeken kialakuló cink hiánytünetek a későbbi fenofázisokban megszűnnek, aminek oka megítélésünk szerint abban rejlik, hogy az aktív gyökérszövet a nagy foszfát-aktivitású talajréteg alatti zónát elérve már biztosítani képes a növények fejlődéséhez szükséges mennyiségű cink felvételt.

A nitrogén adagok növelésével mind a termés mennyisége, mind a termő tövek száma szignifikánsan növekedett. A levélminták mangántartalma szignifikánsan növekedett a nitrogén adagok növelésével, a cink, foszfor, kalcium és magnézium tartalomban nem tapasztaltunk szignifikáns változást. A szemtermésben csak a cink, foszfor, kálium és magnézium tartalom volt mérhető nagyságrendű a rendelkezésünkre álló mérés technikákkal, ezekenél nem változott szignifikánsan az elemtartalom a nitrogén adagok hatására.

Kulcsszavak: cinktrágyázás, permetező, kukorica

The effects of foliar zinc application on the yield and nutrient content of maize (*Zea Mays L.*)

Kremper Rita.¹- Zsigrai György²- Loch Jakab¹

1. University of Debrecen, Department of Agricultural Chemistry and Soil Science
2. Research Institute of Karcag, RISF CAAES University of Debrecen

E-mail:kremper@agr.unideb.hu

Summary

The effect of foliar zinc fertilization was studied at the 18-43 variant of the National Long Term Fertilization Experiment of Karcag Research Institute in Hungary, the test plant was maize. The soil of the experiment site is non calcareous Luvic Phaeosem and its soluble phosphorus and zinc content are AL-P₂O₅: 323,0 mg/kg and KCl-EDTA Zn: 0,98mg/kg respectively. Plots supplied with 200kg/ha P₂O₅ were chosen for our experiments, because at these plots there is a real danger of phosphorus induced zinc deficiency. This decision is confirmed by our observation that at plots treated with this P dosage maize plants have typical Zn deficiency symptoms at 4-10th leaf stage of maturity.

The effect of foliar zinc fertilization was studied by three levels of nitrogen (150, 200, 250 kg/ha) and under 200kg/ha P_2O_5 and 100kg/ha K_2O application in four replication. A row of maize was sprayed in each plot with a suspension fertilizer containing zinc as zinc-oxide, zinc sulphate and another row in each plots was chosen as control treatment. The applied Zn amount was 700g/ha.

Leaf samples were collected from the maize at early silk, leaves under the ears were collected, and the phosphorus, zinc, potassium, calcium, magnesium and manganese content were determined by them. Beyond it we measured the kernel yield weight, the thousand kernel weight, the number of fertile ears and the nutrient content of the yield.

In the light of the results of variance analysis we concluded that foliar zinc application did not increase the yield significantly, but it enhanced the thousand kernel weight. The element content did not change significantly neither in the leaves nor in kernels as a result of zinc application. Based on these results it can be stated that under the examined habitat circumstances even the application of 200 kg P_2O_5 /ha phosphorus dosage does not cause Zn deficiency to such an extent which leads significant yield depression of maize. We stated that deficiency symptoms appearing in young plants cease at later maturity stages and it can be explained by the fact that when the active root system reaches the soil zone under the large phosphate activity zone, the soil can already provide the appropriate Zn amount that is necessary for plant growth.

Higher nitrogen doses increased both the yield and the number of fertile ears. They increased manganese content of the leaves also. There were not any significant change in case of zinc, phosphorus, potassium and magnesium content in the leaves samples. In the kernels only zinc, phosphorus, potassium and magnesium contents could be measured by flame AAS technique, by these elements significant changes were not observed as a result of nitrogen doses.

Keywords: zinc fertilization, foliar, maize

Bevezetés

A kukoricatermesztésben a mikroelemek közül a cink hiánya az egyik leggyakoribb probléma, mely termés kiesést és minőségromlást is okozhat (Mengel-Kirkby, 1987). Magyarország talajainak közel 27 %-a cinkhiányos (Elek és Patócs, 1984; Kádár, 2005). A cinkhiánynak kétféle oka lehet: vagy eredetileg is kevés a talaj összes cinktartalma, vagy a cink növény általi felvehetősége gátolt. Leggyakrabban ez utóbbi eset áll fenn, melyet főképp a talaj magas pH-ja, illetve túlzott foszforellátottsága okoz (Martens et al., 1990). Dolgozatunkban a foszfor indukálta cinkhiányt tanulmányoztuk kukorica állományokban. Általánosan bizonyított, hogy a foszfor-cink antagonizmus elsősorban nem a kicsapódó cink-foszfat csapadéknak tulajdonítható, hanem növényfiziológiai eredete van (Stuckenholz, 1965; Ragab, 1980, Cakmak és Marschner, 1986). A fölsőlegben lévő foszfor gátolja a cink transzportját a gyökérből a hajtásokba.

A cinkellátottságot, illetve a foszfor-cink antagonizmust az alábbi paraméterekkel szokták jellemezni: A talaj oldható cinktartalma és foszfortartalma, P/Zn aránya, illetve a bizonyos fejlődési szakaszokban begyűjtött növényi minták cink- és foszfor-tartalma, valamint P/Zn aránya. Munkánk során a fenti paraméterek tükrében értékeltük ki az eredményeinket, összehasonlítva az irodalomban található határértékekkel.

A cink-foszfor antagonizmust hazánkban szántóföldi körülmények között már sokan vizsgálták. A különböző kísérletekben a kutatók egymásnak ellentmondó eredményeket kaptak. Csathó et al., (1989) meszes csernozjom talajon megállapítják, hogy az évi 50 kg P_2O_5 /ha értéket meghaladó foszfordagok (AL- P_2O_5 >88 mg/kg) 2-8 t/ha termés kieséshez is vezethetnek a foszfor indukálta cinkhiány következtében. Ugyanakkor Kádár és Turán, (2002) ugyanazon kísérleti terepen kísérletükben alátámasztják, hogy a kukorica tápanyagellátása során a 100 kg P_2O_5 /ha dózis évente (AL- P_2O_5 =119 mg/kg), az 500 kg P_2O_5 /ha dózis (melynél az AL- P_2O_5 = 167 mg/kg az első évben) alkalmazása pedig 4-5 évente javasolható és csak az 1000 kg P_2O_5 /ha használata okozott termésdepressziót. Izsáki (2011) sem tapasztalt 160-360 mg/kg AL- P_2O_5 foszfor ellátottságnál termésdepressziót a kukorica cinkellátottságának csökkenése miatt szarvasi savanyú vályog talajon. Ezt az ellátottságot az öt évenként kiadott 500 kg P_2O_5 /ha trágyázás parcellái nem haladták meg.

Dolgozatunk célja, hogy megvizsgáljuk a Karcagi Kutató Intézet mélyben szolonyeces réti csernozjom talaján a 200 kg P_2O_5 /ha műtrágya adag hosszú távú alkalmazása okoz-e cinkhiányt és termésdepressziót kukorica jelzőnövény esetében.

Anyag és módszer

A cink permetezőtrágyázás hatásának vizsgálatát a Karcagi Kutató Intézet által beállított 1843 jelű OMTK kísérleten belül végeztük. A kísérlet EOV-GPS koordinátái: E789842, N217753. Az NPK tartamkísérlet 1968 őszen lett beállítva split plot elrendezésben négy ismétlésben. A növényi sorrend őszi búza-kukorica-kukorica-őszi búza. A kísérlet talaja mélyben szolonyeces réti csernozjom. A felső 0-30 cm-es réteg jellemzői: K_A =45, $Hu\%$ = 3,09. A talaj DTPA-CaCl₂-TEA kivonószerekkel kioldott Zn tartalma: 0,85 mg/kg, mely Lindsay és Norvell, (1978) 0,5 mg/kg határértéke alapján nem minősül cinkhiányosnak. A KCl-EDTA kivonószerekkel kioldott cinktartalom pedig 1,3 mg/kg, mely a Búzás et al. (1979) által kidolgozott MÉM-NAK szaktanácsadási rendszer alapján vályog talaj esetén 2,5 mg/kg határérték alatt van, így gyenge ellátottságúnak minősül. A DTPA kivonószerekkel kioldott Mn-tartalma 63,6 mg/kg, a KCl-EDTA Mn-tartalma pedig 560 mg/kg. A talaj különböző kivonószerekkel mért pH értékei a

következők: $pH_{H_2O} = 6,13$; $pH_{KCl} = 5,34$. A talaj 0,01 mólos $CaCl_2$ kivonószerezrel mért elemtartalmai: 6,85 mg Mn/kg, 210 mg Mg/kg, 80,3 mg K/kg, 6,59 mg/kg ortofoszfát. A $CaCl_2$ oldattal kivont nitrát tartalmak a következők voltak: a 150 kg N/ha adaggal trágyázott parcellákon 5,4 mg NO_3^- /kg, a 200 kg N/ha adagú trágyázásban részesített parcellákon 8,6 mg NO_3^- /kg, 250 kgN/ha adag esetében pedig 9,9 mg NO_3^- /kg.

A szántott réteg ammónium-laktátos kivonószerezrel mért adatai átlagosan: AL- $P_2O_5 = 323,0$ mg/kg, AL- $K_2O = 312$ mg/kg, AL-Ca = 5,32g/kg, AL-Mg= 291,8 mg/kg. Trágyázásra ammónium-nitrát, kálisó, illetve szuperfoszfát került felhasználásra. Az alkalmazott műtrágya adagokat az 1. táblázat mutatja be. A P- és K- műtrágyák egy adagban összesel szántás előtt, míg a N műtrágya fele-fele arányban megosztva összesel, illetve tavasszal került kijuttatásra. A cink kezelést azokon a parcellákon alkalmaztunk, amelyek 200 kg P_2O_5 /ha/év adagú P-trágyázásban részesültek, ugyanis tavasszal a kukorica 4-10 leveles állapotában ezeken a parcellákon szemmel látható a cink hiánytünetek voltak rendszeresen megfigyelhetők (1. ábra).

1. táblázat. A B18-as kísérletből kiválasztott parcelláknál alkalmazott műtrágyahatóanyag-adagok

kezelés	1987-2007		
	N (kg/ha)	P_2O_5 (kg/ha)	K_2O (kg/ha)
$N_2P_4K_1$	150	200	100
$N_3P_4K_1$	200	200	100
$N_4P_4K_1$	250	200	100

Table 1. Applied fertilization doses at the examined plots



1. ábra Fosfor indukálta hiánytünetek a fiatal kukorica növényen
Figure 1. Phosphorus induced deficiency symptoms at a young maize plant

A kukorica vetése 2011. április 21-én történt 71000 db/ha tőszámmal, a permetező trágyázást május 31-én hajtottuk végre Zinctrac™ 700-as készítménnyel, mely cink-oxid és cink-szulfát tartalmú szuszpenziós műtrágya. A felhasználási javaslatnak megfelelően a készítmény 200x-os hígítását használtuk, mely 700 g/ha adagnak felel meg. A parcellákon belül egy sor lett kezelve (jobbról az ötödik) és egy másik sor lett kontrollként kiválasztva (balról az ötödik).

A címerhányáskor a nővirágzat alatti levelekből mintákat gyűjtöttünk mind a kezelt, mind a kontroll sorokból. A levélmintákat légszárazon megdaráltuk, 50 °C-os szárítás után $H_2SO_4 + H_2O_2$ -os (kénsavas), illetve $HNO_3 + H_2O_2$ -os (salétromsavas) roncsolatot készítettünk.

A foszfor és káliumtartalmat a kénsavas roncsolatból ammónium-molibdenát-vanadátos UV-VIS spektrofotometriás módszerrel (Tabmm *et al.*, 1968), valamint emissziós lángfotometriával mértük. A kalcium-, magnézium, cink és mangántartalmat atomabszorpciós spektrofotométerrel mértük a salétromsavas roncsolatból. A kukorica betakarítása előtt felmértük a kezelt és kontroll sorokban lévő termékeny csövek számát. A kukorica szemtermését, illetve az ezerszemtömegét légszáraz állapotban táramérlegesen mértük le.

A statisztikai elemzéshez az SPSS programcsomagot használtuk. A kiugró adatok kiszűrése után a szignifikáns eltéréseket a One way Anova Tukey-féle Post hoc tesztjével vizsgáltuk.

A kísérletben kapott terméseredmények egy sor kukoricára vonatkoztak, ezt tonna/ha-ra is átszámítottuk. Számításakor a következő adatokat vettük figyelembe: átlagosan 26 tő kukorica volt egy sorban és 71000 db/ha volt a tőszám.

Eredmények és értékelésük

A kezelések hatása a kukorica termésére

A cink és nitrogén kezelés hatását a soronkénti termésre, a termékeny csövek számára, a soronkénti, illetve az egy hektárra átszámított termésre és az ezerszemtömegre a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat . Cink és nitrogén trágyázás hatása a kukorica termésére

N kezelések (kg/ha)	Zn kezelések		átlag
	<i>kontroll</i>	<i>levéltrágyázott</i>	
	<i>Termés (g/sor)</i>		
150	3191,75	3520,25	3356,00 a
200	3973,50	3770,50	3872,00ab
250	3873,50	4296,25	4084,88 b
<i>Átlag</i>	3679,58a	3862,33a	
	<i>Termés (t/ha)</i>		
150	8,72	9,61	9,16 a
200	10,85	10,30	10,57ab
250	10,58	11,73	11,15 b
<i>Átlag</i>	10,05a	10,55a	
	<i>Ezerszemtömeg (g)</i>		
150	318,25	324,50	321,38a
200	304,50	314,50	309,50a
250	305,50	324,25	314,88a
<i>Átlag</i>	309,42a	321,08b	
	<i>Termékeny csövek száma (db)</i>		
150	21,25	23,25	22,25a
200	29,50	24,50	27,00b
250	26,00	28,68	27,34b
<i>Átlag</i>	25,58a	25,48a	

A különböző betűjelek szignifikáns eltérést jeleznek 5%-os szignifikancia szinten, azonos betűjelek esetén nincs szignifikáns eltérés a kezelések közt

Table 2. The effect of zinc and nitrogen fertilization on the yield elements of maize

A termés értékelésénél a 24 sor (12 parcella, kezelt és kezeletlen sorok) közt volt egy kiugró érték, melynél vetési hiba következtében kb. hat-hét tő kukorica hiányzott. Ennek termésadatait a statisztikai értékelésből kihagytuk és a másik három ismétlés átlagával helyettesítettük.

A 2. táblázat adatai alapján megállapíthatjuk, hogy a cink permetező trágyázás nem növelte szignifikánsan a kukorica termését, bár tendenciájában hozamnövekedést tapasztaltunk. Blaskó és Zsigrai (1998) eredményei ezzel összhangban vannak, ők a cink permetező hatását ugyanezen kísérleti területen vizsgálták kukorica jelzőnövényen. A kapott eredményünk ellentétes Csathó és Árendás (2009) tapasztalataival, akik 200 kg P₂O₅/ha foszfor adagok mellett mintegy 3,8 t/ha terménynövekedést tapasztaltak cink permetező trágyázás hatására kukoricánál meszes csernozjom talajon Nagyhorcsökön. Valószínűleg a különbség oka az, hogy a nagyhorcsöki talaj meszes volt, ami tovább csökkentette a cink felvehetőségét, a karcagi talaj viszont a felső rétegében szénsavas meszet nem tartalmaz és gyengén savanyú. Ugyanakkor az eredményeink összhangban vannak Izsáki (2011) megállapításával is, aki savanyú vályog talajon, Szarvason 160-360 mg AL-P₂O₅/kg foszfor ellátottságnál nem tapasztalt termésdepressziót a kukorica cinkellátottságának csökkenése miatt. A permetezett sorokon a kukorica ezerszemtömege szignifikánsan növekedett.

A terméshozam a nitrogén adag emelésével összhangban növekedett.. A 150 és 250-es nitrogén adag mellett elért hozamok szignifikánsan különböznek egymástól, míg a 200 kg/ha-os N kezelésben részesített parcellák termésmennyisége nem különbözött szignifikánsan a korábban említett két adag esetében mért értékektől. A nitrogén trágyázás hatására szignifikánsan nőtt a termékeny csövek száma is. A 150 és a 200 kg N/ha adagnál mért eredmények különböztek egymástól szignifikánsan, a N adag további növelése (250 kg N/ha) már nem eredményezett szignifikáns hozamnövekedést.

A 3. táblázat a címerhányás idején szedett levélminták, illetve a szemtermés átlagos kémiai összetételét mutatja be. A táblázat adataiból látható, hogy a cink és foszfor esetében hasonló a szem és a levél elem tartalma. A többi vizsgált elem esetében viszont a szemben mérsékeltebb elem tartalmat mértünk. A kalcium és mangán már olyan kis mennyiségben van jelen a szemtermésben, hogy láng atomabszorpciós méréstechnikával már nem mérhetőek.

3. táblázat . Cink és nitrogén trágyázás hatása a kukorica levelének és szemtermésének elemtartalmára

N kezelések (kg/ha)	Levél Zn kezelések		Szemtermés Zn kezelések			
	<i>kontroll</i>	<i>permetezett</i>	átlag	<i>kontroll</i>	<i>permetezett</i>	átlag
<i>Zn tartalom (mg/kg)</i>						
150	16,3	16,9	16,6a	13,5	12,9	13,2a
200	14,3	16,4	15,3a	14,5	13,2	13,8a
250	13,1	15,0	14,0a	12,2	11,5	11,9a
<i>Átlag</i>	14,5a	16,1a		13,4a	12,5a	
<i>P tartalom (%)</i>						
150	0,28	0,29	0,28a	0,31	0,28	0,30a
200	0,31	0,27	0,29a	0,30	0,30	0,30a
250	0,32	0,31	0,31a	0,30	0,28	0,29a
<i>Átlag</i>	0,30a	0,29a		0,30a	0,29a	
<i>K tartalom (%)</i>						
150	2,05	2,01	2,03a	0,51	0,46	0,48a
200	2,35	2,23	2,29a	0,46	0,48	0,47a
250	2,01	2,01	2,01a	0,51	0,46	0,48a
<i>Átlag</i>	2,14a	2,08a		0,49a	0,46a	
<i>Ca tartalom (%)</i>						
150	1,30	1,21	1,25a			
200	1,30	1,29	1,30a		<i>Nem mérhető</i>	
250	1,28	1,26	1,27a			
<i>Átlag</i>	1,29a	1,25a				
<i>Mg tartalom (%)</i>						
150	0,35	0,30	0,32a	0,15	0,14	0,15a
200	0,35	0,31	0,33a	0,16	0,14	0,15a
250	0,37	0,32	0,34a	0,14	0,13	0,13a
<i>Átlag</i>	0,36a	0,31a		0,15a	0,14a	
<i>Mn tartalom (mg/kg)</i>						
150	102,2	101,7	101,9a			
200	147,0	104,2	125,6ab		<i>Nem mérhető</i>	
250	146,8	125,3	136,0b			
<i>Átlag</i>	134,7a	110,4a				

A különböző betűjelek szignifikáns eltérést jeleznek 5%-os szignifikancia szinten, azonos betűjelek esetén nincs szignifikáns eltérés a kezelések közt

Table 3. The effect of zinc and nitrogen fertilization on the element content of leaves and kernels in maize

A címerhányáskor vett cső alatti levélminta cinktartalma 14,8 mg/kg volt. Jones (1967) szerint a cink kritikus értéke 15 mg/kg a virágzáskori levében. Ennek alapján a kísérlet kukorica állománya már cinkhiányosnak minősül, viszont semmilyen szemmel látható hiánytűnetet nem tapasztaltunk a mintavétel idején. A várakozásunkkal ellentétben a levéltrágyázásnak nem volt szignifikáns hatása a cső alatti levelek cinktartalmára, mivel a cink készítménnyel kezelt növények levelének cink tartalma csak kis mértékben (16,1 mg/kg) haladta meg a kontroll kezelését. Ez szintén ellentmond Csathó és Árendás (2009) tapasztalatának, akik mintegy tízszeres cinktartalom növekedést mértek cink-szulfát permetező trágyázás hatására, igaz ők kétszeri kezelést alkalmaztak. A permetező trágyázás a szemtermés cinktartalmát sem növelte szignifikánsan.

A kísérlet szempontjából a másik jelentős elem a foszfor. Számos szerző számolt be arról a közleményekben (Cakmak és Marschner (1986); Lonergan et al. (1982); Kaya és Higgs (2002)), hogy foszfor indukálta cink-hiány esetén a levelek foszfortartalma jelentősen megnövekszik, ami foszfor-toxicitást is okozhat. Kísérleteinkben cink alap trágyázás hatására a levél foszfor koncentrációja lecsökkent. A 4. táblázatban közölt adatokból megállapítható, hogy a kísérleti növényeink foszfor ellátottsága a levelek foszfortartalmára vonatkozóan Jones, (1967) által közölt határértékek alapján nem túlzott. A szerző ugyanis 0,25 és 0,46 % között megfelelőnek ítéli a foszfor ellátottságot. A cink permetező trágyázás nem változtatta a levél foszfortartalmát szignifikánsan. Ezek az adatok nem utalnak foszfor indukálta cinkhiányra a mintavétel időszakában.

A foszfor indukálta cinkhiány egyik jelző száma a levél minta P/Zn aránya. Bergmann és Neubert (1976), Elek és Kádár (1980), illetve Csathó et al. (1989) cinktrágyázást javasolnak, ha a P/Zn arány jelentősen meghaladja a 200 értéket a virágzaskor szedett levélmintában. Kísérletünkben a kezeletlen illetve cinkkel kezelt parcellákon a virágzaskori levél P/Zn aránya 209,5 illetve 186,3. A virágzaskori levél cinktartalma illetve P/Zn aránya a kritikus értékek közelében voltak. A terméseredmények alapján viszont nem mondató az, hogy a túlzott foszfor adagok miatti cinkhiány következtében csökkent a termés, ezzel összhangban címerhányáskor hiánytünetek sem voltak megfigyelhetők a leveleken.

A többi elemre vonatkozóan sem volt a cink permetező trágyázásnak szignifikáns hatása sem a levél sem a szemtermés esetében.

A nitrogén adagok növelésével csak a mangán tartalomban volt szignifikáns növekedés megfigyelhető a levélmintáknál. Ez azzal magyarázható, hogy a növekvő nitrogén adagok hatására a talaj egyre savanyúbbá vált, így a mangán felvehetősége megnövekedett.

A szemtermés elemtartalmánál pedig a vizsgált elemek közt nem tapasztaltunk szignifikáns változást a nitrogén adagok növelésének hatására.

Következtetés

Nem karbonátos réti csernozjom talajon 200 kg P₂O₅/ha műtrágya adag hosszú távú használata mellett termesztett kukorica jelzőnövény nem mutatott termésnövekedést cink permetező trágyázás hatására. A cink kezelés szignifikánsan nem változtatta a termés nagyságát, szignifikánsan növelte ugyanakkor a termés ezerszemtömegét. A cink permetezés nem változtatta meg szignifikánsan egyik elemre nézve sem az elemtartalmat sem a címerhányáskor vett levélmintákban sem a szemtermésben. Ezek alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált termőhelyi körülmények között a korai fenofázisokban megfigyelhető cink hiánytünetek kialakulása ellenére még 200 kg P₂O₅/ha foszforadagok rendszeres alkalmazása mellett sem kell tartanunk olyan mértékű cink hiányra, ami hozamcsökkenéshez vezetne. Ezzel együtt a növényállomány kiegészítő levéltrágyázásának a hozamokra gyakorolt kedvező hatására sem számíthatunk. Az a tény azonban, hogy a nagyadagú P-trágyázásban részesített parcellák kukorica állománya 4-10 leveles korban cink hiánytünetek mutat, arra utal, hogy a P-Zn antagonizmus az adott talaj-növény rendszerben jelen van. A növény fejlődésével a foszfor indukálta hiánytünetek idővel megszűnnek és a termésképzés biokémiai folyamatai már ilyen vonatkozásban nem akadályozottak. Ennek oka megítélésünk szerint abban keresendő, hogy a gyökerek a mélyebb talajrétegekbe hatolnak, ahol már a rendszeres, nagy adagú P-trágyázás cinkellátásra gyakorolt kedvezőtlen hatása nem érvényesül.

Irodalom

- Bergmann, W- Neubert, P. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- Blaskó L. - Zsigrai Gy.: 1998. A műtrágyázás és a mészállapot összefüggései réti csernozjom talajon. (In: szerk. Blaskó L. - Zsigrai Gy.: Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. Kompolt-Karcag. 107-135.)
- Buzás I. et al. (1979): Ca-, Mg- és mikroelem-m trágyázási irányelvek. In: Buzás I. et al. (Szerk. 1979): M trágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM-NAK Budapest. 48-60.
- Cakmak, I., Marschner, H. 1986 Mechanisms of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton. I. Zinc deficiency—enhanced uptake rate of phosphorus. *Physiol. Plant.*, 68 (3) (1986), pp. 483–490
- Csathó P., Kádár I., Sarkadi J. 1989. A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 38. 69–76.
- Csathó P., Árendás T. (2009): A foszfor indukálta cinkhiány orvoslása levéltrágyázással. *Agrofórum Extra* 27 kukoricatermesztőknek 60.-64.
- Elek É., Kádár I., 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest
- Elek É., Patócs I. (1984): A magyarországi I. talajvizsgálati ciklus eredményeinek értékelése. *MÉM NAK Kiadványa*, Budapest
- Izsáki, Z 2011. A kukorica P-tápláltsága és a foszfor–cink kölcsönhatása műtrágyázási tartamkísérletben csernozjom réti talajon. *Agrokémia és Talajtan.* 60. 147–160
- Jones, J.B, (1967) : Interpretation of plant analysis for several agronomic crops, *Soil Testing and Plant Analysis, Part II, Plant Analysis, Soil Sci, Soc, Amer., Madison, Wisc/USA*(1967):49-58 in Bergmann, W- Neubert, P. 1976. *Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse.* VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- Kádár I.- Turán T. 2002. P–Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajonkukorica monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan.* 51. 381–394.
- Kádár Imre (2005): Magyarország Zn és Cu ellátottságának jellemzése talaj – és növényvizsgálatok alapján. *Acta Agronómia.* 47: 11-25.
- Kaya, C., Higgs, D., 2001. Inter-relationships between zinc nutrition, growth parameters and nutrient physiology in a hydroponically grown tomato cultivar. *J. Plant Nutr.* 24, 1491–1503

Lindsay, W.L. - Norvell W.A.Q.: (1978). Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **42**:421-428.

Loneragan J.F, Grunes D.L, Welch R.M, Aduayi E.A, Tengab A, Lazar V.A, Cary E.E (1982), Phosphorus accumulation and toxicity in leaves in relation to zinc supply *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46 pp. 345–352

Martens, D.C. - Lindsay, W. L.: 1990. Testing soils for copper, iron, manganese and zinc in *Soil testing and plant analysis*. 3rd ed. SSSA Book Series, no.3 edited by Westerman, R.

Mengel K.- Kirkeby E.A.: 1987 *Principles of plant nutrition* Publisher: International Potash Institute ISBN: Nr. 3906535037

Ragab, S. M.. 1980. Phosphorus effects on zinc translocation in maize. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis*. **11**. 1105–1127.

Stukenholz, D.D. 1965. Zinc–phosphorus relationships in corn: The influence of temperature incubation and applied nitrogen, phosphorus and zinc. *Diss. Abstr.* 25.

Tahmm F,-né-Krámer M,-Sarkadi J.:1968, Növények és trágya-anyagok foszfortartalmának meghatározása ammonium-molibdovanadátos módszerrel, *Agrokémia és Talajtan*, 17, 145-156 p,