

## PRINOSI I KONCENTRACIJE Mn I Zn U ZRNU SAMOOPLODNIH LINIJA I HIBRIDA KUKURUZA

Mirta Rastija<sup>(1)</sup>, D. Rastija<sup>(1)</sup>, D. Šimić<sup>(2)</sup>, I. Mihaljević<sup>(1)</sup>

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

### SAŽETAK

*Veći sadržaj mikroelemenata u zrnu odnosno sjemenu, uz poboljšanu nutritivnu vrijednost, omogućio bi i bolju produktivnost biljaka na tlima s izraženim nedostatkom određenih mikroelemenata. Cilj istraživanja je bio utvrditi učinak genotipa i agroekoloških činitelja na prinos zrna i koncentracije mangana (Mn) i cinka (Zn) u zrnu dva hibrida kukuruza i njihovim roditeljskim linijama, te ispitati utjecaj samooplodnih linija kao roditeljskih komponenti na sadržaj Mn i Zn u zrnu hibrida. Genotipovi kukuruza uzgajani su u poljskim pokusima tijekom dvije godine na tlu siromašnom manganom i cinkom (17,5 mg Mn kg<sup>-1</sup> i 1,06 mg Zn kg<sup>-1</sup> tla). Na istraživana svojstva značajno su utjecali genotip, godina, kao i njihova interakcija. Prosječan prinos zrna svih genotipova iznosio je 4,08 t ha<sup>-1</sup>, uz variranje po godinama od 1,13 t ha<sup>-1</sup> do 6,34 t ha<sup>-1</sup> (2003.) i od 1,13 t ha<sup>-1</sup> do 11,64 t ha<sup>-1</sup> (2004.). U zrnu su utvrđene nešto niže koncentracije Mn i Zn, a varirale su, ovisno o genotipu, od 2,85 do 4,35 mg Mn kg<sup>-1</sup> i od 13,6 do 25,6 mg Zn kg<sup>-1</sup>. Očinske linije Lancaster podrijetla imale su najvišu koncentraciju ispitivanih mikroelemenata u zrnu, a majčinske linije iz BSSS skupine signifikantno nižu. Koncentracija Mn kod oba je hibrida bila viša od srednjih vrijednosti roditelja, dok je obrnuti učinak utvrđen za koncentraciju Zn u zrnu, naročito kod OSSK 552. Podrijetlo samooplodnih linija ima bitnu ulogu u nasljeđivanju sadržaja elemenata kod hibrida, ali je njihov učinak pod značajnim utjecajem okolinskih činitelja.*

*Ključne riječi: kukuruz, samooplodne linije, hibridi, Mn, Zn, zrno*

### UVOD

Premda se zrno kukuruza općenito ne smatra značajnim izvorom mineralnih elemenata u prehrani ljudi, zbog njegove sveopće upotrebe, kao i velike zastupljenosti u stočnoj hrani, svako povećanje njihove koncentracije u zrnu je značajno. Ovo se osobito odnosi na mikroelemente, kojima se redovito obogaćuje stočna hrana (najčešće s Fe, Zn i Mn), ali i pojedini prehrambeni proizvodi. Osim poboljšane nutritivne vrijednosti, veći sadržaj mineralnih elemenata u zrnu, odnosno sjemenu, ima niz pozitivnih učinaka na produktivnost usjeva. Premda su u zrnu prisutne male količine mikroelemenata, njihovo postojanje je apsolutno neophodno za početni stadij razvoja (Liptay i Arevalo, 2000.). Brojna istraživanja (Graham i Rengel, 1993., Pearson i Rengel, 1995., McCay i sur., 1995., Graham i Welch, 1996.) potvrđuju da povećani sadržaj mikroelemenata, naročito cinka, u sjemenu žitarica, poboljšava klijanje i nicanje, doprinosi većoj vitalnosti biljaka tijekom ranog vegetativnog razvoja, boljoj otpornosti prema bolestima i tolerantnosti na razne oblike stresa. To svojstvo naročito dolazi do izražaja u uvjetima manjka cinka u tlu.

Nedostatak mikroelemenata postaje sve veći problem globalnih razmjera, budući da intenzivan uzgoj visokoprinosnih kultivara, uz upotrebu velikih količina dušičnih, fosfornih i kalijevih gnojiva, dovodi do pojave nedostatka pojedinih mikroelemenata u mnogim zemljama svijeta (Cakmak, 2002.). Niz autora ističe da je u svezi nedostatne raspoložive količine mikroelemenata u tlima najrasprostranjeniji nedostatak cinka (Eyüpoglu i sur., 1994, Yilmaz i sur., 1995.). Prema istraživanjima Sillanpää (1990.), 49% uzoraka 190 tala podrijetlom iz 25 zemalja je siromašno cinkom, dok Graham i Welch (1996.) navode da je oko 50% svjetskih obradivih površina koje se koriste za proizvodnju žitarica niske razine

(1) Doc. dr.sc. Mirta Rastija, doc.dr.sc. Domagoj Rastija, Igor Mihaljević, student - Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Trg Svetog Trojstva 3, 31000 Osijek, (2) Dr.sc. Domagoj Šimić - Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31000 Osijek

pristupačnosti ovim mikroelementom. K tome, nedostatak cinka nije vezan za određena područja, nego se pojavljuje jednako u svim klimatskim zonama te na alkalnim i kiselim tlima, lakše ili teže teksture (Rahman i sur., 1993.). Kukuruz je biljna vrsta osobito osjetljiva na nedostatak cinka (Mengel i Kirkby, 2001.), odnosno ima veće potrebe za ovim mikroelementom u odnosu na ostale žitarice.

House (1999.) navodi da je količina mikroelemenata u zrnu kompleksno svojstvo na koje utječe niz činitelja, uključujući genotip, svojstva tla, okolinske uvjete i interakcija hraniva. Banziger i Long (2000.) konstatiraju da je kukuruz biljka vrlo visokog potencijala rodosti i da zrno kukuruza općenito ima veću koncentraciju mikroelemenata nego zrna ostalih visokoprinosnih žitarica, ali da su mogućnosti povećanja njihova sadržaja daljnjom selekcijom unutar postojeće elitne germplazme manje nego kod riže i pšenice.

Većina dosadašnjih istraživanja genetske varijabilnosti sadržaja pojedinih mikroelemenata, koja bi se mogla iskoristiti u oplemenjivačkim programima, bila je ograničena na germplazmu tropskog kukuruza, dok vrlo malo podataka o sličnim istraživanjima postoji za kukuruz umjerenog klimatskog područja. Maziya-Dixon i sur. (2000.) smatraju da selekcija superiornih genotipova kukuruza s povećanim sadržajem mikroelemenata u zrnu ovisi o poznavanju opsega genetske varijabilnosti koja dolazi do izražaja u određenoj okolini te ističu važnost stabilnosti tog svojstva u različitim okolinama. Brkić i sur. (2003.) analizirali su genetsku varijabilnost sadržaja šest elemenata (Fe, Zn, Mn, Cu, B i Mg) u zrnu 28 dialelnih križanaca kukuruza podrijetlom iz umjerenog pojasa te nastojali procijeniti kombinacijsku sposobnost njihovih osam roditelja. Utvrđen je veliki raspon variranja u sadržaju svih elemenata između istraživanih genotipova te je zaključeno da se konvencionalnim oplemenjivanjem može povećati sadržaj pojedinih mineralnih tvari u zrnu.

Cilj istraživanja bio je utvrditi učinak genotipa i agroekoloških činitelja na prinos zrna i koncentracije mangana (Mn) i cinka (Zn) u zrnu dva hibrida kukuruza i njihovim roditeljskim linijama, uzgajanih na tlu ispodprosječne plodnosti i niskog sadržaja ispitivanih mikroelemenata te istražiti utjecaj samooplodnih linija kao roditeljskih komponenti na sadržaj Mn i Zn u zrnu hibrida.

## MATERIJAL I METODE

Šest genotipova kukuruza (dva poznata hibrida - OSSK 552 i OSSK 602 i njihove 4 roditeljske linije) uzgajano je u poljskom pokusu tijekom 2003. i 2004. godine na lokaciji u Gundincima u istočnom dijelu Brodsko-posavske županije. Inbred linije podrijetlom su iz divergentnih heterotičnih skupina, pri čemu su majčinske komponente hibrida linije Os 84-44 i Os 30-8 iz BSSS skupine, a očinske linije Os1-44 i Os6-2 iz skupine Lancaster. Linije Os 84-44 i Os 1-44 roditeljske su komponente OSSK 552, a linije Os 30-8 i Os 6-2 roditelji OSSK 602.

Pokus je postavljen na hipogleju, djelomično hidromelioranom, građe profila Ap - Gso<sub>1</sub> - Gso<sub>2</sub> čije su glavne kemijske značajke slabo kisela do neutralna reakcija, dobra opskrbljenost fosforom, ali niska razina pristupačnog kalija te mangana i cinka (Tablica 1.). Prema mehaničkom sastavu tlo je praškasto glinasto ilovaste teksture s 34,1% gline, osrednjeg kapaciteta za vodu (43,9% vol.) i izrazito malog kapaciteta za zrak (2,11% vol.) u oraničnom horizontu.

**Tablica 1. Kemijska svojstva tla pokusne površine (0-30 cm) u 2003. i 2004. godini**

*Table 1. Soil chemical properties (0-30 cm) in 2003 and 2004*

Godina/Year	pH		%	mg (100g) <sup>-1</sup> tla /soil		mg kg <sup>-1</sup> tla /soil	
	H <sub>2</sub> O	KCl	Humus	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mn	Zn
2003.	6,77	5,85	2,44	24,5	11,88	22,44	0,88
2004.	7,16	6,58	2,98	22,9	11,06	12,62	1,24
Prosjeck/Mean	6,96	6,35	2,71	23,7	11,47	17,53	1,06

Pokus je posijan ručno (planterima) prema slučajnom bloknom rasporedu u tri ponavljanja na dužinu redova 6,0 m, međuredni razmak 70 cm i razmak u redu 25 cm, odnosno na planirani sklop od 57 000 biljaka po hektaru. Osnovna parcela sastojala se od četiri reda, dok su dva unutarnja reda činila obračunsku parcelu površine 8,4 m<sup>2</sup>.

Sjetva pokusa u obje godine obavljena je u optimalnom roku, a berba u drugoj polovini rujna 2003., odnosno krajem listopada 2004. Kukuruz je obran ručno i određen je broj biljaka i klipova te masa

klipa po parceli. Uzeti su prosječni uzorci za kemijsku analizu, određivanje vlažnosti zrna i udjela oklaska. Prinos zrna preračunat je na  $t\ ha^{-1}$  s 14% vlage zrna.

Koncentracije Mn i Zn određene su pomoću ICP-OES nakon razaranja suhim postupkom i dodatka smjese dušične kiseline (65%  $HNO_3$ ) i vodik-peroksida (30%  $H_2O_2$ ). U uzorcima tla određen je sadržaj humusa bikromatnom metodom (ISO, 1994.), a pH u vodi i 1M KCl-u prema ISO (1994.). Sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalija ( $P_2O_5$  i  $K_2O$ ) određen je amonij-laktat metodom (Egnér i sur., 1960.), a koncentracije pristupačnih mikroelemenata izmjerene su apsorpcijskom tehnikom nakon ekstrakcije pomoću EDTA metode. Mehanička analiza obavljena je pipet metodom u natrij pirofosfatu (Škorić, 1992.), a teksturna oznaka određena je prema Soil Survey Manual (1951.). Izračunat je kapacitet tla za zrak, a retencijski kapacitet tla za vodu po Gračaninu određen je u uzorcima uzetim cilindrima po Kopeckom (Škorić, 1992.).

Statistička obrada podataka istraživanih svojstava provedena je prvo pojedinačnim dvosmjernim analizama varijance za svaku godinu posebno. Nakon toga provedena je faktorijalna analiza varijance, gdje su godina i genotip činili glavne faktore.

Dvije istraživane godine bitno su se razlikovale u pogledu vremenskih uvjeta i znatno odstupale od prosječnih višegodišnjih vrijednosti (Tablica 2.). Godina 2003. bila je ekstremno topla i većinom vrlo sušna, te izuzetno nepovoljna za uzgoj kukuruza. U vegetacijskom razdoblju (travanj-rujan) palo je samo 208,2 mm oborina uz značajno više temperature zraka tijekom ljetnih mjeseci, dok su u 2004. godini izmjerene vrlo visoke vrijednosti mjesečnih količina oborina, koje su u pojedinim mjesecima bile znatno iznad višegodišnjih prosjeka.

**Tablica 2. Mjesečne količine oborine (mm) i srednje mjesečne temperature zraka (°C) tijekom vegetacijskog razdoblja 2003. i 2004. godine i višegodišnje prosječne vrijednosti (meteorološka postaja Gradište)**

*Table 2. Monthly amount of precipitation (mm) and average air temperatures (°C) for growing seasons 2003 and 2004 and 20-year mean values (meteorological station Gradište)*

Mjesec /Godina <i>Month /Year</i>	2003.		2004.		Prosjek /Mean (1985.-2004.)	
	mm	°C	mm	°C	mm	°C
Travanj /April	12,1	11,9	152,0	12,2	53,1	11,8
Svibanj /May	33,5	20,4	124,5	15,2	56,6	16,9
Lipanj /June	42,7	24,3	99,5	19,7	76,4	19,7
Srpanj /July	42,6	22,8	47,7	21,8	61,7	21,5
Kolovoz /August	35,7	24,6	94,2	21,3	54,5	21,2
Rujan /September	41,6	16,4	52,6	15,9	60,4	17,0
Ukupno/Prosjek <i>Total/Mean</i>	208,2	20,1	570,5	17,7	362,7	18,0

## REZULTATI I RASPRAVA

Analiza varijance i F-test pokazali su visokosignifikantni utjecaj genotipa i godine na prinos zrna (Tablica 3.). Prosječan prinos zrna bio je značajno viši 2004. godine. Niži prinosi hibrida OSSK 552 i OSSK 602 ( $6,04$  odnosno  $6,34\ t\ ha^{-1}$ ) 2003. godine posljedica su kompleksnog utjecaja vremenskih prilika i nepovoljnih fizikalnih značajki tla. Mali kapacitet tla za zrak i veći sadržaj čestica gline u oraničnom sloju u kombinaciji sa sušom uvjetovao je slabije klijanje i nicanje. Kontinuirani nedostatak oborina tijekom cijele vegetacije i vrlo visoke temperature zraka u doba cvatnje i oplodnje onemogućile su normalan razvitak kukuruza. Godine 2004. oba hibrida ostvarila su više prinose, pri čemu je signifikantno viši prinos imao OSSK 602. Između inbred linija nisu utvrđene tako velike razlike između godina, osim kod Os 30-8, koja je u 2004. imala statistički opravdano viši prinos ( $3,33\ t\ ha^{-1}$ ) od svih ostalih linija.

**Tablica 3. Prosječni prinosi zrna ( $t\ ha^{-1}$ ) genotipova kukuruza po godinama istraživanja i rezultati F- testa i t-testa s LSD vrijednostima za učinke genotipa (G) i godine (Y)**

*Table 3. Mean grain yield for six maize genotypes across the years and results of F-test and t-test with LSD values for genotype (G) and year (Y) effects*

Genotip (G) <i>Genotype(G)</i>	Godina (Y)/Year (Y)		Prosjek G <i>Mean G</i>
	2003.	2004.	
OSSK 552	6,04	9,13	7,59 <b>b</b>
OSSK 602	6,34	11,6	8,99 <b>a</b>
Os 84-44	2,18	2,53	2,36 <b>c</b>
Os 1-44	1,99	1,71	1,85 <b>c</b>
Os 30-8	1,82	3,33	2,58 <b>c</b>
Os 6-2	1,13	1,13	1,13 <b>d</b>
Prosjek Y/ <i>Mean Y</i>	3,25 <b>b</b>	4,91 <b>a</b>	4,08
F test	**	**	**
LSD <sub>0,05</sub> (G)	1,17	1,18	0,74
LSD <sub>0,05</sub> (Y)			0,43

Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu signifikantno ( $P \leq 0,05$ ) različite

*Mean values followed by the same letter are not significantly ( $P \leq 0,05$ ) different*

\*\* signifikantno na razini  $P \leq 0,01$

U obje godine istraživanja prinos linija je varirao od 1,13 do 2,58  $t\ ha^{-1}$ . S obzirom da su uzgajane na tlu slabije plodnosti, što se inače ne preporučuje u proizvodnji sjemenskog kukuruza, samooplodne linije su postigle zadovoljavajući prinos. Roditeljske komponente hibrida osjetljivije su na stres izazvan nepovoljnim vremenskim uvjetima ili svojstvima tla, a prinos zrna odnosno sjemena između 1,5 – 2,0  $t\ ha^{-1}$  smatra se donjom granicom profitabilnosti sjemenske proizvodnje (Pucarić, 1992.). Najniži prinos imala je Os 6-2, očinska komponenta hibrida OSSK 602, dok između ostalih linija nije bilo signifikantnih razlika, iako je vidljivo da su majčinske komponente hibrida (Os 84-44 i Os 30-8) bile rodnije od očinskih linija, što je i normalno s obzirom na zahtjeve sjemenske proizvodnje.

**Tablica 4. Prosječne koncentracije mangana ( $mg\ Mn\ kg^{-1}$ ) i cinka ( $mg\ Zn\ kg^{-1}$ ) u suhoj tvari (ST) zrna genotipova kukuruza po godinama istraživanja i rezultati F-testa i t-testa s LSD vrijednostima za učinke genotipa (G) i godine (Y)**

*Table 4. Mean values for manganese ( $mg\ Mn\ kg^{-1}$ ) and zinc ( $mg\ Zn\ kg^{-1}$ ) grain concentrations in dry matter (DM) for maize genotypes across the years and results of F-test and t-test with LSD values for genotype (G) and year (Y) effects*

Genotip (G) <i>Genotype</i>	Mangan u zrnu ( $mg\ Mn\ kg^{-1}\ ST$ ) <i>Manganese in grain (<math>mg\ Mn\ kg^{-1}\ DM</math>)</i>			Cink u zrnu ( $mg\ Zn\ kg^{-1}\ ST$ ) <i>Zinc in grain (<math>mg\ Zn\ kg^{-1}\ DM</math>)</i>		
	Godina (Y)/Year		Prosjek G <i>Mean G</i>	Godina(Y)/Year		Prosjek G <i>Mean G</i>
	2003.	2004.		2003.	2004.	
OSSK 552	4,15	2,84	3,50 <b>b</b>	15,8	11,3	13,6 <b>c</b>
OSSK 602	4,71	3,99	4,35 <b>a</b>	19,6	17,5	18,5 <b>b</b>
Os 84-44	3,27	2,60	2,93 <b>c</b>	20,1	16,8	18,4 <b>b</b>
Os 1-44	3,98	3,50	3,74 <b>b</b>	25,1	18,9	22,0 <b>ab</b>
Os 30-8	2,43	3,28	2,85 <b>c</b>	26,3	17,1	21,7 <b>b</b>
Os 6-2	4,27	4,00	4,14 <b>a</b>	28,3	22,8	25,6 <b>a</b>
Prosjek Y/ <i>Mean Y</i>	3,80 <b>a</b>	3,37 <b>b</b>	3,59	22,5 <b>a</b>	17,4 <b>b</b>	20,0
F test	**	**	**	*	**	**
LSD <sub>0,05</sub> (G)	0,44	0,52	0,31	6,36	3,77	3,62
LSD <sub>0,05</sub> (Y)			0,18			2,10

Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu signifikantno ( $P \leq 0,05$ ) različite

*Mean values followed by the same letter are not significantly ( $P \leq 0,05$ ) different*

\*,\*\* signifikantno na razini  $P \leq 0,05$ , odnosno  $P \leq 0,01$

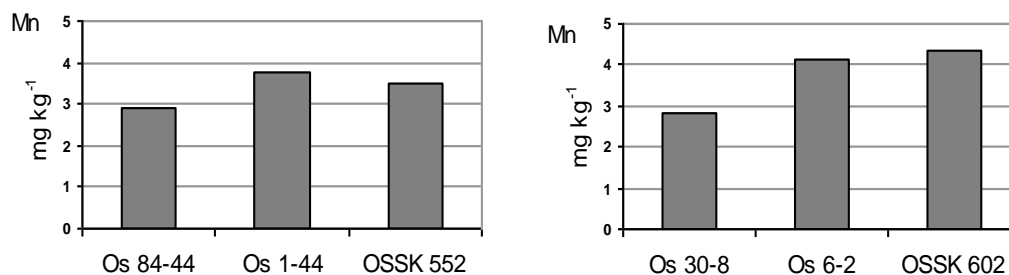
Rezultatima istraživanja utvrđena je vrlo velika varijabilnost u koncentraciji mangana i cinka u zrnu (Tablica 4.), premda je bio zastupljen relativno mali broj genotipova. Viša koncentracija oba mikroelementa u zrnu u 2003. godini posljedica je „učinka koncentracije“ zbog nižeg prinosa.

Navedena razlika je naročito uočljiva kod hibrida koji su u 2004. godini imali dosta nižu koncentraciju mangana i cinka, a izrazito viši prinos zrna. Bänziger i Long (2000.) navode da je jedna od poteškoća u oplemenjivačkom procesu činjenica da je koncentracija mikroelemenata u zrnu često u negativnoj korelaciji s prinosom zrna, što može biti posljedica povećane količine ugljikohidrata kod visokoprinosnih genotipova i učinka razrjeđenja.

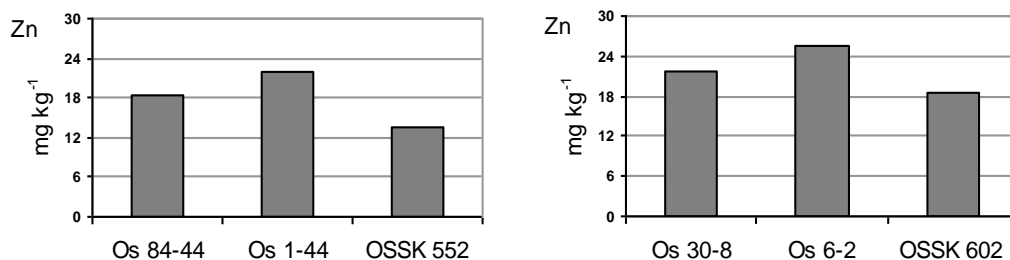
Genotipovi su se jasno izdiferencirali prema koncentraciji mangana u zrnu te je najviša vrijednost utvrđena kod OSSK 602 (4,35 mg Mn kg<sup>-1</sup>) i Os 6-2 (4,14 mg Mn kg<sup>-1</sup>), njegove očinske komponente Brkić i sur. (2003.) također su utvrdili najvišu koncentraciju cinka u zrnu genotipova koji su uključivali Os 6-2 kao jednog od roditelja. Statistički opravdano nižu koncentraciju imali su OSSK 552 i njegova očinska linija, dok je najniža koncentracija utvrđena kod majčinskih linija oba hibrida. Općenito, zrno kukuruza sadrži malu količinu mangana pa je prosječna koncentracija od 3,59 mg kg<sup>-1</sup>, iako nešto niža zbog slabije pristupačnosti ovog mikroelementa u tlu, u okviru normalnih vrijednosti koje navode Heckman i sur. (2003.). Viša koncentracija mangana 2003. godine može se protumačiti i iznadprosječnim temperaturama zraka tijekom vegetacijskog razdoblja, jer uz visoke temperature zraka biljke akumuliraju veću količinu ovog mikroelementa (Rufty i sur. 1979, prema Mengel i Kirkby, 2001.).

Hipoglej na kojem su uzgajani genotipovi kukuruza bio je siromašan cinkom, ali je ukupna prosječna vrijednost od 20,0 mg Zn kg<sup>-1</sup> u zrnu kukuruza (Tablica 4.) na razini normalnih vrijednosti. Dokazano je da se tijekom razvoja zrna Zn remobilizira iz listova, naročito u uvjetima njegova nedostatka (Pearson i Rengel, 1994.), dok Vasconcellos i sur. (1998.) navode da se u zrnu kukuruza akumulira 48-59% Zn od njegove ukupne količine u biljci. Suprotno, mangan je slabo pokretan u biljci i remobilizira se iz vegetativnih dijelova u zrno samo na početku formiranja zrna (Caballero i sur., 1996.).

U obje godine, kao i sveukupno, najviša koncentracija cinka u zrnu (25,6 mg Zn kg<sup>-1</sup>) utvrđena je kod linije Os 6-2 te se ova inbred linija iz Lancaster skupine istakla visokom koncentracijom oba mikroelemenata u zrnu. Premda je i druga očinska linija, Os1-44, imala nešto višu koncentraciju (22,0 mg Zn kg<sup>-1</sup>) od majčinskih komponenti, nije se od njih signifikantno razlikovala. Apsolutno najniža koncentracija cinka u zrnu (13,6 mg kg<sup>-1</sup>) utvrđena je kod OSSK 552.



**Slika 1. Prosječna koncentracija mangana (mg Mn kg<sup>-1</sup>) u zrnu hibrida i njihovih roditeljskih linija**  
*Figure 1. Average manganese grain concentration (mg Mn kg<sup>-1</sup>) for hybrids and their parental inbreds*



**Slika 2. Prosječna koncentracija cinka (mg Zn kg<sup>-1</sup>) u zrnu hibrida i njihovih roditeljskih linija**  
*Figure 2. Average zinc grain concentration (mg Zn kg<sup>-1</sup>) for hybrids and their parental inbreds*

Usporedba pojedinih hibrida i njihovih roditeljskih generacija glede koncentracija mikroelemenata u zrnu pokazala je različit utjecaj samooplodnih linija upućujući i na različite načine nasljeđivanja mangana i cinka. Prosječna koncentracija mangana u zrnu hibrida bila je viša od srednjih vrijednosti roditelja, odnosno na razini očinskih komponenti (Slika 1.). Suprotno, kod oba hibrida utvrđena je niža prosječna koncentracija cinka u odnosu na obje roditeljske linije (Slika 2.), što ukazuje na negativni heterotični učinak. Osobito je to izraženo kod OSSK 552, kod kojega je koncentracija cinka u zrnu bila oko 33% niža u odnosu na prosjek roditelja. Slično je prisutno i kod OSSK 602, unatoč tome što je njegova očinska linija (Os 6-2) imala najvišu koncentraciju cinka u zrnu.

## ZAKLJUČAK

Na prinos zrna hibrida kukuruza značajno su utjecali genotip i agroekološki činitelji, odnosno vremenske prilike i svojstva tla. U uvjetima suše hipoglej s manje povoljnim fizikalnim svojstvima pokazao se nepovoljnim za uzgoj kukuruza. Tlo je bilo siromašno manganom i cinkom te su u zrnu utvrđene nešto niže koncentracije ovih mikroelemenata, ali još uvijek u normalnim granicama. Prosječne koncentracije mikroelemenata u zrnu svih istraživanih genotipova iznosile su 3,59 mg Mn kg<sup>-1</sup> i 20,0 mg Zn kg<sup>-1</sup>, a varirale su, ovisno o genotipu, od 2,85 - 4,35 mg Mn kg<sup>-1</sup> i od 13,6 - 25,6 mg Zn kg<sup>-1</sup>. Iako je u pokusu bio zastupljen manji broj genotipova, utvrđeno je postojanje genetske varijabilnosti ispitivanih svojstava, osobito za sadržaj cinka u zrnu.

Rezultati istraživanja ukazali su na značajan utjecaj inbred linija i njihovog podrijetla na sadržaj i nasljeđivanje Mn i Zn zrnu njihovih hibrida, ali njihov učinak značajno modificiraju okolinski činitelji. Inbred linije iz heterotične skupine Lancaster koje su očinske komponente, imale su najvišu koncentraciju ispitivanih mikroelemenata zrnu, a majčinske linije iz skupine BSSS signifikantno nižu, ali su se ta svojstva različito odrazila na hibride. Koncentracija mangana kod oba je hibrida bila viša od srednjih vrijednosti roditelja, dok je obrnuti učinak utvrđen za koncentraciju cinka u zrnu, naročito kod OsSK552.

Napomena:

U radu je prikazan dio rezultata objavljenih u diplomskom radu „Utjecaj genotipa i agroekoloških činitelja na koncentracije Mn i Zn u zrnu kukuruza“ koji je obranjen 7. srpnja 2008. na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku.

## LITERATURA

1. Banziger, M., Long, J. (2000): The potential for increasing the iron and zinc density of maize through plant breeding. Food and Nutrition Bulletin, vol. 21, no. 4. The United Nations University Press. 397-400.
2. Brkić, I., Šimić, D., Zdunić, Z., Jambrović, A., Ledenčan, T., Kovačević, V., Kadar, I. (2003): Combining abilities of corn-belt inbred lines of maize for mineral content in grain. Maydica 48: 293-297.

3. Caballero, R., Arauzo, M., Hernaiz, P.J. (1996): Accumulation and redistribution of mineral elements in common vetch during pod filling. *Agronomy Journal* 88: 801-805.
4. Cakmak, I. (2002): Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant and Soil* 247: 3-24.
5. Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. (1960.): Untersuchungen über die chemisch Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden II. Chemische Extraktionsmethoden zu Phosphor- und Kaliumbestimmung. *K. Lantbr. Hogsk. Annlr. W.R.26:* 199.-215.
6. Eyüpoglu, F., Kurucu, N., Sanýsag, U. (1994): Status of plant available micronutrients in Turkish soils. In: *Soil and Fertilizer Research Institute Annual Report*. Report No. R-118. Ankara, Turkey, 25-32.
7. Graham, R.D., Rengel, Z. (1993): Genotypic variation in zinc uptake and utilization by plants. In: *Zinc in Soils and Plants*. A.D. Robson (ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 107-118.
8. Graham, R.D., Welch, R.M. (1996): Breeding for stable food crops with high micronutrient density. *Working Papers on Agricultural Strategies for Micronutrients*, No.3. International Food Policy Research Institute, Washington DC.
9. Heckman, J.R., Sims, J.T., Beegle, D.B., Coale, F.J., Herbert, S.J., Bruulsema, T.W., Bamka, W.J. (2003): Nutrient removal by corn grain harvest. *Agronomy Journal* 95: 587-591.
10. House, W.A. (1999): Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. *Field Crop Research* 60:115-141.
11. Liptay, A., Arevalo, A.E. (2000): Plant mineral accumulation, use and transport during the life cycle of plants: A review. *Canadian Journal of Plant Science* 80(1): 29-38.
12. Maziya-Dixon, B., Kling, J.G., Dixon, A. (2000): Genetic variation in total carotene, iron, and zinc contents of maize and cassava genotypes. *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 21, no. 4, The United Nations University Press. 419-422.
13. McCay Buis, T.S., Huber, D.M., Graham, R.D. Phillips, J.D., Miskin, K.E. (1995): Manganese seed content and take-all of cereals. *Journal of Plant Nutrition* 18:1711-1721.
14. Mengel, K., Kirkby, E.A. (2001): *Principles of plant nutrition*. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London.
15. Pearson, J.N., Rengel, Z. (1994): Distribution and remobilization of Zn and Mn during grain development in wheat. *Journal of Experimental Botany* 45(281):1829-1835.
16. Pearson, J.N., Rengel, Z. (1995): Uptake and distribution of Zn and Mn in wheat grown at sufficient and deficient levels of Zn and Mn during growth development. *J. Exp. Biol.* 46: 841-845.
17. Pucarić, A. (1992.): *Proizvodnja sjemena hibrida kukuruza*. Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, Zagreb.
18. Rahman, S., Vance, G.F., Munn, L.C. (1993): Salinity induced effects on the nutrient status of soil, corn leaves, and kernels. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 24:17-18.
19. Sillanpää, M. (1990): Micronutrient assessment at the country level: an international study. In: *FAO Soils Bulletin* 48. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United States.
20. Škorić, A. (1992.): *Priručnik za pedološka istraživanja*. Sveučilište u Zagrebu. Fakultet poljoprivrednih znanosti -Zagreb.
21. Vasconcellos, C.A., Viana, M.C.M., Ferreira, J.J. (1998): Dry matter and nutrient accumulation in maize cultivated during the winter-spring season. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 33(11): 1835-1845.
22. Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Aydın, A. and Cakmak, I. (1995): Determination of zinc application methods in zinc-deficient wheat-growing areas of Central Anatolia. In: *Soil Fertility and Fertilizer Management*. 9th International CIEC Symposium, Proceedings, September 25-30, 1995, Kusadasi-Soke, Turkey, 91-98.
23. ....Soil Survey Staff (1951): *Soil Survey Manual*. USDA, Handbook No. 18, 503.
24. ....ISO (1994): International Standard. HRN ISO 10390. *Soil quality-Determination of pH*
25. ....ISO (1994): International Standard. HRN ISO14235. *Soil quality-Determination of organic matter content*.

# YIELD AND CONCENTRATIONS OF Mn AND Zn IN GRAIN OF MAIZE PARENTAL INBREDS AND HYBRIDS

## SUMMARY

*Enhanced micronutrient content in grains or seeds could improve both, nutritive value and agricultural productivity of crops on the soils deficient in a particular micronutrient. The aim of this study was to evaluate the effect of genotype and environmental components on the grain yield and concentrations of Mn and Zn in the grain of two maize hybrids and their parental lines as well as to examine the impact of parental inbreds on the grain of Mn and Zn concentration in the hybrids. Maize genotypes were grown in a field trials during two growing seasons on the soil poor in available Mn and Zn (17.5 mg Mn kg<sup>-1</sup> and 1.06 mg Zn kg<sup>-1</sup> soil). Highly significant effects of both, year and genotype for all traits were ascertained. The average grain yield for all genotypes was 4.08 t ha<sup>-1</sup>, with varying over years from 1.13 t ha<sup>-1</sup> to 6.34 t ha<sup>-1</sup> (2003) and from 1.13 t ha<sup>-1</sup> to 11.64 t ha<sup>-1</sup> (2004). Concentrations of Mn and Zn in the grain were slightly lower and ranged depending on genotype from 2.85 – 4.35 mg Mn kg<sup>-1</sup> and 13.6 – 25.6 mg Zn kg<sup>-1</sup>. Male parents of Lancaster origin had the highest concentrations of investigated microelements in the grain, while in the female lines belonging to BSSS group it was significantly lower. Grain Mn concentration was higher than parental means in both hybrids, whilst the opposite effect was ascertained for Zn concentration, especially in OSSK 552. The origin of inbred lines, as parental component of hybrids, plays an important role in inheritance of nutrient contents, but that genetic impact is greatly affected by environmental factors.*

**Key-words:** maize, inbred lines, hybrids, Mn, Zn, grain

(Primljeno 30. listopada 2009.; prihvaćeno 23. studenog 2009. - Received on 30 October 2009; accepted on 23 November 2009)