

Az optimálistól eltérő Fe-Zn arány szerepe a látens cinkhiány kialakulásában uborkánál (*Cucumis sativus* L.)

Bákonyi Nóra

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Növénytudományi Intézet, Debrecen
nbakonyi@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A talajok általános mikroelem hiánya befolyásolja az élelmiszerellátás minőségét, amely számos országban humán-egészségügyi problémákat is okoz. Az optimálistól eltérő szöveti Fe-Zn arány hatására kialakulhat látens cinkhiány – amelyre a növényfajok érzékenyséjük függvényében reagálnak –, amelynek nincsenek vizuális hiánytünetei, vagy megfelelő cink-ellátás esetén a növény az adott elem hiánytüneteit mutatja, amely jelenség jelentős csökkenést okozhat a termésmennyiségben.

Célkitűzésem az volt, hogy laboratóriumi körülmények között igazoljam az optimálistól eltérő Fe-Zn arány szerepét az uborka látens cinkhiányának kialakulásában.

Vizsgálataim során azt tapasztaltam, hogy cinkhiányban jelentősen megnő a hajtás vastartalma, valamint a Fe-Zn aránya. Az optimálistól eltérő Fe-Zn arány hatására csökkenést tapasztaltam a levelek számában, az internódiák számában és hosszában, a relatív klorofill-tartalomban, illetve a szárazanyag-felhalmozásban. Eredményeim szerint az optimálistól eltérő szöveti Fe-Zn arány zavart okozott az anyagcserében, amely a legtöbb esetben csökkentette a vizsgált növényfiziológiai paramétereket. Megállapítható, hogy a cink koncentrációjától nagyobb szöveti vas mennyiség látens cinkhiány kialakulásához vezethet.

Kulcsszavak: uborka, Fe-Zn arány, Zn hiány, tápanyagfelvétel

SUMMARY

The general micronutrient deficiency of the soils influences the quality of food production which causes human health problems in several countries as well. The non optimal Fe-Zn ratio can cause latent zinc deficiency – which the plants response in the function of their sensitivity – what has no visual symptoms or the plant shows deficiency symptoms in case of appropriate zinc supply. This phenomenon can cause significant decrease in the crop yield.

The aim of this study was to prove the role of non optimal Fe-Zn ratio in the evaluation of latent zinc deficiency.

The non optimal Fe-Zn ratio caused decrease in the number of the leaves, the number and length of the internodes, the relative chlorophyll contents and in the dry matter production. According to the results the non optimal Fe-Zn ratio caused difficulties in the metabolism, which decreased the examined plant physiological parameters in the most cases. It can be concluded if there are higher iron contents in the tissues than zinc it can result latent zinc deficiency.

Keywords: cucumber, Fe-Zn ratio, Zn deficiency, nutrient uptake

BEVEZETÉS

A növény mérsékelt cink-felvételéért és növényben történő korlátozott szállításért egyrészt a talaj nagy CaCO₃-tartalma, másrészt a foszfátok és a cink közötti antagonizmus, valamint a cinkhiányos szövetekben kialakult magas Fe-tartalom okolható. Lingle et al. (1963) a vas felvételére és transzportjára irányuló munkájuk során megállapították, hogy a cink az egyik legerősebb ion, amely akadályozza a Fe felvételét és transzportját a hajtásba. Gangwar és Mann (1972) megállapította, hogy a túl magas Fe-tartalom cinkhiányt generál a rizsben. Swiader (1985) vizsgálta a vas és a cink felvételt és kompetícióját tökfélékben. A Zn felvétel gátlását figyelték meg 20, 50 µM-os Fe kezelésekre hatására minden vizsgált tökfélében (uborka, görögdinnye, tök). Az 5 és 10 µM-os Zn kezeléseket bizonyítottan nem módosították a Fe felvételét uborkában. Nambiar és Motiramani (1981) szerint a Fe-Zn arányának meghatározása a kukorica szöveiben, ígéretes diagnosztikai eszköz a cinkhiány megijósolására a mezőgazdasági növényekben. Marschner (1995) szerint, ha a talajban alacsony a rendelkezésre álló vas mennyisége, az alkalmazott cink gátolja a vas felvételét. A cinkhiányos növényben

növekszik a vas koncentrációja, így a vas nagy mennyiségben akkumulálódik a gyökérben és a hajtásban. A növényi szövetekben ilyen módon akkumulálódott magas Fe-tartalom tehető felelőssé a toxikus szabadgyökök hirtelen termeléséért és a sejtek széleskörű károsodásáért (Cakmak, 2000). Turán (2003) megállapítja, hogy a Fe-Zn arány tekintetében a növényben végbemenő folyamatok megítélése eltérő. Egyesek a talaj nagy CaCO₃-tartalmát teszik felelőssé a mérsékelt cink felvételért és növényben történő szállításért, mások a cinkhiányos szövetekben kialakult magas Fe-tartalomban látják az élettani zavarok okát. Zare et al. (2009) üvegházi kísérletben, 12 talajjal és 2 féle ZnSO₄ műtrágya adaggal (0 és 15 mg/kg Zn) vizsgálták a talaj DTPA és EDTA kivonható kukorica cink szintjét és a szövetek Fe-Zn arányát kukoricában. A kritikus hiányszint megállapítása a Cate-Nelson féle módszerrel, amellyel 1,50 és 1,17 mg/kg közötti DTPA és EDTA oldható cink mennyiséget állapítottak meg a talajokban. Megállapították, hogy nem lehet megbízható kritikus hiány szintet megállapítani a hajtás cink koncentrációjából. A hajtások cink koncentrációjának kritikus hiány szintjét a szövetek Fe-Zn arányával állapították meg, ami a kukorica hajtásában 3,9 volt. Kije-

lentették, hogy amennyiben ez az arány 3,9-nél nagyobb, úgy az adott Fe mennyisége látens cinkhiányt indukál. A szakirodalomban leginkább olyan növényfajokon végzett Fe-Zn arány vizsgálati eredmények találhatók, amelyek a cinkhiányra érzékeny kultúrákra, így kukoricára (Warnock, 1970; Root et al., 1975; Watanabe et al., 1965) és babra (Watanabe et al., 1965; Ruano et al., 1987) vonatkoznak. Korábbi eredményeink szerint számos vizsgálati paraméterben az uborka érzékenyebben reagált a cinkhiányra, mint a kukorica. Ennek okán tűzttem ki célul az optimálistól eltérő Fe-Zn arány hatásának vizsgálatát uborkán.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti növényként uborkát (*Cucumis sativum* L. cv. Delicates,) használtam. A magokat geotróposan stimuláltam, így függőlegesen állított nedves – steril H₂O – szűrőpapír tekercsben 22 °C-on, klímazobában csíráztattam. A 2,5–3,0 cm koleoptillal rendelkező csíranövényeket levegőztetett tápoldatra helyeztem. A nevelés során a fiatal csíranövényeket 2,5 dm³-es edényben neveltem, amelyekbe 4 növény került. Két lomblevelés kortól az uborka növényeket 1 dm³-es edényekbe helyeztem, egy edénybe egy növény került, így a gyökerek növekedését pontosan nyomon követhetem. Az ismétlések száma 4 volt.

A növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtam: 2,0 mM Ca(NO₃)₂, 0,7 mM K₂SO₄, 0,5 mM MgSO₄, 0,1 mM KH₂PO₄, 0,1 mM KCl, 10 μM H₃BO₃, 1 μM MnSO₄, 1 μM ZnSO₄, 0,25 μM CuSO₄, 0,01 μM (NH₄)₆Mo₇O₂₄. A növények a vasat 10⁻⁴ M FeEDTA formában kapták. Ez a vas-forma a leginkább hasznosítható a növények számára, mert így a növények a vasat komplex formájában veszik fel.

Az optimálistól eltérő Fe-Zn arány hatásának vizsgálatára 15 különböző Fe és Zn aránypárt állítottam be (1. táblázat). A -Fe és a -Zn kezelések esetén a tápoldat nem tartalmazott vasat, illetve cinket. Az egyszeres Fe mennyisége 10⁻⁴M FeEDTA dm³ és az egyszeres Zn mennyisége pedig 1 μM ZnSO₄ dm³ volt. A kontroll kezelésnél a tápoldat egyszeres Fe és Zn mennyiséget tartalmazott.

A levelek relatív klorofill tartalmát SPAD 502 Minolta (Osaka, Japán) készüléssel mértem. Levelenként 5 mérést átlagoltam. A mintavételt követően a növényi mintákat előmelegített 85 °C-os MEMMERT UIM 400 szárítószekrénybe helyeztem, majd tömegállandóságig szárítottam. A szobahőmérsékletre való visszahűlést követően Ohaus (Svájc) típusú analitikai mérleggel mértem azok száraztömegét. A növényi minták előkészítése az elemtartalom meghatározásához az alábbiak szerint történt: a megfelelően előkészített 1 g (±0,01 g) növényi mintához az előroncsolás során 10 cm³ HNO₃-at adtam, amit 30 percig 60 °C-on tartottam. A minták lehűlése után 3 cm³ H₂O₂-val egészítettem ki a mintákat, a roncsolást további 90 percig 120 °C-on végeztem.

A roncsolt mintákat, a lehűlésük után ioncserélt vízzel 50 cm³-re egészítettem ki, majd MN 640 W szűrőpapírral szűrtem. Az analitikai meghatározáshoz OPTIMA 3300 DV induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) használtunk.

A kísérletek során a környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás 300 μmol/m²/s, a hőmérséklet periodicitása 25/20 °C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom 65–75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 h/8 h volt.

1. táblázat

A Fe-Zn arány hatásának vizsgálatára beállított kezelések

Sorszám(1)	Kezelések(2)
1	Kontroll(3)
2	-Zn+1xFe
3	-Zn+5xFe
4	- Zn+10xFe
5	1xZn+ -Fe
6	1xZn+5xFe
7	1xZn+10xFe
8	5xZn+ -Fe
9	5xZn+1xFe
10	5xZn+5xFe
11	5xZn+10xFe
12	10xZn+ -Fe
13	10xZn+1xFe
14	10xZn+5xFe
15	10xZn+10xFe

Table 1: The applied treatments in case of the examination of the effect of non optimal Fe-Zn ratio

Number of treatments(1), Treatments(2), Control(3)

EREDMÉNYEK

Az optimálistól eltérő Fe-Zn arány a növényben Zn hiányt idézhet elő, amelynek egyik leglátványosabb jele a növények rövid szártágúsága, törpenövése, amely a megnyúlásos növekedés gátlásán keresztül valósul meg (Höfner, 1957). Az optimális (egyszeres) vas- és cink-ellátás, valamint a cinkhiány hatását a Fe-Zn arány alakulására a 2. táblázatban foglaltam össze.

2. táblázat

A kontroll és az abszolút cinkhiányos tápoldaton nevelt 23 napos uborka hajtásának vas- és cink-tartalma, valamint Fe-Zn arányának alakulása (mg/kg) (n=3±S.E.)

Kezelések(1)	Fe	Zn	Fe-Zn arány(4)
Kontroll(2)	99,4±1,0	41,6±4,6	2,4
- Zn(3)	141±36*	15,6±2,9***	9,2

Megjegyzés: szignifikáns eltérés a kontrollhoz képest: *p<0,05; ***p<0,001

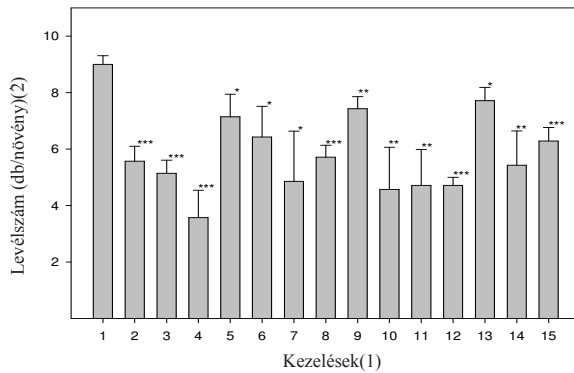
Table 2: The iron and zinc content of shoots of 23-day-old cucumber cultivated in control and zinc deficient nutrient solution (mg kg⁻¹) (n=3±S.E.)

Treatments(1), Control(2), Zinc deficient treatment(3), Fe-Zn ratio(4), Note: significant differences in comparison to the control: *p <0.05, ***p<0.001

A cinkhiányos tápoldaton növekedett uborka hajtásának vastartalma szignifikánsan, 42%-kal nagyobb volt, mint a kontroll. Az uborka hajtásának cinktartalma harmadára (15,6±2,9) csökkent a Zn-kezelés hatására a kontrollhoz képest (41,6±4,6), mivel az egyedüli cinkforrást a mag cink-tartaléka jelentette.

A kalkulált Fe-Zn arány a kontroll estében $2,4 \pm 0,3$ volt, amely szerint a Zare et al. (2009) szerint optimális, mivel a kritikus cinkhiány szintjét jelző 3,9-es arányszám alatt van. A cinkhiányos hajtásban $9,2 \pm 2,6$ volt a Fe-Zn arány, amely az irodalom szerint a 3,9-es kritikus határt jelentősen meghaladta, amely látens cinkhiányt jelez. Az optimálistól eltérő Fe-Zn arány hatását a levelek számára az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra: A különböző koncentrációjú cink (Zn) és vas (Fe) kezelések hatása az uborka leveleinek számára (db/növény) ($n=8 \pm S.E.$)



Megjegyzés: szignifikáns eltérés a kontrollhoz képest: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Jelmagyarázat: 1: kontroll, 2: -Zn+1xFe, 3: -Zn+5xFe, 4: -Zn+10xFe, 5: 1xZn+ -Fe, 6: 1xZn+5xFe, 7: 1xZn+10xFe, 8: 5xZn+ -Fe, 9: 5xZn+1xFe, 10: 5xZn+5xFe, 11: 5xZn+10xFe, 12: 10xZn+-Fe, 13: 10xZn+1xFe, 14: 10xZn+5xFe, 15: 10xZn+10xFe.

Figure 1: The effect of different zinc (Zn) and iron (Fe) treatments on the number of cucumber leaves (piece plant⁻¹) ($n=8 \pm S.E.$)

Treatments(1), Number of leaves (piece plant⁻¹)(2), Megjegyzés: szignifikáns eltérés a kontrollhoz képest: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Jelmagyarázat: 1: kontroll, 2: -Zn+1xFe, 3: -Zn+5xFe, 4: -Zn+10xFe, 5: 1xZn+ -Fe, 6: 1xZn+5xFe, 7: 1xZn+ 10xFe, 8: 5xZn+ -Fe, 9: 5xZn+1xFe, 10: 5xZn+5xFe, 11: 5xZn+10xFe, 12: 10xZn+-Fe, 13: 10xZn+1xFe, 14: 10xZn+5xFe, 15: 10xZn+10xFe.

Az uborka levelek száma a cinkhiány és a növekvő vas-adagok (2., 3., 4. kezelések) hatására 38%, 43% és 60%-kal csökkent a kontrollhoz képest. Az egyszeres cink és vashiányos kezelés hatására 21%-kal, az egyszeres cinkkezeléshez adott növekvő vasadagok hatására 29% és 46%-kal csökkent a levelek száma a kontrollhoz képest. Az ötszörös cinkkezelés és a különböző vasellátás hatására 17–49%-kal csökkent a levelek száma. A tízszeres cink-adagok és a különböző adagú vas kezelés hatására 14–48%-kal csökkent az uborka levélszáma a kontrollhoz képest.

A cinkhiány egyik jele a szártágok rövidülése (Kalocsai, 2006). Az eltérő Fe-Zn arány okozhat látens cinkhiányt (Zare et al., 2009), ezért vizsgáltam a kezelések hatását az internódiumok számára és hosszára. Eredményeimet a 3. táblázatban foglaltam össze.

A cinkhiányos kezeléseknél (2., 3., 4.) jelentős (19%, 29%, 43%) csökkenés figyelhető meg az internódiumok számában a kontrollhoz képest. A különböző adagú cink és vas kezelése hatására 14–43%-os csökkenést tapasztaltam a kontrollhoz képest az internódiumok számában. Az 1xZn+-Fe és 1xZn+10xFe kezelé-

seknél a kontrollal megegyező, illetve azt meghaladó internódium számot mértem.

3. táblázat

A különböző koncentrációjú cink (Zn) és vas (Fe) kezelések hatása az uborka internódiumainak számára (db/növény) és az internódiumok hosszára (cm/növény) ($n=6 \pm S.E.$)

Kezelések(1)	Internódiumok száma(2)	Internódiumok hossza(3)
Kontroll(4)	7,0 \pm 1,0	2,38 \pm 0,78
- Zn+1xFe	5,7 \pm 0,5	0,68 \pm 0,32***
- Zn+5xFe	5,0 \pm 1,0*	0,35 \pm 0,13***
- Zn+10xFe	4,0 \pm 1,0**	0,24 \pm 0,04***
1xZn+ -Fe	8,0 \pm 2,0	1,84 \pm 1,03
1xZn+5xFe	6,0 \pm 0,0	0,72 \pm 0,32***
1xZn+10xFe	7,0 \pm 1,7	1,38 \pm 0,70**
5xZn+ -Fe	4,7 \pm 0,5*	0,59 \pm 0,04***
5xZn+1xFe	5,0 \pm 1,0*	0,81 \pm 0,54***
5xZn+5xFe	6,0 \pm 1,0	1,04 \pm 0,05***
5xZn+10xFe	4,7 \pm 1,5*	0,44 \pm 0,36***
10xZn+-Fe	4,0 \pm 0,0**	0,30 \pm 0,18***
10xZn+1xFe	6,0 \pm 0,0	0,90 \pm 0,19***
10xZn+5xFe	5,3 \pm 1,5	0,59 \pm 0,30***
10xZn+10xFe	5,0 \pm 1,0*	0,50 \pm 0,20***

Megjegyzés: szignifikáns eltérés a kontrollhoz képest: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Table 3: The effect of different zinc (Zn) and iron (Fe) treatments on the number (piece plant⁻¹) and length (cm plant⁻¹) of the internodes of cucumber ($n=6 \pm S.E.$)

Treatments(1), Number of internodes(2), Length of internodes(3), Control(4), Note: significant differences in comparison to the control: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Eredményeim szerint a -Zn kezelésekhöz adott vas, a dózisok emelésével arányosan 71%, 85%, 90%-kal csökkentett az internódiumok hossza a 2., a 3. és a 4. kezeléseknél a kontrollhoz képest, egyenként, amely látens Zn hiányt jelez. Az 5 és 10-szeres cinkhez adott vasadagok mindegyike jelentősen, 56–87%-kal csökkentette a szártágok hosszát a kontrollhoz képest (2. ábra, 4. táblázat).

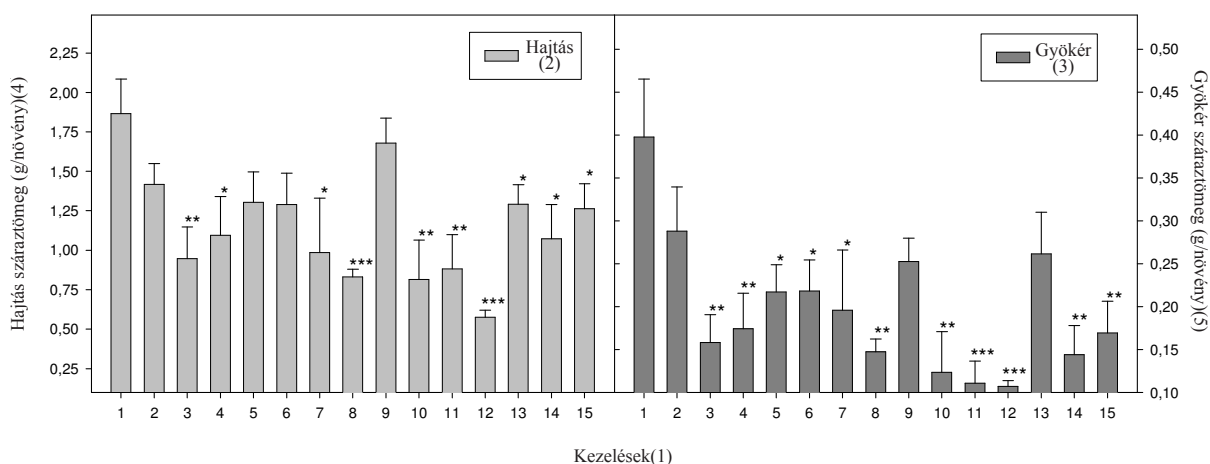
KÖVETKEZTETÉSEK

Az optimális cink- és vas-ellátás valamint a cinkhiány hatását vizsgáltam a hajtások Fe-Zn arányának alakulására, továbbá az optimálistól eltérő szöveti Fe-Zn arány hatását a levelek számára, az internódiumok számára és hosszára, a levelek relatív klorofill-tartalmára, valamint a szárazanyag-termelésre.

Kísérleteinkben a cinkhiányos levelekben lévő vas és cink aránya 9,22; míg a kontroll esetén 2,41 volt, amely jelentősen meghaladta a Zare et al. (2009) szerint megállapított 3,9-es kritikus cinkhiányt jelző Fe-Zn arányszámot.

Az optimálistól eltérő koncentrációjú cink és vas kezelése hatására az uborka leveleinek száma jelentősen – 38–60%-kal – csökkent a cinkhiányos tápoldathoz adott növekvő vas adagok hatására, valamint 14–49%-kal az egy-, öt- és tízszeres cinkkezeléshez adott különböző vas adagok hatására a kontrollhoz képest.

2. ábra: A kezelések hatása a 23 napos uborka szárazanyag-termelésére (g/növény) (n=10±S.E.)



Megjegyzés: szignifikáns eltérés a kontrollhoz képest: *p <0,05; **p<0,01; ***p<0,001. Jelmagyarázat: 1: kontroll. 2: -Zn+1xFe. 3: -Zn+5xFe. 4: -Zn+10xFe. 5: 1xZn+ -Fe. 6: 1xZn+5xFe. 7: 1xZn+10xFe. 8: 5xZn+ -Fe. 9: 5xZn+1xFe. 10: 5xZn+5xFe. 11: 5xZn+10xFe. 12: 10xZn+-Fe. 13: 10xZn+1xFe. 14: 10xZn+5xFe. 15: 10xZn+10xFe

Figure 2: The effect of treatments on the dry matter production of 23-day-old cucumber (g plant⁻¹) (n=10±S.E.)

Treatments(1), Shoot(2), Root(3), Shoot dry weight (g plant⁻¹)(4), Root dry weight (g plant⁻¹)(5), Note: significant difference in comparison to the control: *p <0.05, **p<0.01, ***p<0.001. 1: control. 2: -Zn+1xFe. 3: -Zn+5xFe. 4: -Zn+10xFe. 5: 1xZn+ -Fe. 6: 1xZn+5xFe. 7: 1xZn+10xFe. 8: 5xZn+ -Fe. 9: 5xZn+1xFe. 10: 5xZn+5xFe. 11: 5xZn+10xFe. 12: 10xZn+-Fe. 13: 10xZn+1xFe. 14: 10xZn+5xFe. 15: 10xZn+10xFe

4. táblázat

A relatív klorofill-tartalom alakulása az uborka 2. és 3. levelében a különböző adagú cink és vas kezelések hatására

Kezelések(1)	18. nap(2)		22. nap(3)	
	2. levél(4)	3. levél(5)	2. levél(4)	3. levél(5)
Kontroll(6)	41,28±1,64	37,40±1,57	43,53±0,51	42,80±3,12
- Zn+1xFe	43,90±3,87	39,45±2,89	42,10±4,96	43,50±1,15
- Zn+5xFe	48,13±2,60**	19,13±22,31	42,17±3,92	39,70±5,41
- Zn+10xFe	22,30±5,75***	20,95±4,19	43,43±3,10	38,73±4,80
1xZn+ -Fe	36,73±2,16**	32,78±6,44	34,73±1,26***	28,57±1,47**
1xZn+5xFe	35,03±3,37	30,60±20,41	39,97±1,32**	41,17±0,58
1xZn+10xFe	12,43±4,85***	31,68±3,35	44,27±2,84	38,10±5,72
5xZn+ -Fe	28,65±0,61***	30,18±4,80*	28,60±1,73***	21,43±3,59***
5xZn+1xFe	44,98±2,02*	43,65±2,38**	43,60±1,05	41,60±3,36
5xZn+5xFe	00,00±0,00***	0,00±0,00***	47,97±2,84*	47,60±1,42
5xZn+10xFe	21,95±5,40***	30,25±3,38	46,20±1,93	42,63±0,84
10xZn+-Fe	27,48±1,72***	26,45±3,61***	24,10±2,36***	22,37±3,06***
10xZn+1xFe	45,00±3,53	39,75±1,31	46,40±4,10	43,53±2,92
10xZn+5xFe	32,70±2,16	30,38±3,63	45,00±3,68	41,80±1,80
10xZn+10xFe	42,50±2,02	40,00±3,30	42,43±7,77	39,20±140

Megjegyzés: SPAD egység n=20±S.E., szignifikáns eltérés a kontrollhoz képest: *p <0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Table 4: The effect of different zinc (Zn) and iron (Fe) treatments on the relative chlorophyll contents of 2nd and 3rd cucumber leaves

Treatments(1), Day 18(2), Day 22(3), 2nd leaf(4), 3rd leaf(5), Control(6), Note: SPAD units n=20±S.E., significant differences in comparison to the control: *p <0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Vizsgáltam a kezelések hatását az internódiumok számára és hosszára, mivel cink hiányában a szártagok rövidülnek (Kalocsai, 2006) és mert megfelelő cink-ellátás mellett jelentkezhet cinkhiány, ha a szövetek Fe-Zn aránya nem optimális (Zare et al., 2009). Kísérleteimben a cinkhiányos, növekvő vas adagokkal kezelt uborka internódiumainak száma és hossza 19–43%, 71–90%-kal csökkent a kontrollhoz képest. A különböző koncentrációjú vassal és cinkkel ellátott uborka

internódium-száma 14–43%-kal csökkent a kontrollhoz képest.

Az optimálistól eltérő vas- és cink-ellátás eredményeként a kísérleti növények hajtásának és gyökerének száraz tömege szignifikánsan csökkent a kontrollhoz képest. Az uborka 2. és 3. levelének relatív klorofill-tartalma átlagosan 3–70%, 2–69%-kal csökkent a 18. és a 22. mérési napon a kontrollhoz képest.

Összességében elmondható, hogy az optimálistól eltérő Fe-Zn arány zavart okoz a szövetekben, amely kihathat számos fiziológiai paraméterre. A cink koncent-

rációjától nagyobb szöveti vas koncentráció látens Zn hiányt idéz elő, amelyet leginkább a cinkhiányhoz társuló magas vas arány demonstrál.

IRODALOM

- Cakmak, I. (2000): Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Physiology*. 185–205.
- Gangwar, A. M. S.–Mann, J. S. (1972): Zinc nutrition of rice in relation to iron and manganese uptake under different water regimes. *Indian Journal of Agricultural Science*. 42: 1032–1035.
- Höfner, W. (1957): Untersuchungen über die Auswaschung und Sorption des Zinks in Boden und über die Zinkaufnahme der Pflanze. Diss. d. Landw. Fakultät der Justus-Liebig-Universität, Gießen. 294.
- Lingle, J. C.–Tiffin, L. O.–Brown, J. C. (1963): Iron uptake-transport of soybeans as influenced by other cations. *Plant Physiol*. 88: 71–76.
- Kalocsai R. (2006): A cink (Zn). *MezőHír*. 10: 38.
- Marschner, H. (1995): *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd ed. New York. Academic Press. 361–362.
- Nambiar, K. K.–Motiramani, D. P. (1981): Tissue Fe-Zn ratio as diagnostic tool for prediction of Zn deficiency in crop plants (in maize). *Plant and Soil*. 60: 357–367.
- Root, R. A.–Miller, R. J.–Koeppel, D. E. (1975): Uptake of Cadmium – Its Toxicity, and Effect on the Iron Ratio in Hydroponically Grown Corn. *Journal of Environmental Quality*. 4. 4: 473–476.
- Ruano, A.–Barceló, J.–Poschenrieder, Ch. (1987): Zinc toxicity-induced variation of mineral element composition in hydroponically grown bush bean plants. *Journal of Plant Nutrition*. 10. 4: 373–384.
- Swiader, J. M. (1985): Iron and zinc absorption characteristics and copper inhibitions in cucurbitaceae. *Journal of Plant Nutrition*. 8. 10: 921–931.
- Turán T. L. (2003): Foszfor-cink kölcsönhatás-vizsgálatok trágyázási kutatásokban. *Agrokémia és Talajtan*. 52. 1–2: 185–194.
- Watanabe, F. S.–Lindsay, W. L.–Olsen, S. R. (1965): Nutrient Balance Involving Phosphorus, Iron, and Zinc. *Soil Science Society of America Journal*. 29. 5: 562–565.
- Warnock, R. E. (1970): Micronutrient Uptake and Mobility Within Corn Plants (*Zea mays* L.) in Relation to Phosphorus-induced Zinc Deficiency. *Soil Science Society of America Journal*. 34. 5: 765–769.
- Zare, M.–Khoshgofarmanesh, A. H.–Norouzi, M.–Schulin, R. (2009): Critical soil zinc deficiency concentration and tissue iron: zinc ratio as a diagnostic tool for prediction of zinc deficiency in corn. *Journal of Plant Nutrition*. 32: 1983–1993.

