Biofortifikacija pšenice željezom i cinkom

Martić, Mirjana

Doctoral thesis / Disertacija

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:736884

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Image not found or type unknown

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Mirjana Martić, dipl. ing. poljoprivrede

BIOFORTIFIKACIJA PŠENICE ŽELJEZOM I CINKOM

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Mirjana Martić, dipl. ing. poljoprivrede

BIOFORTIFIKACIJA PŠENICE ŽELJEZOM I CINKOM

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Mirjana Martić, dipl. ing. poljoprivrede

BIOFORTIFIKACIJA PŠENICE ŽELJEZOM I CINKOM

- Doktorska disertacija -

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Mirjana Martić, dipl. ing. poljoprivrede

BIOFORTIFIKACIJA PŠENICE ŽELJEZOM I CINKOM

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Zdenko Lončarić
Komentor: doc. dr. sc. Ivna Štolfa Čamagajevac

Povjerenstvo za ocjenu:

1. **dr. sc. Sonja Vila, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik**
2. **dr. sc. Zdenko Lončarić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član**
3. **dr. sc. Ivna Štolfa Čamagajevac, docent Odjela za biologiju Sveučilišta u Osijeku, komentor i član**

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Mirjana Martić, dipl. ing. poljoprivrede

BIOFORTIFIKACIJA PŠENICE ŽELJEZOM I CINKOM

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Zdenko Lončarić
Komentor: doc. dr. sc. Ivna Štolfa Čamagajevac

Javna obrana doktorskog rada održana je 12. lipnja 2018. godine pred Povjerenstvom za obranu:

1. **dr. sc. Sonja Vila, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik**
2. **dr. sc. Zdenko Lončarić, redoviti profesor u trajnom zvanju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član**
3. **dr. sc. Ivna Štolfa Čamagajevac, docent Odjela za biologiju Sveučilišta u Osijeku, komentor i član**

Osijek, 2018.

Najsrdačnije se zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Zdenku Lončariću. Hvala mu na nesebičnoj pomoći, uloženom vremenu i strpljenju te dijelu sebe koji je utkao u ovaj doktorski rad.

Zahvaljujem se i članovima Povjerenstva, prof. dr. sc. Sonji Vila i prof. dr. sc. Ivni Štolfa Čamagajevac na savjetima i pomoći pri pisanju doktorskog rada.

Također se želim zahvaliti djelatnicima Zavoda za agroekologiju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku na nesebičnoj pomoći pri postavljanju pokusa i laboratorijskom dijelu izrade doktorskog rada.

Posebno se zahvaljujem roditeljima, majci Janji i pokojnom ocu Vladimiru, bratu Ivici. Oni su temelj moje snage i upornosti. Zahvaljujem i svim dragim prijateljima koji su na ovom putu bili uz mene.

Ipak najviše se zahvaljujem svojoj obitelji, suprugu Mati, kćerkama Ivani, Antoniji i Martini te njima posvećujem ovaj doktorski rad. Bili su mi bezrezervna podrška. Hvala im na razumijevanju i pomoći, jer bez njih bih teško uspjela ostvariti ovaj cilj.

Mirjana Martić

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti
Smjer: Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

UDK: 633.11:631.524:631.82*633.11:546.261+546.47
Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Poljoprivreda
Grana: Bilinogojstvo

Biofortifikacija pšenice željezom i cinkom

Mirjana Martić, dipl. ing. poljoprivrede

Rad je izrađen na Poljoprivrednom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Mentor: prof. dr. sc. Zdenko Lončarić
Komentor: doc. dr. sc. Ivna Štolfa Čamagajevac

U svijetu je više od 3 milijarde ljudi izloženo nedostatku mikroelemenata, pri čemu je nedostatak Fe vrlo čest u zemljama u razvoja dok je nedostatak Zn detektiran kao globalni problem. Najjednostavniji i najbrži način povećanja koncentracije u zrnu je agronomska biofortifikacija. Ciljevi istraživanja su utvrditi utjecaj sorte i aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno na povećanje koncentracije u zrnu pšenice. Poljski pokus s 4 sorte ozime pšenice (Srpanjka, Divana, Katarina i Zdenka) proveden je tijekom dvije vegetacije na dva lokaliteta u Brodsko – posavskoj županiji uz 7 različitih tretamana aplikacije Fe i Zn (1. kontrola bez aplikacije, 2. aplikacija Fe u tlo, 3. Zn u tlo, 4. folijarno Fe, 5. folijarno Zn, 6. Fe+Zn u tlo i 7. Fe+Zn folijarno). Najveći prosječni prinos zrna ostvarile su sorte Katarina i Zdenka, slijedi Srpanjka te Divana s najnižim prinosom. Aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno, nisu značajno utjecale na prinose zrna ili ukupne biološke prirode, ali su značajno utjecale na promjenu koncentracije Fe u zrnu. Najveća koncentracija Fe je ostvarena nakon folijarne aplikacije Fe, dok aplikacija Fe u tlo nije utjecala na koncentraciju Fe u zrnu. Najveća koncentracija Zn u zrnu ostvarena je nakon folijarne aplikacije Zn ili Fe+Zn, a najniže koncentracije Zn ostvarene su na kontrolnim tretmanima. U provedenim istraživanjima sorte pšenice su se značajno razlikovale po sadržaju fenola u zrnu, sorta Zdenka imala je značajno veću koncentraciju u odnosu na Srpanjku, Divanu i Katarinu. U sorti Divana utvrđen je značajno veći molarni omjer fitat/Fe nego u sorti Katarina, Zdenka ili Srpanjka. Najveći fitat/Zn omjer su imale Zdenka i Divana te Srpanjka, a najmanji sorta Katarina. Najveću ukupnu antiaksidativnu aktivnost je ostvarila sorta Zdenka, zatim sorte Divana i Katarina, a najmanju sorta Srpanjka. Aplikacije Fe i Zn nisu značajno utjecale na koncentraciju fenola i fitata u zrnu, no dokazan je značajan utjecaj na molarni odnos fitata/Fe i fitat/Zn u zrnu pšenice. Najveći je molarni odnos fitat/Fe zabilježen u kontrolnom tretmanu, a najniži odnos nakon folijarne aplikacije Fe i Fe+Zn. Najviši molarni odnos fitat/Zn ostvaren je u kontrolnom tretmanu, dok je najniži ostvaren nakon folijarne aplikacije Zn i Fe+Zn.

Broj stranica: 199
Broj grafikona: 17
Broj tablica: 68
Broj literaturnih navoda: 209
Jezik izvornika: hrvatski
Ključne riječi: pšenica, agrofortifikacija, cink, željezo, fitat

Datum obrane: 12. lipnja 2018.

Povjerenstvo za obranu:
1. **prof. dr. sc. Sonja Vila** – redovita profeosrica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednica
2. **prof. dr. sc. Zdenko Lončarić** – redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, član
3. **doc. dr. sc. Ivna Štolfa Čamagajevac** – docentica Odjela za biologiju Sveučilišta u Osijeku, član

Rad je pohranjen u:
Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agriculture in Osijek
Postgraduate university study: Agricultural sciences
Course: Plant breeding and seed production

UDK: 633.11:631.524:631.82*633.11:546.261+546.47
Scientific Area: Biotechnical Sciences
Scientific Field: Agriculture
Branch: Crop production

Biofortification of wheat with iron and zinc

Mirjana Martić, B. Sc.

Thesis performed at Faculty of Agriculture in Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Supervisor: prof. dr. sc. Zdenko Lončarić
Co-supervisor: doc. dr. sc. Ivna Štolfa Čamagajevac

More than 3 billion people in the world are exposed to the lack of important microelements, whereby the lack of Fe is very common in developing countries while the lack of Zn is detected as a global problem. The simplest and fastest way to increase the concentration of nutritional deficiencies in the grain is the agronomic fortification. The objectives of the study are to determine the influence of genotype and iron and zinc application in soil or foilar application on increasing the concentration in grain. The field experiment with 4 winter wheat varieties (Srpanjka, Divana, Katarina and Zdenka) was carried out during 2 vegetation in 2 sites in Brod - Posavina County with 7 treatments of Fe and Zn application (1. control without application, 2. application of Fe in soil, 3. Zn in soil, 4. foliar Fe, 5. foliar Zn, 6. Fe + Zn in soil and 7. Fe + Zn foilar).
The highest average yield of grain was achieved by varieties Katarina and Zdenka, followed by Srpanjka and Divana with the lowest yield. Fe and Zn applications in soil or foliar have no significant effect on grain or biological yield. Fe and Zn applications in soil or foliar have significantly influenced the change of Fe concentration in the grain. The highest concentration of Fe in wheat grain was achieved after the Fe and Fe+Zn foliar application. The highest concentration of Zn in the grain was achieved after the Zn or Fe+Zn foliar application. The lowest concentration was achieved by control treatments. Research has been shown to have a significant effect on the Fe and Zn application in soil or foliar for Fe uptake ba yield of grain and vegetative parts. In the researches of wheat cultivars, there was a significant difference in the content of phenol in grain, where Zdenka varieties had a significantly higher concentration of phenol compared to Srpanjka, Divana and Katarina. Divana had a significantly higher concentration of phytate in grain than the varieties of Zdenka, Katarina and Srpanjka. Divana varieties also have a significantly higher molar ratio of phytate/Fe than in the varieties of Katarina, Zdenka or Srpanjka. The largest phytate/Zn ratio was in varities Zdenka, Divana and Srpanjka, and the smallest Katarina. Fe and Zn applications did not statistically significantly influence the concentration of phenol and phytate in wheat grains, but there was a significant influence on molar ratio of phytate/Fe and phytate/Zn in wheat grain. At this point, the highest molar ratio of phytate/Fe was observed in control treatment, the lowest ratio of phytate/Fe was achieved after Fe and Fe + Zn foliar applications. Also, the highest molar ratio of phytate/Zn was achieved in the control treatment and the lowest ratio of phytate/Zn was achieved after the Zn and Fe+Zn foliar application.

Number of pages: **199**
Number of figures: **17**
Number of tables: **68**
Number of references: **209**
Original in: croatian
Key words: wheat, agrofortification, zinc, iron, phytate
Date of the thesis defense: June 12th, 2018.
Reviewers:

1. **prof. dr. sc. Sonja Vila**
2. **prof. dr. sc. Zdenko Lončarić**
3. **doc. dr. sc. Ivna Štolfa Čamagajevac**

Thesis deposited in:
National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb; University of Rijeka; University of Split

KAZALO

1. UVOD ... 1
1.1. Pregled literature ... 7
1.1.1. Količina Fe i Zn u tlima i utjecaj svojstava tla na raspoloživost ... 7
1.1.2. Usvajanje, translokacija i akumulacija Fe i Zn ... 9
1.1.3. Biofortifikacija pšenice sa Fe i Zn ... 13
1.1.4. Utjecaj fortifikacije Fe i Zn na sadržaj promotora i antinutritijenata u zrnu ... 15
1.1.5. Utjecaj biofortifikacije pšenice Fe i Zn na koncentraciju Fe i Zn u zrnu pšenice ... 19
1.2. Cilj istraživanja ... 33
2. MATERIJAL I METODE RADA ... 34
2.1. Poljski pokus ... 34
2.1.1. Odabir genotipova ozime pšenice ... 34
2.1.2. Odabir lokacije i tla za postavljanje poljskog pokusa ... 35
2.1.3. Biofortifikacija pšenice sa Fe i Zn ... 37
2.1.4. Sjetva i uzgoj ozime pšenice ... 38
2.2. Uzorkovanje i čuvanje biljnog materijala ... 39
2.3. Određivanje agronomskih svojstava i komponenti prinosa ... 39
2.4. Laboratorijske analize tla i biljnog materijala ... 40
2.4.1. Kemijske analize tla ... 40
2.4.2. Kemijske analize biljne tvari ... 43
2.5. Vremenske prilike ... 43
2.6. Statistička obrada podataka ... 46
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA ... 47
3.1. Prinos i komponente prinosa pšenice ... 48
3.1.1. Prinos zrna pšenice, prirod slame i ukupan biološki prirod nadzemne mase ... 48
3.1.2. Komponente prinosa pšenice ... 50
3.2. Koncentracija Fe i Zn u zrnu, listovima i slami pšenice ... 51
3.2.1. Koncentracija Fe u zrnu, listovima i slami pšenice ... 51
3.2.2 Koncentracija Zn u zrnu, listovima i slami pšenice ... 53
3.3. Ukupna količina i distribucija Fe i Zn u zrnu, listovima i slami ... 56
3.3.1. Akumulacija Fe u zrnu, listovima i slami pšenice ... 56
3.3.2. Distribucija Fe u zrno, listove i slamu ... 58
3.3.3. Akumulacija Zn u zrnu, listovima i slami pšenice ... 61
3.3.4. Distribucija Zn u zrno, listove i slamu ... 64
3.4. Iznošenje Fe i Zn prinosom zrna i prirodom nadzemnih vegetativnih organa pšenice ... 66
3.4.1. Iznošenje Fe prinosom zrna i prirodom nadzemnih vegetativnih organa pšenice ... 66
3.4.2. Postotni udio iznošenja Fe zrnom, listovima i slamom u ukupnom iznošenju Fe ... 69
3.4.3. Iznošenje Zn prinosom zrna i prirodom nadzemnih vegetativnih organa pšenice ... 71
3.4.4. Postotni udio iznošenja Zn zrnom, listovima i slamom u ukupnom iznošenju Zn ... 74
3.5. Učinkovitost aplikacije Fe i Zn ... 76
3.5.1. Učinkovitost aplikacije Fe ... 76
3.5.2. Učinkovitost aplikacije Zn ... 78
3.6. Pokazatelji bioraspoloživosti Fe i Zn u zrnu pšenice ... 81
4. RASPRAVA ... 84
4.1. Prinos i komponente prinosa pšenice ... 84
4.2. Koncentracija Fe i Zn u zrnu, listovima i slami pšenice ... 87
4.2.1. Koncentracija Fe u zrnu, listovima i slami pšenice ... 87
4.2.2. Koncentracija Zn u zrnu, listovima i slami pšenice ... 94
4.3. Ukupna količina i distribucija Fe i Zn u zrno, listove i slamu pšenice ... 100

4.3.1. Masa Fe u zrnu, listovima i slami pšenice 100
4.3.2. Postotak ukupne mase Fe u zrnu, listovima i slami pšenice 104
4.3.3. Masa Zn u zrnu, listovima i slami pšenice 106
4.3.4. Postotak ukupne mase Zn u zrnu, listovima i slami pšenice 110
4.4. Iznošenje Fe i Zn prinosom zrna i prirodom vegetativne mase 112
4.4.1. Iznošenje Fe prinosom i prirodom 112
4.4.2. Postotak iznošenja Fe prinosom i prirodom 114
4.4.3. Iznošenje Zn prinosom i prirodom 115
4.4.4. Postotak iznošenja Zn prinosom i prirodom 117
4.5. Učinkovitost aplikacije Fe i Zn 118
4.5.1. Učinkovitost aplikacije Fe 118
4.5.2. Učinkovitost aplikacije Zn 120
4.6. Pokazatelji bioraspoloživosti Fe i Zn u cjelovitom zrnu pšenice 122
5. ZAKLJUČCI 125
6. LITERATURA 130
7. SAŽETAK 144
8. SUMMARY 146
9. PRILOG 148
ŽIVOTOPIS 199

1. UVOD

Pšenica (*Triticum* spp.) glavna je krušarica u mnogim dijelovima svijeta i glavni izvor hrane, njome se unosi 28% suhe tvari i predstavlja 60% dnevnih kalorija u mnogim zemljama svijeta (FAO 2006.). Sastav i kvaliteta zrna pšenice važan je čimbenik ljudskog zdravlja, pogotovo u zemljama u razvoju gdje je hrana na bazi pšenice osnovna ili najčešća hrana. Prema podatcima FAOSTAT (2008.), (Food and agriculture organization of the united nations), Pospišl (2010.) je istaknula da se pšenica u svijetu uzgaja na više od 200 milijuna hektara u 124 zemlje i ostvaruje prosječni prinos zrna od 2,8 t ha^{-1}. Najveći proizvođač pšenice je Kina. Druga žitarica po važnosti je kukuruz koji se u svijetu uzgaja na više od 150 milijuna hektara, najviše u SAD, dok je riža zasijana na 44 milijuna hektara, najviše u Indiji. Prema podatcima Statističkog ljetopisa Republike Hrvatske (2014.), u Republici Hrvatskoj pšenica sa zasijanih 204 506 ha i prinosom 4,9 tha^{-1} u 2013. godini nalazi se iza kukuruza, koji je prema zasijanim površinama (288 365 ha) i ukupnoj proizvodnji, najvažnija žitarica.

Pšenica kao najzastupljenija kultura na svijetu često se uzgaja na siromašnim tlima ili tlima sa nedostatkom jednog ili više hraniva neophodnih za njezin optimalni rast i razvoj što rezultira niskim sadržajem tih hraniva u jestivim dijelovima biljke. To je naročito problematično kod ljudi kojima su biljke, zbog siromaštva, glavni izvor esencijalnih minerala (Welch i Graham, 2004., Grotz i Guerinot, 2006.).

Ljudski organizam ima potrebe za mineralima u različitim količinama. Iako su Fe i Zn u usporedbi sa ostalim mineralima potrebni u manjim količinama, njihov nedostatak može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih tegoba pa i smrtnosti. Smatra se da oko 30% ljudi u svijetu pati zbog nedostatka Zn, a više od 60 % zbog nedostatka Fe, no u posljednje vrijeme javlja se i nedostatak Cu u mnogim i razvijenim i nerazvijenim zemljama (White i Broedley, 2012.).

Preporučena dnevna doza, RDA, (SAD, 1989.) za željezo je 10 -18 mg/dan, za cink je 12 do15 mg/dan. Raspoloživost Fe i Zn u zrnu glavnih prehrambenih usjeva je niska i kreće se od 5 do 25% (Bouis i Welch, 2010.). Guttieri i sur. (2006.) ističu da zrno žitarica sadrži različite antinutritivne spojeve, kao fitinsku kiselinu i tanine koji smanjuju njihovu bioraspoloživost. Eđed (2011.) je dokazala da prosječnom konzumacijom kruha (od cjelovitog zrna) od sorte Osječanka 20 (35 mg kg^{-1} Zn), u organizam unese 7,4 mg/dan Zn, što je svega 60% od dnevne preporučene doze za Zn i 70 % od dnevne preporučene doze za Fe kod odraslih osoba.

U svijetu je više od 3 milijarde ljudi izloženo nedostatku važnih mikroelemenata zbog isključivog konzumiranja hrane na bazi žitarica (Welch i Graham 2004., Liu i sur. 2006., Xu i sur. 2011.). Ovom nedostatku su izložene gotovo sve dobne skupine, posebno žene i djeca uglavnom u zemljama u razvoju, u kojima si ljudi ne mogu priuštiti proizvode životinjskog i ribljeg porijekla s visokim sadržajem mikrohraniva. Ovi nedostaci uvelike utječu na individualno zdravlje, povećavnje društvenih troškova u zdravstvu, te smanjenje ekonomske produktivnost (Welch i Graham, 2002., 2004.).

Najučestalija bolest izazvana nedostatkom Fe u prehrani je anemija, koja kod djece može dovesti do usporenog rasta te zaostajanja u mentalnom razvoju. Hurrell i sur. (2004.) navodi da oštećenja kognitivnih funkcija, imunološkog sustava, radne sposobnosti, pojačana smrtnost majki i dojenčadi, predstavljaju glavne zdravstvene komplikacije povezane sa nedostatkom Fe**.** Zn ulazi u sastav enzimskih sustava organizma i neophodan je za njegov normalan rast i razvoj, održavanje tkiva i imunološkog sustava organizma. Njegov nedostatak izaziva poremećaje opadanja kose, zdravstvene probleme na koži i noktima, gubitak memorije i slabljenje intelektualnih sposobnosti, oštećenje reproduktivnih organa, probleme u razvoju fetusa i kongenitalne bolesti. Erenoglu (2011.) prema podatcima Svjetske zdravstvene organizacije (WHO, 2002.), također navodi da nedoststak Zn kao peti vodeći uzrok bolesti u zemljama sa niskim dohotkom, uzrokuje razne zdravstvene komplikacije poput zaostajanja u rastu i razvoju, smetnje u mentalnom razvoju, povećanoj osjetljivosti na zarazne bolesti i smrtnosti djece na porodu.

Fe i Zn su esencijalni elementi podjednako važni za zdravlje ljudi ali i normalan rast i razvoj biljke.

Lemanceu i sur. (2009.) su naveli da Fe ima središnju ulogu u transportnom sustavu elektrona u procesu fotosinteze, a također je sastavni dio hem enzima i sudjeluje u sintezi klorofila, stoga je važan čimbenik rasta biljke i stvaranja prinosa, no prema Vukadinović i Lončarić (1998.), Fe je važan i za redukciju nitrita i sulfata, asimilaciju N_2, transport elektrona. Biljke usvajaju željezo u obliku Fe^{2+}, Fe^{3+} i u obliku kelata. Kompeticiju kod usvajanja željeza pokazuju bakar, kobalt, nikal, cink, krom i mangan, a kod viših vrijednosti pH smetaju Ca^{2+} i fosfati. Važno je napomenuti da nitratna ishrana smanjuje, a amonijačna povećava usvajanje željeza (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Fiziološka uloga Zn je velika u biosintezi DNA i RNA, sintezi proteina i sintezi auksina. Kastori (1983.) je naglasio da Zn ulazi u sastav enzimatskih procesa te na taj način posredno ili neposredno učestvuje u sintezi auksina, metabolizmu proteina, šećera,

procesima disanja i dr., te u nedostatku izaziva velike promjene u prometu tvari i anatomskoj građi biljke. Zn utječe i na otpornost biljke prema suši smanjenjem intenziteta transpiracije i povećavanjem koncentracije staničnog soka kod biljaka tretiranih s Zn, te povećanje otpornosti prema nekim bolestima, povećanjem aktivnosti katalaze koja stimulira sintezu bjelančevina i disanje. Biljke ga usvajaju kao Zn^{2+}, $ZnCl^{+}$, Zn – kelate, no u biljkama je uvijek Zn^{2+}. Cink se usvaja aktivno i kod njegovog usvajanja antagonistički djeluju veće količine kalcija i magnezija. (Vukadinović i Lončarić, 1998.)

Zrno žitarica, kao glavne hrane, sadrži niske koncentracije Zn i Fe, te ukoliko se uzgaja na tlima siromašnim s Fe i Zn, dodatno se smanjuje njihova koncentracija (Cakmak i sur. 2010.).

Sadržaj mikrohraniva u hrani djelomično je određen njihovim sadržajem i bioraspoloživošću u tlima na kojima se usjevi uzgajaju, a prema McLaughlin i sur. (1999.), sklonost biljaka da akumuliraju i prenose esencijalne elemente u jestive dijelove u velikoj mjeri ovisi i o klimatskim čimbenicima, genotipu biljke i agrotehnici. Tako se, prema Frossard i sur. (2000.), nedostatak Fe i Zn često javlja na prozračnim, alkalnim tlima aridnih i semiaridnih područja. Ivezić i sur. (2011.) su istaknuli da raspoloživost teških metala ne ovisi samo o njihovim ukupnim koncentracijama, nego i o fizikalnim i kemijskim svojstvima tla. Kiselost tla i organska tvar značajni su faktori topivosti teških metala u tlu, a time i njihova značenja u odnosu tlo-biljka. U kiselim tlima teški su metali topiviji, mobilniji i lakše dostupni biljci jer je bioraspoloživa frakcija veća nego u karbonatnim (alkalnim) tlima. Kalcizacija, kao učestala agrotehnička mjera neutralizacije suvišne kiselosti poljoprivrednih tala utječe na smanjenu bioraspoloživost gotovo svih teških metala, npr. Fe za 11 - 53 % i Zn 12 – 40 % (Lončarić i sur., 2010., Lončarić i sur., 2012.).

Khoshgoftarmanesh i sur. (2010.) navode da suvremeni kultivari pšenice i riže imaju nižu koncentraciju mikrohraniva od tradicionalnih sorti jer su oplemenjivači uglavnom usmjereni na prinos, bez pozornosti na sadržaj mikrohraniva u njima. Kod modernih kultiviranih pšenica, varijacije u koncentracijama Fe i Zn su male, no, čimbenici okoliša i načina uzgoja mogu značajnije utjecati na njihove varijacije nego genetski (Cakmak i sur., 2000.).

Fardet i sur. (2008.) su prema raspoloživim podatcima iz literature prikazali prosječan sadržaj mikrohraniva u zrnu važnijih žitarica: pšenica u mg kg^{-1} Fe 32, Zn 26, Cu 3,7, Mn 31, kukuruz Fe 15, Zn 17, Cu 2,4, Mn 4, riža Fe 32, Zn 16, Cu 2,9, Mn 21.

Teklić i sur. (2013.) su na osnovi dostupnih podataka iz literature prikazali postojanje značajnih razlika u koncentracijama minerala u zrnu pšenice i njezinih srodnika. Pri tome su istaknuli da su najnižu i najvišu koncentraciju Fe u zrnu pšenice zabilježili Khoshgoftarmanesh i sur. (2010.), raspon koncentracija se kretao od 8,5 – 84,1 mg kg^{-1}. Njanižu koncentraciju Zn od 4,6 mg kg^{-1}, također su izmjerili Khoshgoftarmanesh i sur. (2010.), a najvišu, Welch (2003.), zabilježeni raspon koncentracije Zn se kretao između 27,0 – 85,0 mg kg^{-1}.

Eđed (2011.) je dokazala postojanje mnogo viših koncentracija Fe i Zn u zrnu domaćih i stranih kultivara pšenice. Koncentracije su se kretale u rasponu od 31,70 – 55,05 mg kg^{-1} za Fe, i 24,60 – 47,10 mg kg^{-1} za Zn. Također je dokazala da kontaminacija tla sa Cd nema značajnog utjecaja na koncentracije Fe i Zn u zrnu pšenice. Prema rezultatima Kovačević i sur. (2013.), rasponi koncentracija Fe i Zn nisu bili značajni. Koncentracija Fe je bila 22,6 – 27,7 mg kg^{-1}, a Zn 26,0 – 28,0 mg kg^{-1}.

Welch i Graham (2004.), Cakmak (2008.) su istaknuli kako zrno pšenice osim što ima inherentno nisku razinu Zn, sadrži i tvari koje ograničavaju raspoloživost Zn u ljudskom probavnom traktu, polifenole i fitinsku kiselinu. Nasuprot tome, žitarice sadrže i promotore, pro vitamina A i vitamin C, hemoglobin, različite organske i aminokiseline, tvari koje stimuliraju apsorpciju mikrohraniva. Aktivnost promotora i inhibitora, a time i bioraspoloživost mikrohraniva u zrnu žitarica je pod jakim utjecajem genetskih i okolišnih čimbenika (White i Broadley 2009.). Welch i Graham (2004.) su istaknuli da jačanje promotora i smanjenje inhibitora može povećati bioraspoloživost mikrohraniva.

Nedostatak mikrohraniva, posebno Fe i Zn u ishrani ljudi, ukazuje na potrebu povećanja njihovih koncentracija u poljoprivrednim kulturama. Postupci i metode kojima se povećavaju koncentracije pojedinih hraniva tijekom uzgoja kulturne biljke nazivaju se biofortifikacija. Biofortifikacija žitarica, osnovne, primarne hrane čovječanstva, glavna je strategija u ublažavanju nedostataka mikrohranjiva (Brinch-Pedersen i sur., 2007., Shi i sur., 2010., Teklić i sur., 2013.).

Najjednostavniji i najbrži način povećanja koncentracije deficitarnih hraniva u zrnu je agronomska biofortifikacija gdje se gnojidbom povećava njihova koncentracija u usjevima. Kratkoročno, vrlo je efikasna i učinkovita metoda, no u zemljama sa izrazitim nedostatkom ovih elemenata u tlu, potrebno je uzeti u obzir i druge metode. Učinkovitiji način je genetska biofortifikacija, oplemenjivanje s ciljem stvaranja genotipova s visokim sadržajem mikrohraniva u zrnu te njihovom visokom apsorpcijom u organizam čovijeka. S

ekološkog gledišta, kao najodrživije i najisplativije riješenje smatra se oplemenjivanje i uzgoj genotipova bogatih mikrohranivima u kombinaciji sa odgovarajućom agronomskom praksom (Khoshgoftarmanesh i sur., 2010.).

Zhao i sur. (2009.) navode da je cilj biofortifikacijom postići 60 i 40 mg kg^{-1} Fe i Zn u zrnu pšenice, a ciljana koncentracija Zn prema Harvest Plus programu je 28 mg kg^{-1} kod polirane riže i 38 mg kg^{-1} u zrnu pšenice i kukuruza (White i Broadley, 2011., Teklić i sur., 2013.).

Fe i Zn se može aplicirati u različitim biljci pristupačnim oblicima, na različite načine i u različitim fazama rasta i razvoja. Usvajanje, akumulacija i translokacija Fe i Zn u zrno pšenice kompleksna su svojstva koja ovise o velikom broju vanjskih i unutarnjih čimbenika te njihovih interakcija.

Koncentracija Fe u zrnu može se povećati aplikacijom Fe gnojiva u obliku anorganskih spojeva i kelata. Aplikacija se može provesti prije sjetve, u tlo, i folijarno u fazi intenzivnog rasta i cvatnje (Aciksoz i sur., 2011.a). Isti autori navode da je najznačajniji anorganski oblik željeza, željezni sulfat ($FeSO_4$), dok se od kelatnih oblika preporučuje FeEDDHA, FeEDTA, FeDTPA, Fe-citrat, i FeIDHA.

Zn može biti primijenjen u obliku organskih i anorganskih spojeva. Najčešće primjenjivani anorganski oblik je cinkov sulfat ($ZnSO_4$). Moguće ga je primjenjivati u tlo i u obliku cink - oksida (ZnO), Zn-oxysulfata ($xZnSO_4$ x ZnO), cink - karbonata ($ZnCO_3$), cink - klorida ($ZnCl_2$), cink - nitrata ($Zn(NO_3)_2$ $3H_2O$), cink - fosfata ($Zn_3(PO_4)_2$). Najveća agronomska učinkovitost je veća primjenom cinka u kelatnom obliku (ZnEDTA), no zbog visoke cijene upotreba je ograničenog karaktera. Primjena cinka je moguća u tlo, na sjeme, folijarno, u tlo i folijarno, na sjeme i folijarno, no načješće korištena metoda je aplikacija cinka u tlo i folijarno (Yilmaz i sur., 1997.). Prema istom autoru alternativna metoda je sjetva sjemena tretiranog cinkovim sulfatom (1 L/10 kg sjemena u konc. 30 % $ZnSO_4$) i folijarna primjena.

Kod žitarica, u literaturi, postoje kontroverzni rezultati o učinkovitosti folijarne aplikacije Fe gnojiva u povećanju koncentracije u zrnu žitarica. Kod pšenice, folijarna aplikacija Fe poboljšava koncentraciju Fe u Kini za 28 % (Zhang i sur., 2010.) i 21 % u Iranu (Pahlavan-Rad i Pessarakli, 2009.), dok u Kanadi aplikacija Fe gnojiva nije utjecala na koncentraciju Fe u zrnu (Gupta, 1991.).

Cilj rada je utvrditi utjecaj aplikacije u tlo i folijarne aplikacije Fe i Zn na povećanje koncentracije u zrnu pšenice, na agronomska svojstva pšenice i komponente prinosa te

učinkovitost aplikacije Fe i Zn, te na povezanost agronomskih svojstava i komponenti prinosa sorti s navedenim koncentracijam i aplikacijama Fe i Zn i utvrditi učinkovitost aplikacije Fe i Zn na povećanje njihovog unosa u prehrambeni lanac.

1.1. Pregled literature

1.1.1. Količina Fe i Zn u tlima i utjecaj svojstava tla na raspoloživost

Welch i Graham (2004.) su istaknuli da su mnoga poljoprivredna tla u svijetu siromašna ili su s nedostatkom jednog ili više hraniva neophodnih za optimalni rast i razvoj usjeva, što rezultira niskim sadržajem tih hraniva u jestivim dijelovima biljke. Sadržaj mikrohraniva u hrani prema Nubè i Voortman (2006.) djelomično je određen njihovim sadržajem i raspoloživošću u tlima na kojima se uzgajaju. To je posebno problematično kod ljudi kojima su biljke, zbog siromaštva, glavni izvor esencijalnih minerala.

Tisdale i Nelson (1975.) smatraju da na koncentraciju i pristupačnost hraniva utječe vrsta tla, pH tla, temperatura, prozračnost tla, padaline, organska tvar i tekstura tla, dok Anglani (1998.) stanje tla, gnojidbu i vrstu žitarice smatra važnijim čimbenicima mineralnog sastava zrna u odnosu na utjecaj vegetacijske sezone i varijeteta. El-Fouly (1983.) navodi da je raspoloživost mikrohraniva poput Fe, Mn i Zn povezana sa pH i sadržajem $CaCO_3$, teksturom tla i obično se nedostak ovih mikrohraniva javlja u karbonatnim tlima aridnih i semiaridnih regija. Lemanceu i sur. (2009.) su naveli da uz pH, na aktivnost željeznih minerala utječu i oksido-reduktivni procesi i koncentracija helatizirajućih tvari te da su biljke sposobne mijenjati pH, redoks potencijal i koncentraciju helatizirajućih tvari u rizosferi te time utjecati na dostupnost i primanje željeza. Lindsay (1979.) je istaknuo da je pristupačnost željeza i ishranjenost biljke željezom rijetko u vezi s ukupnom količinom željeza u tlu, već ovise o topivosti.

Željezo je najrasprostranjeniji element na Zemlji kao cjelini, a četvrti najzastupljeniji element u zemljinoj kori. Tlo obično sadrži 1 – 5 % ukupnog Fe ili 22,4 do 112 tona ha^{-1} u oraničnom sloju (Lindsay, 1979., Lucena 2000., Lindsay i Schwab, 1982.)

Vukadinović i Lončarić (1998.), Vukadinović i Vukadinović (2011.) su naveli da je Fe teški metal koji se u tlu i biljkama nalazi kao dvovalentan i trovalentan kation ili u odgovarajućim spojevima. U tlu željezo potječe iz primarnih i sekundarnih minerala. Rezerve u tlu su najvećim dijelom anorganske prirode i ukupni sadržaj željeza obično je između 0,5 – 4,0 %. Sadrže ga karbonati, oksidi, silikati, sulfidi, a najznačajniji su hematit i geotit. Pristupačni oblici Fe u tlu su Fe^{2+}, Fe^{3+}, $Fe(OH)_2^+$, $FeOH^{2+}$ i porastom kiselosti i uz prisutnost fosfora nastaju vrlo teško pristupačni fosfati Fe, dok se u lužnatoj sredini Fe nalazi u obliku teško topljivih oksida. Naglasili su da kalcizacija i fosfatizacija kiselih tala može znatno smanjiti raspoloživost Fe.

Prema istim autorima, Zn je teški metal, u tlu vodi podrijetlo iz primarnih i sekundarnih minerala. Prosječan sadržaj Zn u tlu je 5 – 20 mg kg^{-1}. Biljke ga usvajaju kao Zn^{2+}, $ZnCl^{+}$, Zn – kelate, no u biljkama je uvijek Zn^{2+}. Cink se usvaja aktivno i kod njegovog usvajanja antagonistički djeluju veće količine kalcija i magnezija. Pristupačnost Zn je veća u kiselim tlima i u tim okolnostima postoji opasnost od njegovog ispiranja. Nedostatk Zn javlja se najčešće na teškim glinovitim tlima**.** Suvišak Zn se rijetko javlja i to samo na kiselim tlima, a kritična granica suviška je 200 - 500 mg kg^{-1} u suhoj tvari lišća. Kiekens (1995.) je istaknuo da pH tla određuje oblik u kojem će Zn biti u otopini tla. Kod vrijednosti ispod pH 7,7 dominira Zn^{2+}, ali iznad pH 7,7 dolazi kao $ZnOH^{+}$, dok iznad pH 9,11 dominantan je neutralni oblik $Zn(OH)_2$. Pri pH 5 aktivitet Zn^{2+} je 10^{-4} M (6,5 mg L^{-1}), ali pri pH 8 smanjuje do 10^{-10} M (0,007 μg L^{-1}).

Fe i Zn su prisutni u svim tipovima tala, no količina u kojoj su prisutni može značajno varirati ovisno o tipu tla. Maksimalno dopuštene količine Zn u tlu (Pravilnik, NN 32/10) za pjeskovito tlo 0 – 60 mg kg^{-1}, za praškasto – ilovasto tlo 60 – 150 mg kg^{-1}, za glinasto tlo 150 – 200 mg kg^{-1}. Maksimalno dopuštene količine Fe u tlu nisu propisane pravilnicima (NN 34/91, NN 32/10). Koncentracija Zn u tlu ovisi o kemijskom sastavu matičnih stijena, količini organske tvari i pH vrijednosti.

Alloway (2008.) na osnovu dostupnih podataka iz literature navodi da je prosječna koncentracija ukupnog Zn u tlu 55 mg kg^{-1}, no prema istraživanjima provedenim u osamnaest zemalja svijeta utvrđen je raspon koncentracije ukupnog Zn od 10 – 300 mg kg^{-1} s prosječnom vrijednošću od 70 mg kg^{-1} (Barak i Helmke, 1993. prema Swaine, 1955., Rebekić i Lončarić, 2014.).

Koncentracije Zn u tlu značajno variraju u ovisnosti o tipu tla te su Bertrand i sur. (2002.) identificirali ukupne koncentracije Zn 4 – 41 mg kg^{-1} u alkalnim, nekarbonatnim tlima (< 2 % $CaCO_3$) u Južnoj Australiji i 5 – 36 mg kg^{-1} u karbonatnim tlima (> 2 % $CaCO_3$) istih područja. Baize (1997.) je istaknuo medijan koncentracije Zn u tlima različite teksture u Francuskoj: pjeskovitim 17 mg kg^{-1}, muljevitim (< 20 % gline) 40 mg kg^{-1}, ilovači (20 – 30 % gline) 63,5 mg kg^{-1}, glinastom tlu (30 – 50 % gline) 98 mg kg^{-1} i vrlo glinastom tlu (> 50 % gline) 132 mg kg^{-1}, no Kabata-Pendias i sur. (1992.) su istaknuli da je koncentracija Zn na pjeskovitim tlima u Poljskoj 37 mg kg^{-1} (3 – 762), lesiviranim tlima 60 mg kg^{-1} (28 – 116) i ilovači 75 mg kg^{-1} (37 – 725) Zn, dok je u Njemačkoj prema Gorny i sur. (2000.) medijan koncentracije Zn na pjeskovitim tlima 27,3 mg kg^{-1}, ilovasto-muljevitaom 59,2 mg kg^{-1} i glinastom tlu 76,4 mg kg^{-1}. Na osnovu podataka iz literature,

Kabata-Pendias i Pendias (2001.) navode da su koncentracije pristupačnog Zn u tlu u rasponu od 4 – 270 μg L^{-1} (ppb), što je vrlo malo u odnosu na prosječnu ukupnu koncentraciju koja se kreće od 50 – 80 mg kg^{-1}(ppm).

Slične rezultate su dobili Lončarić i sur. (2010.) analizirajući 60 uzoraka obradivog tla kontinentalnog dijela Hrvatske, sadržaja humusa 1,75 % i različite kiselosti, pH_{H2O} 4,45 – 8,83 i pH_{KCl} 3,61 – 7,88. Prosječna vrijednost koncentracije ukupnog Zn je iznosila 70 mg kg^{-1}, raspoloživog Zn_{EDTA} 2,4 mg kg^{-1}. Prosječno je ukupnog Fe (ekstrahirano zlatotopkom) bilo 27,217 mg kg^{-1}, Fe raspoloživog 80,6 mg kg^{-1}. Prema Ravlić (2010.) pri pH 5,18 je bilo Zn ukupnog 62,2 mg kg^{-1}, a Zn raspoloživog 0,84 mg kg^{-1}.

Lončarić i sur. (2012.) su ispitivali ukupne i raspoložive koncentracije teških metala u tlima različite kiselosti od pH_{KCl} 5,63 do 7,37 te utjecaj svojstava tla i genotipa pšenice na njihovu koncentraciju u integralnom brašnu. Utvrdili su postojanje najveće ukupne koncentracije (ekstrahirano zlatotopkom) Fe zatim Mn, Zn, Cu i Pb, no na njihovu je raspoloživost značajno utjecala kiselost tla. Prosječan sadržaj Fe na kiselim tlima je iznosio 25,925 mg kg^{-1}, na alkalnim gotovo jednak (25,250 mg kg^{-1}), što znači da pH nema veliki utjecaj na ukupne količine Fe. Veliki utjecaj, međutim, ima na raspoloživost Fe za biljku, te je EDTA otopinom u kiselom tlu ekstrahirano prosječno 50,9 mg kg^{-1} Fe, dok je u alkalnom tlu ekstrahirano 11,4 mg kg^{-1} Fe. Ukupne koncentracije Zn su bile gotovo jednake na kiselim (78 mg kg^{-1}) i alkalnim (79 mg kg^{-1}) tlima, no raspoloživost Zn ekstarkcijom s EDTA otopinom je bila veća na kiselim (1,63 mg kg^{-1}) nego na alkalnim (1,09 mg kg^{-1} Zn) tlima. Ukupne koncentracije Mn su također bile veće na kiselim (711 mg kg^{-1}) nego na alkalnim 595 mg kg^{-1} tlima, no raspoloživost je bila gotovo jednaka na obje grupe tala (34,2 mg kg^{-1}).

Prema podatcima iz šest različitih istraživanja provedenih u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske s ukupno 617 uzoraka tla uključujući dva istraživanja šireg urbanog područja Zagreba (Romić i Romić 2003.) i Osijeka (Lončarić 2011.) te četiri istraživanja oraničnih tala kontinentalne Hrvatske, prosječne ukupne koncentracije teških metala u tlima su u opadajućem nizu: Fe (prosječno 27,000 – 32,000 mg kg^{-1}) > Mn (550 – 620) > Zn (75 – 90) > Cr (40) > Ni (30 – 50) > Cu (20 – 35) > Pb (15 – 25) > Co (12) > Cd (0,2 – 0,5).

1.1.2. Usvajanje, translokacija i akumulacija Fe i Zn

Fe i Zn se mogu u biljku usvajati direktno, preko korijena ili remobilizacijom iz lista nakon folijarne aplikacije. Korijen pomaže biljci pri usvajanju kationa izlučivanjem

spojeva niske molekularne mase koji funkcioniraju kao kelatori metala u tlu (Rebekić i Lončarić, 2014.). Ovisno o biljnoj vrsti, Marschner i Römheld (1994.) navode da su biljke razvile dva filogenetski različita mehanizma kojima povećavaju topivost, mobilizaciju i usvajanje željeza, tzv. strategiju I i strategiju II.

Strategija I (dikotiledone biljke i netravne monokotiledone biljke) zasniva se na redukciji Fe u rizosferi te u uvjetima nedostatka Fe biljke iz strategije I u rizosferu izlučuju protone (H^+), reducirajuće ili kelirajuće tvari, povećavaju kapacitet redukcije Fe^{3+} na površini korijena, te povećavaju broj i aktivnost Fe transportera u plazmamembrani stanica (Bahat i Stepinac, 2011. prema Chaney i sur.,1972.).

Kod Strategije II, travolike biljke su razvile mehanizam izlučivanja visokih koncentracija kelatizirajučih tvari iz skupine mugineinskih kiselina, takozvanih fitosiderofora. Te tvari otapaju i heliraju Fe^{3+} te stvaraju Fe^{3+}–fitosiderofor komplekse koje korijen trava prenosi specifičnim membranskim transporterom (YS1) preko membrane, bez redukcije Fe (Römheld i Marschner, 1986.). Usvajanje Fe^{3+}-fitosiderofor kompleksa odvija se pomoću specifičnih nosača u plazmamembrani stanica korijena. Za sintezu Fe^{3+} fitosiderofor transportera odgovran je gen Zm YS1 (Marschner i Römheld 1994., Bahat i Stepinac, 2011.).

Alloway (2008.) je istaknuo da se Zn iz otopine tla u korijen usvaja u obliku iona Zn^{2+} pomoću proteina koji imaju veliki afinitet za Zn. Značajnu ulogu u usvajanju Zn kod žitarica imaju ZIP proteini (Rebekić i Lončarić, 2014. prema Rengel i Graham, 1995.), no Kochian (1993.) je istaknuo da trave (*Poaceae*) mogu Zn usvajati i u obliku Zn-fitosiderofora.

Sperotto i sur. (2012.) i Borrill i sur. (2014.). su istaknuli kako se usvajanje Fe i Zn iz tla u biljku odvija na dva načina: direktno usvajanje Fe^{2+} i Zn^{2+} pomoću ZRT, IRT, odnosno ZIP (zinc/iron – regulated transporter protein) proteina ili preko fitosiderofora (PSs) kao Fe kelatnih kationa i subsekventno preko YSL transportera, a Erenogl i sur. (2011.) su istaknuli da je brzina usvajanja Zn korijenom ovisna o aktivnostima transportnih proteina koji se nalaze u plazmi membrane stanice korijena.

Koeficijentom usvajanja (PUF – plant uptake factor) opisuje se unos metala iz tla u biljku. PUF predstavlja odnos koncentracije elementa u biljnom tkivu i tlu (Zhang i sur., 2010.). Eđed (2011.) je utvrdila koeficijente usvajanja Zn od 2,62, 2,66 i 2,66 na tlu kontaminiranom s 0, 2 i 5 mg Cd kg^{-1}. Usvajanje Zn u korijen je na istoj razini neovisno o primijenjenoj razini kontaminacije Cd. Koeficijent usvajanja Fe u korijenu također se nije

mijenjao ovisno o kontaminaciji tla Cd i iznosio je 1,54, 1,53 i 1,52. Također je dokazala postojanje sortne specifičnosti prema koeficijentu usvajanja Fe i Zn korijenom.

Promet Fe iz tkiva u sjeme kroz različite vrste stanica i stanične dijelove vrlo je složen, te uključuje veliki broj transportera i kelatnih agenasa, YSL (yellow stripe 1- like), OPT (oligopeptides transporter), ZIP (zinc/iron – regulated transporter protein), NRAMP (natural resistance – associated macrophage protein), COPT (copper transporter), CCC1 (Ca^{2+} – sensitive cross complementer1) i Vit1 (vacuolar iron transporter Vit1) i IREG (ironregulated protein) (Kim i sur., 2006., Borg i sur. 2009.). Unutar floema Fe se transportira kao Fe^{3+} ion vezan za transportni protein (ITP) (Kruger i sur., 2002., Borg i sur., 2009.), dok se Fe^{2+} transportira vezan za nikotianamin (Stephan i Scholz, 1993., Borg i sur., 2009.) ili kao muginska kiselina.

Najnoviji podatci pokazuju da opskrbljenost biljke N ima pozitivne učinke na usvajanje putem korijena i transport kroz vlati, retranslokaciju iz vegetativnih tkiva u sjeme i alokaciju Fe i Zn u sjeme (Aciksoz i sur., 2011.a, Kutman i sur., 2010., Erenoglu i sur. 2011., Velu i sur., 2013.). Aciksoz i sur. (2011.a) su također zaključili kako povećanje opskrbe N u određenoj fazi rasta i razvoja pšenice, značajno poboljšava transport i koncentraciju Fe i Zn u zrnu. Remobilizacija iz vegetativnih tkiva i translokacija u sjeme N i Fe (kao i Zn) održavaju se sličnim genetskim mehanizmima što rezultira pozitivnom korelacijom u koncentraciji Fe i N. Kutman i sur. (2011.) su istaknuli da kod visoke opskrbe pšenice sa N, oko 60 % usvojenog Fe u biljne organe se alocira u sjeme, dok se u slučaju niske opskrbljenosti alocira oko 38 %.

Li i sur. (2013.) su ispitivali utjecaj gnojidbe N u tlo (0, 120 i 240 kg ha^{-1} N) i folijarne aplikacije Zn u različitim fazama rasta (vlatanje, cvatnja, rano i kasno nalijevanje zrna) na translokaciju i učinkovitost iskorištenja Zn na tlima deficitarnim Zn. Dokazali su da folijarna primjena Zn u ranim fazama nalijevanja zrna značajno povećava koncentraciju Zn u zrnu (82 % u odnosu na kontrolu) i povećava iskoristivost (utilization efficiency) Zn (49 % u odnosu na vlatanje). Visoka opskrba N značajno je povećavala koncentraciju Zn i unos u zrno i slamu, ali ima mali utjecaj na efikasnost iskorištenja Zn. Zaključili su da folijarna aplikacija Zn u ranoj fazi nalijevanja zrna dovodi do retranslokacije Zn iz vegetativnih tkiva u zrno što rezultira većim koncentracijama Zn u zrnu.

Borg i sur. (2009.) su zaključili kako je tijekom nalijevanja zrna, transport mikrohraniva do zrna osiguran kroz ksilem od korijena i floemom ka zrnu. Primarni put mikrohraniva do zrna je floem kojim se remobilizirana hraniva iz skladišnih rezervi lista i

stabljike transportiraju u zrno, no Miller i sur. (1993.) navode kako je Fe srednje mobilno unutar floema, manje od 20 % Fe iz biljnih tkiva se mobilizira u zrno.

Pearson i Rengel (1994.) su istraživali mobilizacija Zn i Mn i distribuciju kod pšenice i zaključili kako je mobilizacija iz vegetativnih organa u zrno značajan izvor mikrohranjiva, no malo se zna o mehanizmima koji ju reguliraju. Kod pšenice Zn se u značajnoj mjeri mobilizira iz starijeg lišća u fazi formiranja zrna, pogotovo iz lista zastavičara u zrno.

Borrill i sur. (2014.) su istaknuli da se kod pšenice, najveći dio Fe i Zn nalazi u aleuronskom sloju koji se izgubi tijekom mljevenja. Dodatno otežava što u ovim tkivima dolazi vezan sa fitatom što ga čini slabo raspoloživim za čovjeka. Opskrba biljke N pozitivno utječe na aktivnost Fe i Zn transportnih proteina i razinu Fe i Zn kompleksnih transportnih tvari aminokiselina i nikotinamina (Cakmak i sur., 2010.a, b, Velu i sur., 2013.). Kod visoke opskrbe biljke dušikom oko 60 % usvojenog Fe je alocirano u sjeme, dok je u slučaju niske opskrbe N alocirano oko 38 % (Kutman i sur., 2011.).

Ozturk i sur. (2006.), Cakmak (2008.), Šramkova i sur. (2009.) su naveli kako se većina Zn u zrnu nalazi u embriju i aleuronskom sloju (150 mg kg^{-1}), dok je u endospermu vrlo niska koncentracija Zn, samo 15 mg kg^{-1}.

Ozturk i sur. (2009.) su istaknuli da pšenice bogate proteinom sadrže veću količinu Fe (71 mg kg^{-1}) i Zn (57 mg kg^{-1}), u odnosu na pšenice sa manjim sadržajem proteina (Fe 36 mg kg^{-1} i Zn 30 mg kg^{-1}).

McLaughlin i sur. (1999.) su istaknuli kako sklonost biljka da akumuliraju i translociraju Fe i Zn u jestive i žetvom ubrane dijelove u velikoj mjeri ovisi o tlu i klimatskim čimbenicima, genotipu biljke i agrotehnici. U procesu usvajanja Fe iz tla često se javlja kompeticija s ostalim kationima, kao što su Mn, Cu, Ca, Mg, Zn i Cr, a kod viših pH vrijednosti i Ca^{2+} i fosfati (Vukadinović, Vukadinović, 2011.).

1.1.3. Biofortifikacija pšenice sa Fe i Zn

Biofortifikacija je obogaćivanje žitarica i mahunarki deficitarnim hranivima. Može se postići na dva načina, oplemenjivanjem (genetskom biofortifikaciom) ili primjenom gnojiva na sjeme, tlo i folijarno (agronomskom biofortificatifikacijom), pri čemu se povećava unos deficitarnih hraniva u biljku i njihovo premještanje i akumulacija u sjeme.

Yilmaz i sur. (1997.) su istaknuli da gnojidba cinkom može povećati koncentraciju Zn u zrnu 3 do 4 puta te je primjena cinka moguća u tlo, na sjeme, folijarno, u tlo i folijarno, na sjeme i folijarno, no najčešće korištena metoda je aplikacija cinka u tlo i folijarno. Prema istom autoru alternativna metoda je sjetva sjemena tretiranog cinkovim sulfatom (1 L/10 kg sjemena u koncentraciji 30 % $ZnSO_4$) i folijarna primjena. Savithri i sur. (1999.) su također istaknuli da je gnojidba Zn gnojivima u posljednje vrijeme vrlo zastupljeni način za ublažavanje nedostatka Zn u usjevima. Zn gnojivo se može dodavati izravno u tlo prije sjetve, namakati sjeme prije sjetve ili dodavati folijarno tijekom vegetacije, no budući da se Zn brzo imobilizira u tlu, folijarna primjena Zn je najučinkovitiji način za povećanje koncentracije Zn u zrnu.

Cakmak (2007.) smatra oblaganje sjemena i folijarnau primjenu cinka u fazi mliječne zriobe (Zadoks 70) najprikladnijim metodama za povećanje koncentracije Zn u zrnu. Folijarnom primjenom cink sulfata prije i poslije oplodnje moguće je postići koncentraciju Zn u zrnu do 60 mg kg^{-1}. Abdoli i sur. (2014.) su također dokazali da folijarna aplikacija Zn kao $ZnSO_4$ u fenološkoj fazi vlatanja i rane mliječne zriobe (Zadoks 37 i 71) značajnije utječe na prinos, komponente prinosa i koncentraciju Zn u zrnu pšenice u odnosu na aplikaciju Zn samo u vlatanju (Zadoks 37) i kontrolu. U fenološkoj fazi vlatanja i rane mliječne zriobe povećava se prinos zrna za 83 %, u odnosu na kontrolu, biološki prinos za 104 %. Ozturku i sur. (2006.) također smatraju da se najveća koncentracija Zn u zrnu postiže aplikacijom tijekom mliječne zriobe. Primjena Zn u tlo ima malu učinkovitost na povećanje Zn u zrnu pšenice, dok folijarna aplikacija rezultira značajnim povećanjem (Yilmaz i sur., 1997.). Cakmak i sur. (2010.) su zaključili kako je najbolja metoda za povećanje Zn u zrnu pšenice kombinirana metoda aplikacije u tlo i folijarno i može dovesti do trostrukog povećanja koncentracije Zn u zrnu.

Vrijeme aplikacije i koncentracija otopine za folijarnu aplikaciju Zn mogu značajno utjecati na povećanje Zn u zrnu (Cakmak i sur., 2010.b, Zhang i sur., 2010.). Zhang i sur. (2010.) su istaknuli da primjena Zn u fazi razvoja zrna doprinosi povećanju koncentracije Zn u zrnu pšenice, a folijarnom primjenom, prema Haslet i sur. (2001.) Zn se apsorbira

preko epiderme lista, a zatim transportira u druge dijelove biljke putem ksilema i floema. Velu i sur. (2013.) su istaknuli da je folijarna primjena Zn tijekom reproduktivnog rasta učinkovitija za povećanje koncentracije Zn u zrnu nego primjena u ranijim fazama rasta, jer, prema istom autoru, folijarnom aplikacijom, osim što se koncentracija Zn povećava u cijelom zrnu, povećava se u škrobnom endospermu i do 3 puta.

Cakmak (2008.) je dokazao da je agronomska učinkovitost veća primjenom cinka u kelatnom obliku (ZnEDTA), no zbog visoke cijene korištenje je ograničenog karaktera. Cinkov sulfat ($ZnSO_4$) je najčešće korišteni anorganski izvor Zn zbog svoje visoke topljivosti i niske cijene te je istaknuo kako se veliko povećanje sadržaja Zn u zrnu može postići kada se folijarna gnojidba cinkom primjenjuje u kasnoj fazi rasta.

Rengel i sur. (1999.) su istaknuli da je aplikacija Zn u tlo korisna metoda biofortifikacije, no Ascher i sur. (1994.) ističu folijarnu primjenu $ZnSO_4$ u kasnijim fazama vegetacije pšenice. Za razliku od Zn, primjena anorganskog oblika Fe u tlo na Fe siromašnim tlima je obično neučinkovita zbog brzog prelaska Fe u biljci nepristupačan Fe (III) oblik. Nasuprot tome primjena sintetičkog Fe kelata je vrlo učinkovita, ali skupa (Wallace i Wallace, 1982., Rengel i sur., 1999.).

Aciksoz i sur. (2011.) su dokazali kako se koncentracija Fe u zrnu može povećati aplikacijom Fe gnojiva u obliku anorganskih spojeva i kelata. Aplikacija se može provesti prije sjetve u tlo, i folijarno u fazi intenzivnog rasta i cvatnje. Isti autor navodi da je najznačajniji anorganski oblik željeza željezni sulfat ($FeSO_4$), dok se od kelatnih oblika preporučuje FeEDDHA, FeEDTA, FeDTPA, Fe-citrat, i FeIDHA.

Rawashdeh i Florin (2015.) su prema raspoloživim podatcima iz literature istaknuli da je aplikacija Fe u tlo ili folijarno, samog ili u kombinaciji sa drugim mikroelementima, značajna za povećanje visine biljke, prinosa i kvalitete zrna te komponenti prinosa. Također su zaključili da je aplikacija Fe folijarno ili u tlo značajna metoda za obogaćivanje zrna pšenice Fe.

Habib (2009.) je poljskim pokusom na alkalnom glinasto ilovastom tlu dokazao da folijarna aplikacija Fe i Zn u fazi vlatanja i klasanja povećava prinos zrna i komponente prinosa u odnosu na kontrolu.

Rawashdeh i Sala (2014.) su ispitivali utjecaj folijarne aplikacije Fe u različitim fenološkim fazama, na glinastim, humoznim, slabo kiselim tlima (pH 6,73), dobro opskrbljenim raspoloživim Fe (25,30 mg kg^{-1}), na neka svojstva pšenice. Dokazali su da folijarna aplikacija Fe (1000 mg L^{-1}, kao FeDTPA) kombinirano u ranoj fazi busanja

(Feekes GS 2) i pojave zastavice (Feekes GS 9) najviše utječe na povećanje visine biljke (12 %), broj biljaka m^{-2} (12,5 %), površinu lista zastavičara (37 %) i sadržaj klorofila u listu zastavičaru u odnosu na kontrolu. Slijedi utjecaj aplikacije u vrijeme pojave zastavice (Feekes GS 9), a najmanji utjecaj ima aplikacija u vrijeme busanja (Feekes GS 2) u odnosu na kontrolu.

Ali (2012.) je ispitivao utjecaj folijarne aplikacije, doze (200, 400, 600 mg kg^{-1} Fe) i vremena primjene Fe u različitim fenološkim fazama rasta po Zadoksu (Zadoks Growth Stage (ZGS 21, ZGS 31, ZGS 55, ZGS 73) kod 3 sorte pšenice na prinos zrna, visinu biljke, duljinu klasa, masu 1000 zrna, masu zrna po klasu i sadržaj proteina na pjeskovitom blago kiselom tlu (pH 7,8). Rezultati su pokazali da je folijarnom aplikacijom 600 mg kg^{-1} Fe u fenološkoj fazi početka vlatanja (ZGS 31) postignut najveći pozitivan utjecaj na prinos, visinu biljke, duljinu klasa, masu 1000 zrna, masu zrna po klasu, no folijarna aplikacija Fe u fenološkoj fazi sredine klasanja (ZGS 55), kod aplikacije 400 i 600 mg kg^{-1} Fe je imala najveći utjecaj na sadržaj proteina u zrnu.

Havlin i sur. (1999.) su istakli da je folijarna aplikacija mikrohraniva u prednosti u odnosu na aplikaciju u tlo zbog specifičnih uvjeta u tlu, mogućnosti ispiranja hraniva ili vezanja sa drugim spojevima. Folijarna primjena Fe poboljšava prinos i kvalitetu sjemena pšenice u usporedbi s kontrolom (Maralian, 2009., El-Magid i sur., 2000., Ali, 2012.)

Agronomska biofortifikacija predstavlja povećanje koncentracije Fe poljoprivrednim metodama. Zastupljena je metoda za smanjenje problema nedostatka Fe kod ljudi (Pfeiffer i McClafferty, 2007., Borg i sur., 2009., Çakmak i sur., 2010., Aciksoz i sur., 2011., Aciksoz i sur., 2014., Rawashdeh i Florin, 2015.). Učinkovitost anorganskih i kelirani oblika Fe gnojiva ($FeSO_4$, FeEDTA, FeDTPA, FeEDDHA, Fe-citrata) u prevladavanju nedostatka Fe je vrlo različito, a ovisno o topivosti Fe, stabilnosti, sposobnosti prodiranja kroz kutikulu lista, mobilnosti i translokacija u lisno tkivo (Fernandez i sur., 2009., Rawashdeh i Florin, 2015.). Folijarna aplikacija rezultira brzom apsorpcijom mikrohraniva u epidermu lista biljke i njihovom brzom dostupnošću ksilemom i floemom do svih dijelova biljke (Hasslett i sur., 2001., Rawashdeh i Florin, 2015.).

1.1.4. Utjecaj fortifikacije Fe i Zn na sadržaj promotora i antinutritijenata u zrnu

Cakmak i sur. (2004.) je istaknuo da žitarice predstavljaju veliki izvor minerala i proteina u zemljama u razvoju, pa npr. u zemljama srednje i zapadne Azije, pšenica

osigurava prosječno 50 % dnevnog unosa kalorija, no taj postotak je u ruralnim sredinama i viši od 70 %.

Moussavi-Nik, S. M., Kiani, Z. (2012.) su zaključili na osnovu provedenih pokusa, da folijarna aplikacija Fe, Zn i Mn (u obliku sulfata) i njihovih kombinacija u fazi klasanja i oplodnje, ima značajan utjecaj na sadržaj proteina u zrnu, sadržaj Fe, Zn i Mn u stabljici i koncentraciji Fe, Zn i Mn u zrnu te da postoji sortna specifičnost prema sadržaju proteina. Najveći sadržaj proteina je ostvaren kod aplikacije $ZnSO_4$ (15,2 %), slijedi $FeSO_4$ i $MnSO_4$ u odnosu na kontrolu (10 %). Kombinacija Fe+Zn+Mn i Fe+Mn nisu značajno utjecale na visinu proteina (10 % i 11 %).

Xu i sur. (2010.) su na osnovu podataka iz dostupne literature istaknuli postojanje pozitivne korelacije između koncentracije Fe i Zn u zrnu pšenice i koncentracije proteina. Welch i Graham (2004.) su istaknuli da koncentracija Fe, Zn i proteina u zrnu imaju istu genetsku osnovu te se mogu kombinirati i istovremeno poboljšavati strategijama oplemenjivanja. Distelfeld i sur. (2007.) su istknuli da je gen Gpc-B1 značajan za visoku koncentraciju proteina u zrnu, ali i učinkovit u povećanju koncentracije Fe i Zn.

Ali (2012.) je dokazao značajan utjecaj vremena primjene Fe i količine dodanog Fe ($FeSO_4$) na sadržaj proteina u zrnu različitih sorata pšenice, uzgojenih na pjeskovitom blago alkalnom tlu, pH 7,8. Najveći sadržaj proteina 15,5 % i 14,7% ostvaren je nakon folijarne aplikacije 400 i 600 mg kg^{-1} Fe u fenološkoj fazi sredine klasanja (ZGS 55) sorte V3 (Karim) u obje godine ispitivanja. Sorta V2 je imala sadržaj proteina 14,2 % , 13,9 % nakon folijarne aplikacije 400 i 600 mg kg^{-1} u ZGS 73 (ranoj mliječnoj zriobi) te nakon aplikacije 200 mg kg^{-1} Fe u ZGS 55. Sorta V1 je također imala najveći sadržaj proteina kod maksimalne doze Fe u fenološkoj fazi sredine klasanja. Najmanji sadržaj proteina postignut je nakon aplikacije Fe u fenološkoj fazi početka busanja (ZGS 21 i ZGS 31) i početka vlatanja uz minimalnu količinu apliciranog Fe (200 mg kg^{-1}).

Yang i sur. (2011.) su dokazali da folijarna aplikacija Zn nije imala značajan utjecaj na koncentraciju proteina u zrnu te da nije bilo značajne korelacije između koncentracije Zn i proteina u zrnu pšenice ($r = 0,0346$, $P > 0,05$), no gnojidba dušikom povećava koncentraciju proteina u zrnu. Isti autori su također dokazali postojanje značajne negativne korelacije ($r = - 0,5525$, $P < 0,0001$) između koncentracije fitinske kiseline i koncentracije proteina u zrnu pšenice, no Raboy i sur. (1991.) su izvijestili o pozitivnoj korelaciji između koncentracije fitinske kiseline i koncentracije proteina u zrnu pšenice.

Raspoloživost Fe i Zn u hrani od žitarica je mala 5 do 25 % (Bouis i Welch, 2010., Xu i sur., 2010.) jer zrno žitarica sadrži različite inhibitore kao fitinsku kiselinu i tanine (Guttieri i sur., 2006., Xu i sur., 2010.) koji smanjuju njihovu bioraspoloživost. Fitati su kompleksi fitinske kiseline i minerala. Smanjuju bioraspoloživost mikrohraniva, posebno Fe i Zn i izazivaju mnoge zdravstvene probleme kod ljudi kojima je glavna hrana na bazi žitarica i leguminoza (Liu i sur., 2006., Xu i sur., 2010.). Bassiri i Nahapetian (1979.), Singh i Reddy (1977.), Tavajjoh i sur. (2011.) su istaknuli postojanje sortne specifičnosti prema sadržaju fitinske kiseline kod pšenice.

Koncentracija fitinske kiseline u zrnu pšenice kreće se od 7 do 12 mg g^{-1} kod gnojidbe Zn, no bez gnojidbe je koncentracija 8 do 13 mg g^{-1} (Erdal i sur., 2002., Xu i sur., 2010.). Koncentracija Zn je u korelaciji sa sadržajem fitata ($r = 0,37$, $P < 0,01$) i aktivnosti fitaze ($r = 0,28$, $P < 0,01$), dok koncentracija Fe nije u korelaciji sa fitatom i aktivnosti fitaze (Liu i sur., 2006.).

Yang i sur. (2011.) su dokazali da postoji značajna negativna korelacija između koncentracije Zn i koncentracije fitinske kiseline u zrnu pšenice ($r = - 0,2830$, $P < 0,0001$) te između koncentracije fitinske kiseline i koncentracije proteina u zrnu pšenice ($r = -0,5525$, $P < 0,0001$). Koncentracija fitinske kiseline prosječno je iznosila 8,13 g kg^{-1} u negnojenoj parceli (Zn0), a kod folijarne aplikacije Zn (Zn1, 25 kg ha^{-1}Zn) 7,01 g kg-1. Također su zaključili da aplikacija N gnojiva u tlo značajno smanjuje koncentraciju fitinske kiseline. Prosječna koncentracija fitinske kiseline u tretmanu N1(120 kg ha^{-1}N) 6,86 g kg^{-1}, i tretmanu N2 (250 kg ha^{-1}N) 6,14g kg^{-1}, bila manja u odnosu na tretman N0 (bez gnojidbe) 8,04 g kg^{-1}. Vrijeme folijarne aplikacije nema uvijek značajan utjecaj na smanjenje koncentracije fitinske kiseline u zrnu. Prema Erdal i sur. (2002.) aplikacija Zn u tlo na tlima siromašnim Zn, također smanjuje koncentraciju fitinske kiseline (20 ispitanih sorata pšenice) sa prosječnih 10,7 g kg^{-1} u negnojenoj parceli na 9,1 g kg^{-1} kod aplikacije Zn u tlo. Prema Kholdebarin i Esslamzadeh (2001.), Tavajjoh i sur.(2011.) sadržaj fitinske kiseline je najniži u ranim fazama rasta, a rapidno se povećava sintezom škroba. Više od 90% fitinske kiseline nalazi se u aleuronskom sloju pšenice tako da brašno od cijelovitog zrna pšenice sadrži visoku količinu fitinske kiseline (Erdal i sur., 1998.a, Tavajjoh i sur., 2011.). Febles i sur. (2002.) su istaknuli da je koncentracija fitinske kiseline u (in infant flour) brašnu žitarica <1 do >36 mg g^{-1}, najčešće > 20 mg g^{-1}.

Yang i sur. (2011.) su prema (Wise, 1995, Grüner i sur., 1996.) istaknuli da molarni omjer fitinske kiseline i Zn predstavlja zajednički indeks za determiniranje raspoloživosti

Zn u hrani, a prema Gibson i sur. (1997.), kritična vrijednost molarnog odnosa fitinske kiseline i Zn se nalazi između 10 i 20. Kada je molarni omjer < 10, fitinska kiselina ima mali utjecaj na usvajanje Zn u ljudski organizam, no ako je molarni omjer veći od 15, apsorpcija Zn je inhibirana u ljudski organizam, no Tavajjoh i sur. (2011.) prema Gibson i sur. (1997.) su istaknuli da je molarni omjer fitinske kiseline i Zn, 12 i veći uzrok smanjene apsorpcije Zn. Yang i sur. (2011.) su dokazali da folijarna aplikacija Zn smanjuje molarni omjer fitinske kiseline i Zn neovisno o vremenu primjene i gnojidbi N gnojivima. Molarni omjer fitinske kiseline i Zn u negnojenoj parceli (Zn0) prosječno je iznosio 26,4, a kod folijarnog tretmana Zn (Zn1) 13,7. Vrijeme folijarne aplikacije Zn također značajno utječe na molarni omjer fitinske kiseline i Zn i najmanji je kada se folijarna aplikacija obavlja u ranoj fazi nalijevanja zrna (11,7), najveći u vlatanju (15,0). Aplikacija N u tlo smanjuje molarni omjer za 0,70 do 0,94 puta u tretmanu N1(120 kg ha^{-1}N) i N2 (240 kg ha^{-1}N) u odnosu na tretman N0 (bez gnojidbe N). Tavajjoh i sur. (2011.) su dokazali značajnu pozitivnu korelaciju ($P < 0,01$) između molarnog omjera fitinske kiseline i Zn (PA/Zn) i omjera fosfora i cinka (P/Zn), dok je negativna korelacija između omjera PA/Zn i koncentracije Zn.

Erdal i sur. (2002.) su dokazali da na Zn siromašnom karbonatnom tlu gnojidba Zn (23 kg ha^{-1} Zn) smanjuje koncentraciju P (s 3,9 na 3,5 mg g^{-1}) i fitinske kiseline (10.7 do 9.1 mg g^{-1}) u sjemenu različitih kultivara pšenice. Dokazali su da bez obzira na gnojidbu Zn, koncentracija fitinske kiseline u sjemenu pokazuje velike genotipske varijacije, tj od 7 do 12 mg g^{-1} s gnojidbom Zn i 8 do 13 mg g^{-1} bez gnojidbe Zn. Također su dokazali da se nakon aplikacije Zn i smanjenjenja koncentracije fitinske kiseline, povećava koncentracija Zn u zrnu, a smanjuje molarni omjer fitinske kiseline i Zn, u prosjeku sa 126 na 56. Zaključili su da s obzirom na vrlo visoki molarni omjer fitinske kiseline:Zn, bioraspoloživost Zn je vrlo niska za ljude.

Xu i sur. (2010.) su istaknuli da u zrnu žitarica također postoje i promotori (npr, vitamin C, pro-vitamina A, hemoglobin i razne organske i aminokiseline) koji mogu potaknuti apsorpciju mikrohraniva. Količine inhibitora i promotora ovisi o genetskim i okolišnim čimbenicima (Welch i Graham, 2004., White i Broadley, 2005., Xu i sur., 2010.). Jačanjem promotora i smanjenjem inhibitora može poboljšati bioraspoloživost mikrohraniva (Welch i Graham, 2004., Xu i sur., 2010.), no oplemenjivači bi trebali biti oprezni zbog moguće negativne posljedice promjene inhibitora jer fitati i drugi inhibitori imaju važnu ulogu u metabolizmu biljke i hrani za čovijeka.

1.1.5. Utjecaj biofortifikacije pšenice Fe i Zn na koncentraciju Fe i Zn u zrnu pšenice

Aciksoz i sur. (2011.) su prema Pfeiffer i McClafferty (2007.), Borg i sur. (2009.), Cakmak i sur. (2010.a) istaknuli da je biofortifikacija ili obogaćivanje usjeva Fe poljoprivrednim metodama značajan pristup za prevenciju zdravstvenih tegoba kod ljudi uzrokovanih nedostatkom Fe. Aciksoz i sur. (2011.) su prema Yilmaz i sur. (1998.), Cakmak i sur. (2010b)., Zhang i sur. (2010.) istaknuli da je aplikacija Zn u tlo, a posebno folijarna aplikacija Zn gnojiva značajna metoda za povećanje koncentracije Zn u zrnu žitarica, no prema Rengel i sur. (1999.) i Cakmaku (2008.), aplikacija Fe u tlo i/ili folijarno je manje učinkovita metoda u obogaćivanju zrna žitarica Fe zbog slabe mobilnosti Fe u floemu i brzog prelaska Fe u nepristupačan oblik, posebno kod primjene na karbonatnim tlima.

Prema dostupnoj literaturui Aciksoz i sur. (2011.) navode da postoje kontroverzni rezultati o učinkovitosti folijarnih Fe gnojiva u poboljšanju koncentracije Fe u zrnu žitarica. Folijarna primjena $FeSO_4$ kod pšenice poboljšava koncentraciju Fe u zrnu za 28% u Kini (Zhang i sur. 2010.), 21% u Iranu (Pahlavan – Rad i Pessarakli, 2009.), dok u Kanadi, folijarna aplikacija Fe gnojivom nije utjecala na koncentraciju Fe (Gupta, 1991.). Aciksoz i sur. (2011.), istaknuli su gnojidba N predstavlja važanu agronomsku prakse u povećanju koncentracije Fe u zrna. Zbog toga, opskrbljenost biljke N zaslužuje posebnu pažnju u biofortifikaciji usjeva s Fe.

Aciksoz i sur. (2011.), prema rezultatima pokusa provedenim na glinasto - ilovastom karbonatnom, alkalnom tlu (pH 8) dokazali su da folijarni tretman Fe u obliku FeEDTA i $FeSO_4$, ima mali pozitivan utjecaj na koncentraciju Fe u zrnu (27 mg kg^{-1} i 30 mg kg^{-1}) u odnosu na kontrolu (25 mg kg^{-1}) no, folijarna aplikacija Fe uz podizanjem razine N u tlu, od niske do visoke (75, 250, 500 mg kg^{-1}N), značajno povećava koncentraciju Fe u zrnu pšenice (oko 38%), a naročito Zn (104%). Zaključili su da primjena uree sa folijarnom aplikacijom organskim i anorganskim oblicima Fe gnojiva ima pozitivan utjecaj na koncentracije Fe u zrnu. Primjena $FeSO_4$ gnojiva sa 1% ureom dovodi do povećanja koncentracije Fe u zrnu sa 38 mg kg^{-1} na 43mg kg^{-1}, FeEDTA sa 38 mg kg^{-1} na 42 mg kg^{-1}, FeEDDHA sa 35 mg kg^{-1} na 39 mg kg^{-1} , dok je primjena Fe Citrata sa ureom imala porast samo sa 36 mg kg^{-1} na 37 mg kg^{-1}.

Gupta (1991.) je istaknuo da je aplikacija Fe u tlo na kiselim tlima neučinkovita metoda za povećanje Fe u biljci, jer je Fe teško dostupno biljkama, no prema Browwn (1986.), dodavanjem fenolnih spojeva u tlo potiče se njegova molbilizacija. Također je

istaknuo da je pri pH 4,5 - 6,9 raspoloživost Fe mala, te da bi Fe bilo dostupno, kiselost tla bi trebala biti minimalno pH 6,9. Gupta (1991.) je na kiselim tlima (pH 6) ispitivao utjecaj različitih doza, oblika Fe gnojiva ($FeSO_4$ x $7H_2O_2$, Fe kelat) i metoda (u tlo i folijarno), na koncentraciju Fe u vegetativnim dijelovima i zrnu ječma i zobi. Zaključio je da je aplikacija Fe u tlo slabo utjecala na koncentraciju Fe u tkivima ječma, dok je folijarna aplikacija značajno povećala koncentraciju u tkivima ovisno o lokaciji i godini (sa 43 mg kg^{-1} i 59 mg kg^{-1} u kontroli, na 77 mgkg^{-1} i 121 mg kg^{-1} nakon folijarne aplikacije 1 kg ha^{-1}Zn). Aplikacija Fe u tlo kod zobi je imala čak i negativan utjecaj na koncentraciju Fe u tkivima, dok je folijarna aplikacija Fe imala blagi učinak, ovisno o lokaciji i godini. Lokacija, godina i aplikacije Fe u tlo i folijarno nisu imale značajni učinak na koncentraciju Fe u zrnu zobi. Kod ječma niti jedna aplikacija nije povećala koncentraciju Fe u zrnu, no čak i tamo gdje je došlo do sinjifikantnosti, amplituda povećanja je bila mala.

Cakmak (2008.), Cakmak i sur. (2010.b) su istaknuli da kod pšenice folijarna aplikacija Zn povećava koncentraciju Zn u zrnu dva do tri puta, ovisno o raspoloživosti Zn u tlu, dok prema Zhang i sur. (2010.) nakon folijarne aplikacije $FeSO_4$ ili Fe kelata povećanje koncentracije Fe u zrnu ne prelazi 36 %, no Gupta, (1991.) je dokazao da folijarna aplikacija nije utjecala na povećanje koncentracije Fe u zrnu nekih biljaka. Cakmak i sur. (2010.b), Kutman i sur. (2010.), Shi i sur. (2010.), Aciksoz i sur. (2011.) su istaknuli da aplikacija N u tlo i folijarno značajno povećava koncentraciju Fe u vlatima i zrnu.

Rengel i sur. (1999.) su naveli da je prosječna koncentracija Zn u zrnu pšenice u različitim zemljama 20 do 35 mg kg^{-1}. Koncentracija Zn u zrnu trebala bi se povećati za najmanje 10 mg kg^{-1}, u odnosu na kontrolu, da bi imala mjerljivi, biološki utjecaj na zdravlje ljudi (Graham i sur. (2007.), Cakmak i sur. (2010b.), Zou i sur. (2012.). Zou i sur. (2012.) su dokazali da folijarna aplikacija utjeće na povećanje Zn u zrnu i više od 10 mg kg^{-1}, kombiniranom aplikacijom, u tlo i folijarno, postiže se 20 mg kg^{-1} i više Zn u zrnu, no aplikacija Zn u tlo nije učinkovita u značajnijem povećanju koncentracije Zn u zrnu pšenice.

Dokazano je da se primjenom Zn gnojiva poboljšava ne samo produktivnost, nego i koncentraciju Zn u zrnu žitarica. Ovisno o obliku, uvjetima tla i primjeni, Zn gnojiva mogu povećati koncentraciju Zn u zrnu i do četiri puta (Bansal i sur., 1990., Gill i sur., 1994., Yilmaz i sur., 1997., Habib, 2012.). Najučinkovitiji način za povećanje Zn u zrnu je kombinirana metoda tlo + folijarna primjena Zn koja je uvjetovala 3,5 puta povećanje

koncentracije zrna Zn. Najveći porast prinosa zrna dobiven je metodom aplikacije u tlo, tlo + folijarno i sjeme + folijarna primjena (Yilmaz i sur., 1997., Habib, 2012.).

Yang i sur. (2011.) su dokazali da folijarna aplikacija Zn (2,5 kg $ZnSO_4$ x $2H_2O$) u ranoj mliječnoj zriobi značajno povećava koncentraciju Zn u zrnu, 57,2 mg kg^{-1} u odnosu na kontrolu 31,0 mg kg^{-1}. Također su dokazali da aplikacija N povećava koncentraciju Zn u zrnu, no povećanje nije uvijek statistički značajno. U praktičnoj poljoprivredi je poznato da je usvajanje Zn preko lista bolje kada se Zn gnojivo pomiješa s ureom (Mortvedt i Gilkes, 1993.).

Habib (2009.) je dokazao da folijarna aplikacija Fe (kao Fe_2O_3) i Zn ($ZnSo_4$) uz dodatak 150 $kgha^{-1}$ uree, na karbonatnim tlima, značajno povećava koncentraciju Zn (50,9 mg kg^{-1}, u odnosu na kontrolu 12,17 mg kg^{-1} i Fe (146,7 mg kg^{-1}, u odnosu na kontrolu 84,93 mg kg^{-1}) dok se folijarnom primjenom kombinacije Fe i Zn značajno povećava prinos pšenice. Folijarnom aplikacijom Zn i Fe u obliku kelata i njihovih kombinacija na glinasto - ilovastim, karbonatnim tlima (pH 7,91) uz dodatak uree (60 g/20 L vode), Habib (2012.) je također dokazao povećanje koncentracije Fe u zrnu pšenice (138,9 mg kg^{-1} u odnosu na kontrolu 87,45 mg kg^{-1}) i Zn (29,57 mg kg^{-1} u odnosu na kontrolu 14,31 mg kg^{-1}).

Narwal i sur. (2010.) dokazali su da aplikacijom u tlo i folijarno Fe, Zn i Mg kao $FeSO_4$, $ZnSO_4$, $MnSO_4$ na blago alkalnom tlu pH 7,2 (Fe_{DTPA} 17,55 mg kg^{-1}, Zn_{DTPA} 1,60 mg kg^{-1}, Mn_{DTPA} 3,50 mg kg^{-1}) dolazi do značajnog povećanja koncentracije Fe, Zn i Mn u zrnu i slami. Aplikacijom u tlo 25 kg $ZnSO_4$ koncentracija Zn u zrnu se povećava na 37,9 mg kg^{-1} u odnosu na kontrolu (32,2 mg kg^{-1}), no folijarnom aplikacijom 0,5% $ZnSO_4$ povećava se na 47,2 mg kg^{-1}. Folijarna aplikacija Fe i Mn je bolja opcija u odnosu na aplikaciju u tlo jer u tlu Fe^{2+} i Mn^{2+} zbog oksidacije brzo prelaze u nepristupačan Fe^{3+} i Mn^{4+}. Aplikacijom $FeSO_4$ u tlo koncentracija Fe povećava se na 49,2 mg kg^{-1} u odnosu na kontrolu (34,4 mg kg^{-1}), no folijarnom aplikacijom 1% $FeSO_4$ koncentracija Fe u zrnu se povećava na 63,9 mg kg^{-1}.

Ozuturk i sur. (2006.) su ispitivali koncentraciju Zn u zrnu tijekom reproduktivne faze i utvrdili da se najveća koncentracija Zn javlja u fazi mliječne zriobe..

Zhang i sur. (2010.) su ispitivali učinak folijarne aplikacije Fe sa i bez Zn na koncentraciju Fe i Zn u zrnu i brašnu tri kultivara pšenice. Dokazali su da se kod primjene $FeSO_4$ koncentracija Fe značajno povećala na 37,8 $mgkg^{-1}$ u odnosu na kontrolu 29,5 mg kg^{-1}, kod primjene kombinacije Fe citrat + $ZnSO_4$ na 35,9 mg kg^{-1} i kod aplikacije Fe

citrata na 34,9 mg kg^{-1}. Kod aplikacije Fe citrat + $ZnSO_4$ koncentracija Zn se povećala na 45,7 mg kg^{-1} u odnosu na kontrolu (29,0 mg kg^{-1}), i primjenom kompleksa mikrohraniva na 39,6 mg kg^{-1}. Iako je normalno da je koncentracija Fe i Zn manja u brašnu u odnosu na mekinje, mljevenjem na posebnim mlinovima koncentracije Fe su porasle sa 10,7 mg kg^{-1} na 12,4 mg kg^{-1}, a Zn sa 11,8 mg kg^{-1} na 17,4 mg kg^{-1}.

Hussain i sur. (2012.) su ispitivali utjecaj različitih modela aplikacije Zn (trivalentni model: u tlo, na sjeme, folijarno) u fazi vlatanja i klasanja, na povećanje koncentracije i procjenu bioraspoloživosti Zn u zrnu pšenice za ljudski organizam. Zaključili su da aplikacija Zn u tlo povećava prinos 29 %, koncentraciju Zn u zrnu za 95 %, a bioraspoloživost do 74 %. Visoka stopa aplikacije Zn u tlo i folijarna aplikacija u fazi klasanja, povećava koncentraciju Zn (> 50 mg kg^{-1}) i bioraspoloživost (>3mg Zn za 300 g brašna).

Zou i sur. (2012.) ispitivali su utjecaj aplikacije Zn u tlo i folijarno, na prinos zrna i koncentraciju Zn u zrnu pšenice, u 7 zemalja, na 23 eksperimentalna polja različite kiselosti (pH 5,7 do pH 8,2) sa 10 sorata pšenice, kroz više od 2 godine. Prosječno povećanje prinosa iznosilo je 5,1 % nakon aplikacije u tlo, 3 % nakon folijarne aplikacije i 3,6 % nakon kombinirane aplikacije u tlo i folijarno. Nasuprot tome, aplikacija Zn je značajno utjecala na povećanje koncentracije Zn u zrnu na svim lokacijama i na svim sortama. U prosjeku, koncentracija Zn u zrnu pšenice kontrolne parcele iznosila je 27,4 mg kg^{-1}, nakon aplikacije Zn u tlo koncentracija Zn u zrnu je iznosila 30,5 mg kg^{-1}, nakon folijarne aplikacije 48,0 mg kg^{-1}, te nakon kombinirane aplikacije, u tlo i folijarno, 49,0 mg kg^{-1}, što je predstavljalo povećanje za 12,3% za aplikaciju u tlo, 83,5% za folijarnu aplikaciju i 89,7 % za kombiniranu aplikaciju. Isti autori također su dokazali da aplikacijom Zn kao $ZnSO_4$, na kiselom tlu pH 5,7, siromašnom Zn (Zn_{DTPA} 0,45 mg kg^{-1}) dolazi do povećanja koncentracije Zn u zrnu nakon aplikacije u tlo za 8 % (27,3 mg kg^{-1}) u odnosu na kontrolu (25,2 mg kg^{-1}), za 90,5 % nakon folijarne aplikacije Zn (48 mg kg^{-1}) i za 94 % nakon kombinirane aplikacije Zn u tlo i folijarno (49 mg kg^{-1}).

Yilmaz i sur. (1997.), ispitivali su utjecaj različitih metoda aplikacije Zn na koncentraciju Zn u cijeloj biljci i koncentraciju Zn u zrnu, te utjecaj na povećanje prinosa cijele biljke i povećanje prinosa zrna i zaključili su da, ovisno o načinu primjene Zn, koncentracija Zn u zrnu može se povećati 3 do 4 puta. Isti autori navode je da je kombinirana aplikacija Zn u tlo i folijarno povećala koncentraciju Zn u zrnu 3,5 puta,

odnosno sa 10 mg kg^{-1} na 35 mg kg^{-1}. Povećanje prinosa zrna ostvareno je aplikacijom u tlo, kombiniranom aplikacijom u tlo + folijarno i aplikacijom Zn na sjeme + folijarno.

Lončarić i sur. (2012.) su ispitivali koncentracije teških metala u integralnom brašnu različitih genotipova pšenice koje su rasle na tlima različite kiselosti. Svi genotipovi pšenice koji su rasli na kiselim tlima, u integralnom brašnu su sadržavali najviše Fe (33,6 – 76,9 mg kg^{-1}), zatim Mn (27,7 – 49,8 mg kg^{-1}), Zn (16,4 – 24,5 mg kg^{-1}), najmanje Pb 8 0,023 – 0,061 mg kg^{-1}). Koncentracije su varirale ovisno o genotipu. Na alkalnim tlima u integralnom brašnu je najviše bilo Mn (37 - 52 mg kg^{-1}), zatim Fe (21,5 – 42,2 mg kg^{-1}), Zn (13,3 – 21,2 mg kg^{-1}), najmanje Cd (0,011 – 0,033 mg kg^{-1}).

Ranjbar i Bahmaniar (2007.) su istaknuli da folijarna aplikacija Zn povećava akumulaciju Fe u zrnu, 42,06 μg g^{-1} (kod osrednje opskrbe Zn) u odnosu na kontrolu 34,09 μg g^{-1}. Qury i sur. (2006.) istaknuli su pozitivnu korelaciju između primjene Zn gnojiva kod pšenice i koncentracije Fe u zrnu i listu. Isti autori navode da aplikacijom Zn u tlo, dolazi do zamjene Fe i Zn na površini koloida tla te Fe prelazi u topivu fazu, postaje pristupačan i biljka ga može lakše apsorbirati. Ranjbar i Bahmaniar (2007.) su istaknuli da pojedinačna aplikacija Zn u tlo ili folijarno nisu dovoljno učinkovite za povećanje prinosa kao kombinacija aplikacije tlo + folijarno, a razlog tome može biti niža razina Zn u izbojima. Također su istaknuli da višim dozama Zn moguće je postići viši prinos i komponente prinosa.

Yilmaza i sur. (1997.), smatraju da je kombinirana primjena Zn u tlo i folijarno može biti kratkoročno rješenja nedostatka Zn biljka i ljudi. Za razliku od rezultata Yilmaz sur. (1997.) i Martens i Westerman (1991.) smatraju kako je najučinkovitija metoda za ispravljanje nedostatka Zn primjena Zn u tlo + folijarno. Na primjer, samo aplikacija Zn u tlo kao $ZnSO_4$ je dovoljno da se ispravi nedostatak Zn u biljci za četiri do sedam godina (Martens i Westerman, 1991.). Kombiniranu metodu primjene u tlo + folijarno treba smatrati učinkovitom metodom, ako se želi dobiti visoki prinos zrna, zajedno s visokom koncentracijom Zn u zrnu (Yilmaz i sur., 1997.).

Ranjbar i Bahmaniar (2007.) su istaknuli da folijarna aplikacija Zn povećava akumulaciju Fe u zrnu, 42,06 μg g^{-1} (kod osrednje opskrbe Zn) u odnosu na kontrolu 34,09 μg g^{-1}.

Habib (2012.) je prema El-Magid i sur. (2000.), Seilsepour (2007.), istaknuo da prinos zrna ovisi o raspoloživosti Fe i Zn u tlu tj. da postoji pozitivna korelacija između prinosa zrna i raspoloživosti Fe ili Zn u tlu. Kritična granica raspoloživosti Fe je 4,7 mg kg^{-}

^{1} i Zn 0,8 mg kg^{-1} u tlu. Kalayci (1993.), Cakmak i sur. (1996.), Yilmaz i sur. (1997.), Ranjbar i Bahmaniar (2007.) su istaknuli da svi načini aplikacije Zn značajno povećavaju prinos zrna kod različitih kultivara pšenice. Ranjbar i Bahmaniar (2007.) su istaknuli prema Torun i sur. (2001.) da se aplikacijom 23 kg ha^{-1} Zn povećava prinos zrna različitih kultivara pšenice za 37% , a prema Yilmaz i sur. (1997.) aplikacijom kombinacije Zn u tlo i folijarno povećava se prinos, suhu tvar, broj vlati po metru kvadratnom te koncentracija Zn u vlatima i zrnu. Ranjbar i Bahmaniar (2007.) su istaknuli da primjena Zn značajno utječe na prinos zrna, masu suhe tvari, masu 1000 zrna, broj vlati, sadržaj Zn u zrnu i listu zastavičaru, visinu biljke, broj nodija, sadržaj proteina i Fe u zrnu. Također ističu značajnu interakciju između aplikacije Zn i kultivara u svim svojstvima osim u dužini klasa i dužini osja. Aplikacija Zn nije značajno utjecala na žetveni indeks, duljinu klasa i osje, dužinu i širinu zastavičara, međutim, primjena Zn uzrokovala je porast akumulacije cinka u zastavičaru od 58,38 do 513,67 μg g^{-1} i povećanje sadržaj proteina pšenice od 17,94 do 18,97 %. Koncentracija Zn u zrnu se folijarnom aplikacijom povećala od 45,45 μg g^{-1} u kontroli do 67,27 μg g^{-1} kod aplikacije 15 kg ha^{-1} Zn u tlo i 900 kg ha^{-1} Zn folijarno.

Prinos zrna pšenice i koncentracija Zn u zrnu pšenice su u inverznom odnosu, te stvaranje kompromisa između prinosa zrna i koncentracije Zn u zrnu, može se postići oplemenjivanjem, transgeničnim tehnologijama ili agronomskim metodama (Bouis i Welch, 2010., Waters i Sankaran, 2011., Zou i sur., 2012.). Xu i sur. (2010.) ističu postojanje značajanog negativnog koeficijenta korelacije (u rasponu od - 0,67 do - 0,41) između prinosa i koncentracije Zn, dok nije bilo značajne negativne korelacije u odnosu na Fe, no neki autori smatraju (Graham i sur., 1999., Welch and Graham 2004.) da prinos i koncentracije Fe i Zn nisu u negativnoj korelaciji. Xu i sur. (2010.) su također istaknuli da je koncentracija Fe u pozitivnoj korelaciji sa masom 1000 zrna.

Lončarić i sur. (2011.) dokazali su utjecaj prinosa na koncentraciju Fe i Zn u zrnu. Utvrdili su da sorta koja ostvaruje najveći prinos (7,6 t/ha) ima najmanju koncentraciju Fe (31,3 mg kg^{-1}) i Zn (14,9 mg kg^{-1}) u zrnu, i obrnuto. To je očekivano jer je tradicionalno oplemenjivanje bilja usmjereno na postizanje visokih prinosa zrna pšenice dovelo do razrijeđenja zrna, odnosno snižavanja koncentracija mikroelemenata u zrnu i smanjenja varijabilnosti genotipova pšenice obzirom na akumulaciju Zn i Fe u zrno. Sorta s najnižim prinosom koja je uzgajana na kiselom tlu je imala najveću koncentraciju Fe (76,9 mg kg^{-1}) i Zn (24,5 mg kg^{-1}), no na karbonatnim tlima imala je manje Fe (42,2 mg kg^{-1}) i Zn (21,2 mg kg^{-1}).

Ziaeian i Malakouti (2001.) dokazali su da gnojidba Fe, Mn, Zn i Cu na karbonatnom tlu značajno povećava prinos zrna, prinos slame (biološki prinos), masu 1000 zrna, broj zrna u klasu. Također su izvijestili da aplikacijom 20 kg ha^{-1} Fe povećava se prinos zrna za 20,8 % u odnosu na kontrolu bez gnojidbe Fe, koncentraciju Fe u zrnu, usvajanje Fe u zrno i list te sadržaj proteina u zrnu.

Jam i sur. (2011.) ispitivali su utjecaj gnojidbe različitim koncentracijama Fe i Zn na prinos, komponente prinosa i neka kvantitativna svojstva pšenice na alkalnom karbonatnom tlu pH 7,7, siromašnom fosforom i kalijem, te sadržajem 3,8 mg kg^{-1} Fe i 0,13 mg kg^{-1} Zn. Pokus je uključivao kontrolu (Fe0 i Zn0) i tretmane sa različitim koncentracijeama Fe i Zn (2, 4 i 8:1000 (tj. 0,8, 1,6 i 2,4 kg ha^{-1}). Mikroelementi su aplicirani u jesen u tlo prije sjetve, a u proljeće u fazi busanja, pojave zastavice, prije oplodnje i poslije oplodnje pšenice. Gnojidba je značajno utjecala na prinos, komponente prinosa i agronomska svojstva pšenice. Duljina klasa i visina biljke je bila pod značajnim utjecajem gnojidbe Fe. Najveća dužina klasa (9,17cm) i najveća visina biljke (84,3 cm) postgnuta je u gnojidbi Fe_3Zn_1. Najveći prinos je postignut u tretmanu Fe_1Zn_2 (9732,2 kg ha^{-1}), bez značajnih razlika u odnosu na Fe_1Zn_1, Fe_2Zn_2 i Fe_3Zn_3. Najveći žetveni indeks je 45,9 kod Fe_1Zn_3. Najveća masa 1000 zrna (57,6 g b^{-1}) postignuta je u Fe_3Zn_1 tretmanu. Broj klasića po klasu nije se značajno razlikovao s primjenom gnojiva, tako da je najveći broj klasića po klasu (21,8 klasića po klasu) dobiven kod Fe_1Zn_2. Najveći broj zrna po klasu (58,1) zabilježen je u Fe_1Zn_2. Zaključili su da je umjerena koncentracija Zn značajna za povećanje broja klasića i njihove plodnosti (broj zrna) i umjerena do visoka koncentracija za povećanje težine zrna jer utječe na plodnost cvijeta.

Abas i sur. (2009.) su istaknuli da Fe i Zn značajano utječu na povećanje duljine klasa, pogotovo kada je Fe u kombinaciji sa manjom količinom Zn. Razlog tome je prema (Kholdebarin i Esslamzadeh, 2001.) što Fe učestvuje u stvaranju klorofila, a Zn u stvaranju auksina koji je važan u diobi i rastu stanica, te procesima fotosinteze. Također su istaknuli da je Zn učinkovitiji u formiranje klasića i / ili povećanje broj plodnih klasića na klasu od Fe.

Abbas i sur. (2009.) su ispitivali utjecaj preporučene količine NPK i različitih koncentracija Fe kao Fe sulfata (4, 8, 12, 16 kg ha^{-1}) na prinos i komponente prinosa na ilovastom, alkalnom karbonatnom tlu pH 8,1, jako bogatom kalijem, siromašnom fosforom i humusom. Fe je aplicirano u tlo zajedno sa sjetvom. Raspoloživost Zn_{EDTA} 0,93 mg kg^{-1} i Fe_{EDTA} 2,95 mg kg^{-1}. Rezultati su pokazali da primjena preporučenih NPK gnojiva

značajno povećava sve komponente prinosa i agronomska svojstva pšenice, no aplicirane različite koncentracije Fe značajnije su utjecale na neke parametre usjeva. Najbolji rezultati su dobiveni kod primjene Fe u količini 12 kg ha^{-1} s preporučenim NPK gnojivom. Značajan utjecaj je bio na broj biljaka m^{-2} (288,2, bez Fe 278,3), masu 1000 zrna (35 g, bez Fe 32,9 g), biološki prinos (5,9 t ha^{-1}, bez Fe 5,6 tha^{-1}), prinos zrna (4,2 t ha^{-1}) u odnosu na tretman samo NPK gnojivom (3,9 tha^{-1}), a viša stopa nije imalo značajan učinak. Razina Fe nije značajno utjecala na visinu biljke, broj vlati m^{-2}, broj klasića u klasu.

Ali (2012.) je dokazao da folijarna aplikacija Fe u dozi 200, 400, 600 mg kg^{-1} (kao Fe sulfata) u različitim fenološkim fazama razvoja (Zadoks - ZGS21, ZGS31, ZDS55 i ZGS73) kod različitih sorata durum pšenice ima pozitivan utjecaj na visinu biljke, duljinu klasa, masu 1000 zrna, apsolutnu masu zrna, prinos zrna sadržaj proteina na pjeskovitom, alkalnom tlu pH 7,8. Folijarna aplikacija Fe u ZGS31 (početak vlatanja) utječe na visinu biljke i dužine klasa s obzirom na kritičnu ulogu Fe za rast usjeva, sudjelovanje u procesu fotosinteze, disanju i drugim biokemijskim i fiziološkim procesima u biljci (Zeidan i sur. (2010.), Ali (2012.). Maksimalnu visinu stabljike (u prvoj 96,9 i drugoj vegetaciji 101,2 cm) i duljinu klasa (7,3 cm u obje vegetacije) postigao je folijarnom aplikacijom 600 mg kg^{-1} Fe (po posudi) u fenološkoj fazi početka vlatanja (ZGS31). Slične rezultate su dobili Welch i sur. (1991.), Hall i Williams (2003.) i Khan i sur. (2010.). Također su dobili najveću masu 1000 zrna (64 g u odnosu na 56 g u kontroli) i apsolutnu masu (3,8 g u odnosu na kontrolu, 2,8 g) nakon folijarne aplikacije Fe.

Ali (2012.) je istaknuo da je folijarna aplikacija Fe (600 ppm) na alkalnom tlu pH 7,8. značano je utjecala ($p \leq 0,05$) na prinos zrna pšenice u odnosu na primjenu nižih koncentracija Fe i kontrole. Najviši prinos 6,8 t ha^{-1} je postignut u fazi početka vlatanja (ZGS31) u odnosu na kontrolu 4,8 t ha^{-1}.Ovaj rezultat može se objasniti ulogm Fe u metabolizmu biljaka kojim se potiče rast i razvoj biljke što se odražava na komponente prinosa, a time povećanje prinosa zrna. Slično su dobili Abbas i sur. (2009.), Seadh i sur. (2009.), Khan i sur. (2010.) i Zeidan i sur. (2010.).

Khan i sur. (2010.) navode da je primjena željeza u različitim fazama rasta pšenice znatno poboljšava broj zrna u klasu, težinu 1000 zrna, prinos zrna, prinos slame, biološki prinos i žetveni indeks. Također, Seadh i sur. (2009) su utvrdili da folijarna primjena Fe (500 ppm) pojačava urod zrna, komponente prinosa i sadržaj proteina u zrnu u odnosu na kontrolu. Folijarno tretiranje kombinacije mikronutrijenata (Zn, Fe, Mn, Cu i B) u različitim fazama rasta povećava visinu biljke, broj zrna po klasu, masu 1000 zrna, biološki

prinos, žetveni indeks, prinos slame i prinos zrna pšenice. Povećanje doze Fe do 12 kg ha^{-1} povećava se prinos zrna i njegove komponente (Abbas i sur., 2009., Ali, 2012.).

Folijarna primjena ima više prednosti u odnosu na aplikaciju u tlo zbog specifičnih uvjeta u tlu gdje se hranjive tvari mogu izgubiti ispiranjem ili vezanjem sa nekim spojevima (Ali, 2012.)

Zeidan i sur . (2010.) su proučavali učinak folijarne primjene Fe, Mn i Zn gnojiva na prinos i komponente prinisa pšenice na pjeskovitom, alkalnom tlu pH 8,08, siromašnom organskom tvari, fosforom i kalijem, sadržaja 2,89 mg kg^{-1} Fe, 3,48 mg kg^{-1}Mg i 0,1 mg kg^{-1} Zn. Mikroelementi su primjenjeni u sulfatnom obliku u fazi busanja i klasanja pšenice. Utvrdili su da primjena Fe, Mn i Zn povećava masu zrna u usporedbi s kontrolom zbog njihove odlučujuće uloge u procesu fotosinteze, disanja i drugih biokemijskih i fizioloških aktivnosti koje dovode do povećanja prinos pšenice. Viša razina tih elemenata, posebno Fe, povećava težinu zrna. Također smatraju da Fe i Zn povećavaju masu zrna utječući na mobilizaciju suhe tvari iz ostalih dijelova biljke u zrno i povećanjem fotosinteze u klasu. Najveća masa 1000 zrna (36,1 g) dobivena je nakon aplikacije Fe u odnosu na kontrolu (28,5 g), no najveći prinos zrna i slame nakon aplikacije Zn. Najveći broj klasova /m2 i broj zrna u klasu dobiven je nakon aplikacije Zn.

Zeidan i sur. (2010.) su izvijestili da se folijarnom aplikacijom Fe, Mn i Zn postiže bolji prinos i komponente prinosa, najveći broj klasića po m^2, broj zrna po klasu, masa jednog zrna i prinos slame u odnosu na kontrolu. Zaključili su da se aplikacijom Fe i Zn povećava prinos vjerojatno jer Fe i Zn imaju najveću ulogu u procesima rasta i razvoja biljke, fotosintezi, disanju i drugim biokemijskim i fiziološkim procesima u biljci.

Abdoli i sur. (2014.) su dokazali da folijarna aplikacija Zn kao $ZnSO_4$ na blago kiselom (pH 6,81), ilovastom tlu, siromašnom Zn (0,41 $mgkg^{-1}$) i organskom tvari (1,49 g kg^{-1}) u fenološkoj fazi vlatanja i rane mliječne zriobe povećava prinos zrna (271 g m^{-2}) za 83%, a aplikacijom u vlatanju (208 g m^{-2}) za 40,5% u odnosu na kontrolu (148 g m^{-2}). Biološki prinos (798 g m^{-2}) u fenofazi 37 i 71 je bio viši za 104%, a u feno fazi 37 za 47,6 % u odnosu na kontrolu (391 g m^{-2}). Folijarna aplikacija Zn u fenološkoj fazi vlatanja i rane mliječne zriobe nije utjecala na žetveni indeks (34 %), te je indeks bio niži u odnosu na kontrolu (37,7 %) i aplikaciju u vlatanju (36,1 %). Značajno veći broj zrna u klasu (42,2) je bio kod aplikacije Zadoks 37 i 71 u odnosu na fenofazu 37 (32,7) i kontrolu (30,9). Aplikacija Zn u fenofazi 37 i 71 je značajno utjecala na povećanje broja fertilnih, ali i smanjenje sterilnih klasića u odnosu na kontrolu.Najveći broj sterilnih klasića je

dobiven kod folijarne aplikacije Zn u fenološkol fazi vlatanja (4,2) u odnosu na kontrolu (3,6) i aplikaciju u fazi vlatanja i rane mliječne zriobe (2,8). Folijarnom aplikacijom u fazi vlatanja i rane mliječne zriobe je imala značajan utjecaj na povećanje koncentracije Zn u zrnu (19,4 mg kg^{-1}) u odnosu na kontrolu i sadržaja Zn .

Habib (2012.) ispitivanjem utjecaja folijarne aplikacije Zn i Fe u kelatnom obliku i njihovih kombinacija, uz dodatak uree (60 g/20 L vode) na glinasto-ilovastim, karbonatnim tlima (pH 7,91) dokazao da je nakon folijarne aplikacije Zn ostvaren najveći prinos pšenice (7550 kg ha^{-1}) u odnosu na kontrolu (6573 kg ha^{-1}), zatim kombiniranom aplikacijom Fe +Zn (7539 kg ha^{-1}), dok je aplikacija Fe rezultirala najnižim prinosom (7201 kg ha^{-1}). Masa 1000 zrna i dužina klasa je bila pod jednakim utjecajem svih tretmana, no viša u odnosu na kontrolu. Visina biljke bila najviše bila pod utjecajem kombinirane aplikacije Fe i Zn uz dodatak uree i kelatnog Fe.

El-Nasharty i sur. (2013.) su dokazali da na vapnenačkim, alkalnim (pH 9,0) tlima, siromašnim Zn, folijarna aplikacija ZnEDTA u odnosu na $ZnSO_4$ ima značajniji utjecaj na povećanje visine prinosa zrna, prinosa slame i mase 1000 zrna te da postoji sortna specifičnost. Sorta Sakha je nakon folijarne aplikacije ZnEDTA ostvarila najveći prinos zrna 0,66 kg m^{-2}, slame 1,26 kg m^{-2} i masu 1000 zrna 55,7 g u odnosu na primjenu $ZnSO_4$ (0,58 kg m^{-2}), 1,13 kg m^{-2} i 49,0 g) i kontrolu (0,41 kg m^{-2}, 1,06 kg m^{-2} i 45,6 g). Najniži prinos zrna i slame te masu 1000 zrna je ostvarila sorta Giza uz istu gnojidbenu opciju.

Biswas i sur. (2015.) su ispitivanjem utjecaja B i Zn i njihovih kombinacija na prinos i komponente prinosa pšenice na kiselim tlima (pH 5) sjevernog Bengala te su zaključili da B i Zn njihove kombinacije utječu na prinos i komponente prinosa, ovisno o razini dodanog Zn i B. Najveći prinos (4,4 tha^{-1}) ostvaren u kombinaciji s minimalnom količinom B (5 $kgha^{-1}$) i maksimalnom količinom Zn (25 $kgha^{-1}$ $ZnSO_4$), u odnosu na tretman samo sa NPK (2,8 tha^{-1}) i kontrolu (1,7 tha^{-1}).

Biswas i sur. (2015.) su zaključili da aplikacija samog Zn, na kiselim tlima (pH 5), nema značajan utjecaj na visinu prinosa zrna i biološki prinos, bez obzira na razinu dodanog Zn (12,5 ili 25 kg $ZnSO_4$). Aplikacijom Zn ostvaren je prinos zrna (2,8 - 2,9 t ha^{-1}), gotovo jednak kontroli (2,8 t ha^{-1}). Biološki prinos aplikacijom Zn je manji (6,6 - 6,7 t ha^{-1}) u odnosu na kontrolu (7,4 t ha^{-1}). Također, utjecaj nije evidentan kod mase 1000 zrna (Zn 42 - 45, kontrola 45) i broja vlati m^{-2}, čak i negativan (156 - 164, kontrola 169,5). Aplikacija Zn je utjecala na broj zrna u klasu (39 - 41, kontrola 36) i žetveni indeks (29,6 - 30,4 kontrola 27,6).

Yang i sur. (2011.) su dokazali da folijarna aplikacija Zn na karbonatnim alkalnim tlima (pH 7,98) nema značajan utjecaj na visinu prinosa u odnosu na kontrolu (4 584 kg ha^{-1}, 4539 kg ha^{-1}), no aplikacija N u tlo značajno utječe na visinu prinosa. Folijarna aplikacija Zn uz dodatak N gnojiva pozitivno utječe na povećanje koncentracije Zn u zrnu. Aciksoz i sur. (2011.) su također dokazali da aplikacija različitih oblika Fe gnojiva na karbonatnom, alkalnom tlu (pH 8) nema utjecaja na visinu prinosa, no aplikacijom N u tlo, prinos se povećava.

Farhan i Al-Dulaemi (2011.) su pokusom u posudama dokazali značajan utjecaj folijarne aplikacije mikroelemenata Cu, Zn i Fe na povećanje visine biljke, broja listova, rukavca lista, suhe tvari vlati i korijena, sadržaja klorofila, koncentracije N, P, K, Fe, Zn, Cu, škroba i proteina u zrnu, masae 1000 zrna i prinos zrna. Rezultati sutakođer pokazali da aplikacija Fe povećava prinos zrna, proteina i škroba u zrnu za 29, 30 i 6 % u odnosu na kontrolu.

Ziaeian i Malakouti (2001.) su istaknuli da gnojidba Fe, Mn, Zn i Cu značajno povećava prinos zrna, biološki prinos, masu 1000 zrna, broj zrna i broj klasova na karbonatnim tlima. Također su istaknuli da aplikacijom 20 $kgha^{-1}$ Fe povećava se prinos za 20,8% u odnosu na kontrolu i povećava se koncentracija i usvajanje Fe u zrno, list zastavićar i sadržaj proteina u zrnu. Prema Rashid i sur. (1987.) povećanje prinosa pšenice za 26,1% nakon aplikacije 10 kg ha^{-1} Zn +1 kg ha^{-1} B +5 kg ha^{-1} Cu +10 kg ha^{-1} Mn +10 kg ha^{-1} Fe, a prema Alam i sur. (1988.) povećanje prinosa pšenice za 10,9 % je uslijedilo nakon aplikacije 2.5 kg ha^{-1} Fe sa 5 kg ha^{-1} Zn i za 11,3% nakon aplikacije 10 kg ha^{-1} Fe +2.5 kg ha^{-1} B +5 kg ha^{-1} Zn.

El-Nasharty i sur. (2013.) su dokazali postojanje sortne specifičnosti u odnosu na utjecaj aplikacije ZnEDTA i $ZnSO_4$ u tlo i folijarne aplikacije na koncentraciju Zn u listu zastavičaru i zrnu. Rezultati su pokazali da je folijarna aplikacija ZnEDTA imala veći utjecaj na povećanje koncentracije Zn u listu zastavičaru i zrnu. Najveću koncentraciju Zn u listu zastavičaru imala sorta Giza 168 (29,4 mg kg^{-1}, kontrola 12,8 mg kg^{-1}), a najmanju Gemiza 7 (26,4 mg kg^{-1}, kontrola 12,6 mg kg^{-1}). Najveću koncentraciju Zn u zrnu kod primjene ZnEDTA imala je sorta Sakha 93 (40,2 mg kg^{-1}, kontrola 28,1 mg kg^{-1}), a najmanju Gemiza 7 (36,5 mg kg^{-1}, kontrola 27,6 mg kg^{-1}).

El-Nasharty i sur. (2013.) su dokazali da aplikacija Zn u tlo u obliku ZnEDTA učinkovitije povećava ST u izbojima u odnosu na $ZnSO_4$. Najveća akumulacija ST je zabilježena kod sorte Sakha 93 (ZnEDTA 0,26 g $biljci^{-1}$, kontrola 0,18 g $biljci^{-1}$), najmanja

Giza 168 (ZnEDT 0,19 g biljci^{-1}, kontrola 0,15 g biljci^{-1}). Proporcionalno tome došlo je i do povećanja koncentracije Zn u izbojima. Veće povećanje je zabilježeno kod primjene Zn EDTA, sorte Giza 168 (ZnEDTA, 70 mgkg^{-1}, kontrola 26 mgkg^{-1}), a najmanje sorta Sakhta 93 (ZnEDTA 43 mg kg^{-1}, kontrola 21 mg kg^{-1}). Zaključili su da postoji sortna specifičnost usvajanja Zn, te je sorta koja je imala veće usvajanje (ZnUE), ostvarila i najveću koncentraciju Zn u zrnu (ZnEDTA, 40,2 mg kg^{-1}, kontrola 28,1 mg kg-1), prinos zrna (ZnEDTA, 0,66 kg m^{-3}, kontrola 0,41 kg m^{-1}), prinos slame (ZnEDTA, 1,26 kg m^{-2}, kontrola 1,06 kg m^{-2}) i masa 1000 zrna (ZnEDTA, 55g, kontrola 45,6g).

Zeidan i sur. (2010.) su ispitivali utjecaj folijarne gnojidbe Fe, Mn i Zn na prinos i komponente prinosa, te koncentraciju Fe, Mn i Zn u listu zastavičaru i zrnu. Rezultati su pokazali da je folijarna aplikacija Fe, Mn i Zn značajno utjecala na povećanje komponenti prinosa i sadržaja proteina u zrnu pšenice, te na koncentraciju istih u listu zastavičaru. Koncentracija Fe u listu zastavičaru u kontrolnom uzorku je bila 16,92 mg kg^{-1}, a nakon folijarne aplikacije Fe, 101,40 mg kg^{-1}. Sadržaj Zn u listu zastavičaru u kontroli je iznosio 13,30 mg kg^{-1}, no nakon folijarne aplikacije Zn, iznosio je 35,30 mg kg^{-1}. Slične rezultate je dobio i Yilmaz i sur. (1997.). Folijarna aplikacija Fe, Zn i Mn je značano utjecala i na njihovu koncentraciju u zrnu. Koncentracija Fe se povećala sa 33,10 mg kg-1 u kontrolnom uzorku, na 54,90 mg kg^{-1}, a Zn sa 22,00 mg kg^{-1} na 47,10 mg kg^{-1}, sadržaj proteina sa 9,7 % na 11,10 % pri folijarnoj aplikaciji Zn. Slične rezultate su dobili i Roach i Wulf (1987.) i Fenner (1992.).

Yang i sur. (2011.) su ispitivali utjecaj folijarne gnojidbe Zn na visinu prinosa ozime pšenice, na tlima sa nedostatkom Zn, sa i bez gnojidbe N. Dokazali su da folijarna gnojidba Zn na potencijalno siromašnim tlima Zn, ne utječe na visinu prinosa. Prosječan prinos tretmana ZnO (tretman destiliranom vodom) kroz dvije vegetacije je iznosio 4 539 kgha^{-1}, a tretman Zn1 (2,5 kg ha^{-1} Zn) 4 584 kg ha^{-1}. Povećanjem doze N gnojiva u tlo u obliku uree rezultiralo je povećanjem prinosa u dvije vegetacijske godine. Prosječan prinos tretmana N0 je iznosio 4 167 kg ha^{-1}, tretman N1(120 kg ha^{-1} N) je iznosio 4 630 kg ha^{-1}, dok je tretman N3 (240 kg ha^{-1}) rezultirao najvećim povećanjem prinosa 4 886 kg ha^{-1}. Također su dokazali važnost vremena primjene aplikacije. Zaključili su da je najveći prinos ostvaren kod folijarne aplikacije Zn u fazi cvjetanja (4 638 kg ha^{-1}), a najmanji u fazi ranog i kasnog nalijevanja zrna (4 543 kg ha^{-1} i 4 505 kg ha^{-1}).

Yang i sur. (2011.) su zaključili da folijarna primjena Zn povećava koncentraciju Zn u zrnu bez obzira na vrijeme primjene i količinu dodanog N gnojiva u tlo. Koncentracija

Zn u zrnu kod tretmana Zn0 (folijarni tretman destiliranom vodom) je iznosila prosječno 35,9 mgkg^{-1} u vegetaciji 2007./08., i 27,7 mg kg^{-1} u vegetaciji 2008./09. Koncentracija Zn kod tretmana Zn1 (2,5 kg ha^{-1} Zn) je bila veća za 1,4 do 2,1 puta u odnosu na tretman Zn0. U vegetaciji 2007./08. koncentracija Zn prosječno je iznosila 54,4 mgkg^{-1}, a u 2008./09., 48 mg kg^{-1}.

Koncentracija Zn u zrnu je najveća kod folijarne primjene u fazi nalijevanja zrna, posebno u fazi ranog nalijevanja (u 2007./08. 59,7 mg kg^{-1}, 2008./09, 54,6 mg kg^{-1}). Gnojidba N gnojivom povećava koncentraciju Zn u zrnu i na tlima sa dodatkom Zn i bez (Zn0 i Zn1), no povećanje koncentracije na tlima sa aplikacijom Zn nije uvijek značajno (N0 54,2 mg kg^{-1}, N1 52,6 mg kg^{-1}, N2 56,6 mg kg^{-1}).

Ranjbar i Bahmaniar (2007.) su dokazali da je akumulacije Zn i većeg broja mikroelemenata genetski uvjetovana, te da postoji sortna specifičnost translokacije i akumulacije Zn u list zastavičar i zrno pšenice.

Potrebe žitarica za Fe su male no neophodne za pravilan rast i razvoj. Raspon koncentracija Fe u biljnom tkivu je obično između 50 i 250 mg kg^{-1}, a u zrnu između 25 i 35 mg kg^{-1} (Rengel i sur., 1999., Çakmak i sur., 2010.). Deficit Fe se dogodi kada sadržaj Fe padne ispod 50 mg kg^{-1} u suhoj tvari (Pervaiz i sur., 2003.).

Eđed (2011.) je utvrdila da postoji sortna specifičnost pšenice u odnosu na koncentraciju (mg kg^{-1}) i iznošenje (μg/10 vlati) Zn i Fe masom suhe tvari u fazi cvatnje i pune zriobe. Najveće ukupno usvajanje Zn do cvatnje je korijenom (Divana 36,7 mg kg^{-1} , Sana 20,1 mg kg^{-1}), klasom (Osječka 20 28,8 mg kg^{-1} , U1 19,1 mg kg^{-1}), zastavičarom (Bezostaja 28,2 mg kg^{-1}, Sana 14,7 mg kg^{-1}), zatim stabljikom i listovima. U punoj zriobi je najveće ukupno usvajanje Zn masom zrna (Bezostaja 34,1 mg kg^{-1} i Osječka 20 35,8 mg kg^{-1}, Super Žitarka 17,7 mg kg^{-1}), zatim masom listova i slame, a najniže pljevicama.

Najveće iznošenje Zn u cvatnji je stabljikom (U1 91,9 mg kg^{-1}, Slavonija 50 mg kg^{-1}), zatim klasom (Super Žitarka 78,2 mg kg^{-1} , Slavonija 23,9 mg kg^{-1}). Slijedi iznošenje Zn masom korijena, listovima a najmanje zastavičarom (Osječka 20 16,1 mg kg^{-1} , U1 7,3 mg kg^{-1}). U punoj zriobi najveće je iznošenje Zn zrnom (Osječka 20 212,3 mg kg^{-1}, Slavonija 69,9 mg kg^{-1}). Slijedi iznošenje listovim, slamom i pljevicama.

Eđed (2011.) je dokazala da je kod Fe usvajanje u fazi cvatnje najjače u korijen (Katarina 2151,8 mg kg^{-1} , Osječka 20 647,2, mg kg^{-1}) zatim ostale listove, list zastavičar (Osječka 20 258,2 mg kg^{-1} , Srpanjka 135,6 mg kg^{-1} *)* pa stabljiku i klas (Srpanjka 48,9 mg kg^{-1} , Super Žitarka 25,5 mg kg^{-1}). U punoj zriobi najviše je u ukupnim listovima sa

zastavičarom (Katarina 2495,3 mg kg^{-1}), zatim pljevicama, slami, a najmanje u zrnu (Osječka 20 49,4 mg kg^{-1} , Divana 15,6 mg kg^{-1}). Iznošenje masom suhe tvari u cvatnji: korijen (Srpanjka 1984,2 mg kg^{-1} , Bezostaja 605 mg kg^{-1}), ostali listovi, stabljika, list zastavičar (Osječka 20 217,2 mg kg^{-1}, Srpanjka 59,6 mg kg^{-1}), klas (Sana 129,8 mg kg^{-1}, Slavonija 43,4 mg kg^{-1}). U punoj zriobi najviše je iznešeno ukupnim listovima sa zastavicom, zrnom (Osječka 20 295,2 mg kg^{-1}, Slavonija 66,9 mg kg^{-1}), slamom i najmanje pljevicama.

El-Nasharty i sur. (2013.) su zaključili da je aplikacija Zn u tlo i folijarno u obliku ZnEDTA na pjeskovitim, vapnenačkim, alkalnim (pH 9,0) tlima siromašnim organskom tvari i Zn (0,06 mg kg^{-1}), učinkovitija nego primjena $ZnSO_4$, te da postoji sortna specifičnost u odnosu na sadržaj ST u izbojima, koncentraciju Zn u izbojima, koncentraciju Zn u listu zastavičaru i zrnu. Najveći sadržaj suhe tvari (0,26 g $biljci^{-1}$), koncentracija (70 mg kg^{-1}) i usvajanje Zn (14,07 mg $biljci^{-1}$) u izboje postignuto je aplikacijom ZnEDTA u tlo, a nakon folijarne aplikacije ZnEDTA postignuta i najveća koncentracija Zn u listu zastavičaru (29,4 mg kg^{-1}) i zrnu (40,2 mg kg^{-1}). Sorta Sakha - 93 je imala najveći sadržaj ST (0,26 g $biljci^{-1}$i) u izbojima nakon aplikacije ZnEDTa u tlo, a nakon folijarne aplikacije 0,5% ZnEDTA ostvarila je najveću koncentraciju Zn u zrnu 40,2 mg kg^{-1} i najveći prinos zrna (0,66 kg m^{-2}), prinos slame (1,26 kg m^{-2}) i masu 1000 zrna (55,7 g). Sorta Gemiza -7 koja je pokazala nešto više usvajanje Zn iz tla (13,30 mg $biljci^{-1}$) i višu koncentraciju Zn u izbojima (67 mg kg^{-1}) i manji sadržaj ST (0,19 g $biljci^{-1}$), imala je najveći sadržaj Zn u listu zastavičaru (29,4 mg kg^{-1}) ali i najnižu koncentraciju Zn u zrnu (38,6 mg kg^{-1}).

1.2. Cilj istraživanja

Ciljevi istraživanja mogu se svrstati u tri grupe:

1. Utvrditi utjecaj aplikacije u tlo i folijarne aplikacije Fe i Zn na povećanje koncentracije u zrnu pšenice, na prinos pšenice, te na komponente prinosa.
2. Utvrditi utjecaj sorte na koncentraciju Fe i Zn u zrnu, na učinkovitost aplikacije Fe i Zn, te na povezanost komponenti prinosa sorti s navedenim koncentracijam i načinima aplikacije Fe i Zn.
3. Utvrditi učinkovitost aplikacije Fe i Zn na povećanje njihovog unosa u prehrambeni lanac.

Osnovne hipoteze istraživanja su:

1. Biofortifikacija pšenice aplikacijom Fe i Zn rezultirat će povećanjem njihove koncentracije u zrnu.
2. Sortna specifičnost ozime pšenice utječe na učinkovitost biofortifikacije pšenice.

2. MATERIJAL I METODE RADA

2.1. Poljski pokus

Poljski pokus je proveden tijekom dvije godine (2010./2011. i 2011./2012.) na dva lokaliteta u Brodsko – posavskoj županiji, Novi grad i Beravci. U obje godine poljskog vegetacijskog pokusa sjetva je obavljena sa četiri domaće sorte ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.) Srpanjka, Divana, Katarina i Zdenka.

Postavljanje pokusa i tretman Fe i/ili Zn u tlo, u prvoj godini pokusa izveden je 12.11. 2010. godine na oba lokaliteta, a u drugoj godini, 20.10.2011. godine, također na oba lokaliteta.

Obrada tla i predsjetvena priprema je obavljena po sistemu za ozime usjeve. Gnojidba je provedena na osnovi kemijske analize tla sa 150:125:188 kg ha^{-1} $N:P_2O_5:K_2O$ primjenom 625 kg/ha kompleksnog NPK gnojiva 0-20-30 i 160 kg ha^{-1} uree (46% N). Preostala jesenska količina N dodana je kroz dvije prihrane, u fazi busanja i vlatanja, sa po 140 kg ha^{-1} KAN-a (27 % N), tj. 2 x 38 kg ha^{-1} N.

U prvoj godini pokusa, prva prihrana je provedena 14. 3.2011.godine na oba lokaliteta sa 140 kg KAN-a/ha, a druga, 27.4.2014. godine sa istom količinom KAN-a. U drugoj godini pokusa, na lokalitetu Novi grad prihrane su obavljene 5.3.2012. godine i 15.4.2012. godine, a u Beravcima 20.2.2012. godine i 20.3.2012. godine istim količinama gnojiva.

Gnojidba Zn i Fe je obavljena u 7 različitih tretmana sa $FeSO_4$ i $ZnSO_4$, uključujući kontrolu bez Zn i Fe, jesensku aplikaciju u tlo i folijarnu aplikaciju u proljeće.

2.1.1. Odabir genotipova ozime pšenice

Za sjetvu u obje godine pokusa izabrane su domaće sorte Srpanjka i Katarina (Poljoprivredni Institut Osijek), Divana (Jošt, M., Poljoprivredni Institut, Križevci) i Zdenka (BC Instituta Zagreb).

Srpanjka je najraširenija, rana, moderna, stabilna visoko rodna kvalitetna sorta u proizvodnji u Hrvatskoj sa genetskim potencijalom rodnosti većim od 10 tha^{-1}. Pripada B1 kvalitetnoj grupi, I.- II. razredu kakvoće sa 25% sadržaja ljepka. Vrlo je niske stabljike i otpornosti prema polijeganju. Tolerantna je prema rasprostranjenim bolestima ozime pšenice i niskim temperaturama te se brzo oporavlja nakon zime. Visoke i stabilne prinose

ostvaruje temeljem velikog broja rodnih klasova po jedinici površine. Masa 1000 zrna u prosjeku iznosi 37 grama. Ozima je pšenica, optimalni rok sjetve je od 7. – 25. listopada sa 650 –700 klijavih zrna m^{-2}.

Katarina je kvalitetna, visokorodna krušna, srednje rana, ozima pšenica s genetskim potencijalom rodnosti većim od 11 t ha^{-1}. Dobre je otpornosti prema polijeganju i tolerantna je prema niskim temperaturama i rasprostranjenim bolestima pšenice. Kvalitetna krušna sorta I. razreda kakvoće, i B1farinografske kvalitetna grupa sa sadržajem 28 % vlažnog ljepka. Prosječna visina stabljike 67 cm, masa 1000 zrna u prosjeku iznosi 37 grama. Optimalni rok sjetve je od 10. do 25. listopada s 500 – 600 klijavih zrna m^{-2}. Priznata je u Republici Sloveniji, Republici Rumunjskoj i Republici Srbiji.

Sorta Zdenka je srednje kasna ozima krušna pšenica – poboljšivač Bc Instituta. Optimalni rok jetve je 05. – 25.10. sa 600 – 650 klijavih zrna m^{-2}. Prosječna visina stabljike 75 – 85 cm, masa 1000 zrna 40 – 43 g.

Divana je namjenski kultivar poboljšivač, a 1995. godine priznata je kao rezultat oplemenjivanja pšenice na pekarsku kakvoću. Najkvalitetnija Hrvatska, a možda i Europska sorta. Ta je sorta dobila službeni naziv "poboljšivač", t.j. u pekarstvu se koristi za poboljšanje kvalitete brašna. prva naša sorta prikladna za ekološku poljoprivredu. Osnovne karakteristike sorte su: viši habitus (oko 100 cm), vrhunska kakvoća (jedini hrvatski poboljšivač u pekarstvu) i zadovoljavajuća tolerantnost na prevalentne bolesti. Iako je u uvjetima intenzivne gnojidbe ova sorta manje rodnosti u poredbi s ostalim sortama, u uvjetima ekstenzivnog, ekološki prihvatljivog uzgoja ona s prosječnim urodom od 5,5 t/ha nadmašuje državni prosjek, te ne zaostaje u rodnosti, a i nadalje prednjači u pokazateljima kakvoće (sadržaju bjelančevina i glutena, postotku izmeljavanja te reološkim karakteristikama). Hektolitarska masa 80,0 kg/hl, bjelančevine zrna 17,5 %, Sedimentacija 62,1 ccm, vlažni ljepak 41,7 %, kvalitetni razred I (Samobor i Jošt, 2000.).

2.1.2. Odabir lokacije i tla za postavljanje poljskog pokusa

Za sjetvu u obje godine pokusa odabrana su dva lokaliteta u istočnom dijelu Brodsko – posavske županije, Novi Grad i Beravci. Koordinate područja Beravci su 45° 09' 04" sjev.z.širine i 18° 25' 41" ist.z.dužine. Novi Grad je smješten na području 45° 07' 44" sjev.z.širine i 18° 17' 46" ist.z.dužine. Prosječna nadmorska visina: + 84 m.

U obje godine vegetacijskog pokusa uzeti su uzorci tla na oba lokaliteta i napravljene slijedeće osnovne kemijske analize tla: izmjenjiva $pH_{(KCl)}$ i trenutna $pH_{(H2O)}$

kiselost tla (ISO 10390, ISO 1994.), sadržaj humusa (ISO 14235, ISO 1998.), koncentracija lakopristupačnog fosfora i kalija estrahiranih amonij-laktat (AL) metodom po Egner, Riehm i Domingu (Egner i sur., 1960.), hidrolitička kiselost Na - acetat ekstrakcijskom metodom po Kappenu (Vukadinović i Bertić, 1998.) i sadržaj $CaCO_3$ volumetrijskom metodom (ISO 10693, 1995.). U svim uzorcima su napravljene i dopunske analize na sadržaj mikroelemenata Fe i Zn ekstrakcijom tla zlatotopkom (ISO 11466, ISO 1995.) te količine pristupačne frakcije Fe i Zn ekstrakcijom tla s otopinom EDTA (0,01 M etilen-diamintetra octena kiselina EDTA + $1N(NH_4)_2CO_3$, uz pH 8,6) prema Trierweiler i Lindsay (1969.).

Tablica 1. Agrokemijska svojstva tla lokaliteta Beravci i Novi grad 2011. i 2012.godine

Agrokemijska svojstva tla	Okolina (lokalitet × godina)			
	Beravci 2011.	Beravci 2012.	Novi Grad 2011.	Novi Grad 2012.
pH (H_2O)	6,71	7,56	6,46	6,04
pH (KCl)	5,18	6,86	4,93	4,88
Organska tvar (%)	1,91	2,76	3,46	4,01
AL-P_2O_5 (mg $100g^{-1}$)	6,70	4,60	1,80	11,40
AL-K_2O (mg $100g^{-1}$)	17,88	17,50	18,13	18,04
Hy (cmol kg^{-1})	2,89	-	5,39	6,56
$CaCO_3$ (%)	-	3,70	-	-
Fe_{AR} (mg kg^{-1})	29.882	25.779	45.598	34.189
Zn_{AR} (mg kg^{-1})	64,72	74,20	89,36	84,98
Fe_{EDTA} (mg kg^{-1})	80,23	45,54	108,50	103,10
Zn_{EDTA} (mg kg^{-1})	2,85	1,59	4,69	2,23

Prema rezultatima analize (tablica 1.) tlo je u prvoj godini vegetacije na lokalitetu Beravci bilo vrlo siromašno fosforom, siromašno kalijem, slabo humozno, neutralne trenutne (pH_{H2O}) i jake izmjenjive kiselosti (pH_{KCl}). Iste godine na lokalitetu Novi Grad, tlo je bilo također vrlo siromašno fosforom i siromašno kalijem ali dosta humozno, slabe trenutne (pH_{H2O}) i vrlo jake izmjenjive kiselosti (pH_{KCl}).

Prosječne vrijednosti koncentracijea zlatotopkom ekstrahiranog ukupnog Fe i Zn na lokalitetu Beravci su bile znatno niže (Fe_{AR} 29882,7 mg kg^{-1}, Zn_{AR} 64,72 mgkg^{-1}) u

odnosu na lokalitet Novi grad (Fe_{AR} 45 598,5 mg kg^{-1}, Zn_{AR} 89,36mg kg^{-1}). Sukladno tome i koncentracije raspoloživih mikroelemenata Fe i Zn estrahiranih metodom EDTA su bile znatno više na lokalitetu Novi grad (Fe_{EDTA} 89,36 mg kg^{-1}, Zn_{EDTA} 4,69 mg kg^{-1}).

U drugoj godini vegetacije na lokalitetu Beravci, pokus je postavljen na umjereno karbonatnom tlu (3,70% $CaCO_3$) slabo alkalne trenutne (pH_{H2O} 7,56) i neutralne (pH_{KCl} 6,86) izmjenjive kiselosti, slabe humoznosti, vrlo siromašno fosforom i siromašno kalijem. Tlo na lokalitetu Novi grad je također bilo siromašno fosforom i kalijem, ali dosta humozno, slabe trenutne (pH_{H20} 6,04) i vrlo jake izmjenjive kiselosti (pH_{KCl} 4,88).

Prosječan sadržaj Fe na kiselom tlu lokaliteta Novi grad je bio viši i iznosio je Fe_{AR} 34 189,5 mgkg^{-1}, na alkalnom tlu lokaliteta Beravci Fe_{AR} 25779,5 mg kg^{-1}. Kiselost tla ima veliki utjecaj na raspoloživost Fe za biljku, te je EDTA otopinom na kiselom tlu ekstrahirano prosječno 103,13 mg kg^{-1} Fe, dok je na alkalnom 45,54 mg kg^{-1} Fe. Ukupne koncentracije Zn su bile približne na kiselim (84,98 mg kg^{-1}) i alkalnim (74,20 mg kg^{-1}) tlima, no raspoloživost Zn_{EDTA} za biljku je bila veća na kiselim 2,23 mg kg^{-1}, nego na alkalnim 1,59 mg kg^{-1} Zn.

2.1.3. Biofortifikacija pšenice sa Fe i Zn

U obje godine pokusa osnovni agrofortifikacijski tretman je uključivao različite aplikacije Fe i Zn kao $FeSO_4$ i $ZnSO_4$ sa ukupno 7 različitih tretmana:

1. kontrola (bez aplikacije Fe i Zn)
2. aplikacija Fe u tlo u jesen (5 kg ha^{-1} Fe),
3. aplikacija Zn u tlo u jesen (5 kg ha^{-1} Zn),
4. folijarna prihrana Fe 0,5% otopinom u fazi vlatanja do klasanja,
5. folijarna prihrana Zn 0,5% otopinom u fazi vlatanja do klasanja,
6. Fe+Zn u tlo (tretman 2 + tretman 3),
7. Fe+Zn folijarno (tretman 4 + tretman 5).

Aplikacija Fe i/ili Zn u tlo na oba lokaliteta, u prvoj godini pokusa, je obavljena 12. studenog 2010., a u drugoj godini 20. listopada 2011.

Preostale parcelice su gnojene folijarno u količini 5 kg $FeSO_4$ ili $ZnSO_4$ u fazi vlatanja do klasanja 0,5 % otopinom. Na parcelicu od 15 m^2 aplicirana je 1,5 litra 0,5% otopine.

Folijarna aplikacija sa Fe i/ili Zn u prvoj godini pokusa je izvedena 10. svibnja 2011., kada je pšenica bila u fazi vlatanja do klasanja, a u drugoj godini 5. svibnja 2012.

Neposredno prije aplikacije gnojiva uzeti su uzorci 20 vlati i lista zastavičara.sa svake parcelice

2.1.4. Sjetva i uzgoj ozime pšenice

Obrada tla je obavljena po sistemu obrade za ozime usjeve. Ukupne količine fosfora i kalija su dodane prije osnovne obrade, u tlo, te oko 50 % ukupne potrebe N ureeom.

Sjetva ozime pšenice u prvoj godini poljskog pokusa, je obavljena 15. studenog 2010. na oba lokaliteta. U drugoj godini pokusa, na lokalitetu Beravci sjetva je obavljena u optimalnom agrotehničkom roku, 29. listopada 2011., a na lokalitetu Novi Grad, zbog izrazito sušnog ljeta i nemogučnosti kvalitetne obrade i pripreme tla, sjetva je obavljena tek 16. studenog 2011., u slabije pripremljeno i suho tlo.

Za sjetvu je korišteno certificirano sjeme 2. generacije ozime pšenice sorti, Srpanjka, Divana, Katarina i Zdenka.

Sjetva je obavljena mehaničkom sijačicom u optimalnom sklopu na površinu od 45 m x 42 m, odnosno 9 m x 35 m po sorti.

Sjetvena norma za sortu Srpanjka je 280 kg ha^{-1}, masa 1.000 zrna 37g, sklop 650 do 700 klijavih zrna m^{-2}.

Sjetvena norma za sortu Divana je 230 kg ha^{-1}, masa 1000 zrna 45g, sklop 500 klijavih zrna m^{-2}.

Sjetvena norma za sortu Katarina je 260 kg ha^{-1}, masa 1000 zrna 37g, sklop 500 do 600 klijavih zrna m^{-2}.

Sjetvena norma za sortu Zdenka je 300 kg ha^{-1}, masa 1000 zrna 41 g, sklop 600 do 650 klijavih zrna/m^{-2}.

U tjeku vegetacije nije bilo pojave bolesti i štetnika, a zaštita protiv korova obavljena je na oba lokaliteta 20. travnja 2011., kombinacijom herbicida Axial 50 EC u količini 0,6 - 0,8 lit./ha + Mustang 306 SE 0,4 – 0,6 l ha^{-1}. U drugoj godini vegetacije zaštita je obavljena istim sredstvom, 15. travnja 2012.

2.2. Uzorkovanje i čuvanje biljnog materijala

U svakoj godini pokusa provedena su po dva uzorkovanja biljnog materijala. Prvo uzorkovanje je provedeno 10. svibnja 2011. na oba lokaliteta u fenofazi početka klasanja. Uzorkovano je 20 vlati sa svake parcelice. Prikupljeni uzorci su sušeni 72 sata na 70 °C, nakon čega su razdvajani na klas, list zastavičar, ostali list i vlat.

Drugo uzorkovanje je provedeno u vrijeme žetve, u fazi pune zriobe 20. lipnja 2011., a uzorkovano je 20 vlati, te ukupna nadzemna masa s površine $1m^2$ svake parcelice.

U drugoj godini pokusa, prvo uzorkovanje je provedeno 5. svibnja 2012., a drugo 4. srpnja 2012.

Biljni materijal 20 vlati je u potpunosti razdvojen na zrno, list zastavičar, ostale listove i slamu te je poslužio za mjerenje komponenti prinosa i laboratorijske analize koncentracije hraniva.

Ukupna biljna masa s površine $1m^2$, nakon utvrđivanja broja vlati i odvajanja zrna, poslužila je za određivanje prinosa i žetvenog indeksa, a uzorci zrna pripremljeni su za laboratorijsku analizu.

Pripremljeni uzorci su sušeni 72 sata na 70°C, usitnjeni u mlinu za biljni materijal i u takvom stanju čuvani u hladnjaku do analize.

2.3. Određivanje agronomskih svojstava i komponenti prinosa

Agronomskih svojstva i komponente prinosa pšenice izmjerene su na uzorcima 20 vlati u fenofazi vlatanja do klasanja i fazi pune zriobe te velikim uzorcima s površine od $1m^2$ u fazi pune zriobe u obje godine pokusa. U prvoj i drugoj godini pokusa na dva lokaliteta ukupno je napravljeno 13.440 pojedinačnih mjerenja vlati (4 sorte x 21 parcelica x 20 vlati x 2 uzorkovanja u vegetaciji x 2 lokaliteta x 2 godine vegetacije) i 336 velikih uzoraka biljnog materijala s površine $1m^2$ (21 uzorak s površine 1m2 x 4 sorte x 2 lokaliteta x 2 vegetacijete) te su izmjerene slijedeća agronomska svojstva i komponente prinosa:

- Visina biljke sa klasom (cm)
- Težina biljke sa klasom (g)
- Duljina klasa (cm)
- Masa klasa (g)
- Masa lista zastavičara (g)

- Masa ostalih listova (g)
- Masa slame (g)
- Broj fertilnih klasića u klasu
- Broj sterilnih klasića u klasu
- Broj zrna u klasu
- Masa zrna po klasu (g)
- hektolitarska masa,
- masa 1000 zrna,
- žetveni index,
- broj vlati m^{-2} ,
- ukupna nadzemna masa (kg ha^{-1}),
- masa zrna (kg ha^{-1}),
- masa slame (kg ha^{-1}),
- masa suhe tvari zastavičara, ostalih listova, stabljike i klasa u vlatanju.

2.4. Laboratorijske analize tla i biljnog materijala

2.4.1. Kemijske analize tla

2.4.1.1. Određivanje pH reakcije tla

Reakcija tla, izražena kao pH vrijednost, pokazatelj je niza agrokemijskih svojstava tla važnih za ishranu bilja. Jedinica pH vrijednosti predstavlja negativan logaritam aktiviteta H^+ te kao jedno od temeljnih svojstava tla utječe na kemijska, biološka i fizikalna svojstva tla (Vukadinović i Lončarić, 1998.). pH reakcija uzoraka tla određena je elektrometrijski (ISO 10390,1994.) mjerenjem pH vrijednosti Metrel pH metrom u suspenziji tla i destilirane vode u omjeru 1:5 (w/v), radi utvrđivanja aktualne kiselosti koju čine H^+ ioni u vodenoj fazi tla. Isto tako određena je pH reakcija u 1mol dm^{-3} u otopini KCl u 1:5 (w/v) omjeru tla i otopine radi utvrđivanja supstitucijske kiselosti tla koju pored H^+ iona čine i ioni Fe i Al supstuirani s koloidnih čestica kompleksa tla K^+ ionom iz otopine KCl. Nadalje, u identičnom omjeru utvrđena je i pH vrijednost u 0,01 mol dm^{-3} otopini $CaCl_2$.

2.4.1.2. Određivanje sadržaja organske tvari (humusa)

Humus kao stabilna organska tvar tla utječe na niz kemijskih i fizikalnih svojstava tla poput strukture tla i sorpcije iona, budući minerali gline i organska tvar zajedno čine tijelo sorpcije u tlu i nositelji su zemljišne kiselosti. Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (ISO 14235,1994.), koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla 0,33 mol dm^{-3} kalijevim bikromatom i koncentriranom sulfatnom kiselinom. Sadržaj humusa u uzorcima tla tj. Koncentracija organskog C, određen je kolorimetrijskom metodom utvrđivanja promjene narančaste boje otopine (prisustvo Cr^{6+}) u zelenu (Cr^{3+}) pri valnoj duljini od 585 nm na UV spektrofotometru Carry 50. Koncentracija je utvrđena pomoću na serije standardnih otopina 10 % glukoze rastućih koncentracija organskog C. Sadržaj humusa u tlu je izražen kao % udjel u suhoj masi tla.

2.4.1.3. Određivanje koncentracije AL-P_2O_5 i AL-K_2O

Lakopristupačne frakcije vodotopivog i citrotopivog anorganskog fosfora u tlu, te frakcije izmjenjivo sorbiranog kalija na vanjskim površinama minerala gline i vodotopivog oblika kalija sadržanog u vodenoj fazi tla određene su prema AL metodi (Egner i sur. 1960.) ekstrakcijom tla s otopinom amonijevog laktata pri pH vrijednosti otopine 3,75. Koncentracije biljkama pristupačnog kalija utvrđene su direktno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru Perkin Elmer Analyst 200 pri valnoj duljini 766,5 nm u odnosu na seriju standardnih otopina (kalijevog klorida i kalijevog dihidrogen fosfata) rastućih koncentacija K. Biljkama pristupačan fosfor topiv u vodi i slabim kiselinama utvrđen je kolorimetrijski, stvaranjem kompleksa plave boje s 1,44 % amonijevim molibdatom uz dodavanje 2,5 % askorbinske kiseline u odnosu na seriju standardnih otopina rastućih koncentacija P. Koncentracija fosfora u tlu je izmjerena korištenjem UV spektrofotometra Carry 50. Dobiveni rezultati ukazuju na količinu hraniva koja je biljci pristupačna i izražavaju se u mg/100 g tla P_2O_5 i K_2O.

2.4.1.4. Određivanje hidrolitičke kiselost tla

Hidrolitička kiselost tla kao dio ukupne kiselost tla određena je ekstrakcijom tla s 1 mol dm^{-3} natrijevim acetatom kao alkalnom hidrolitičkom soli. Pri tome dolazi do zamjene kiselih H^+ i Al^{3+} iona s adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionom Na^+ iz acetata (ISO 10693, 1994.). U navedenoj reakciji nastaje octena kiselina, pri čemu je količina kiseline ekvivalentna količini vodikovih iona na adsorpcijskom kompleksu tla te se utvrđuje titracijom odnosno neutralizacijom nastale kiseline 0,1 mol dm^{-3} natrijevim hidroksidom.

Hidrolitička kiselost izražava se u $cmol^{(+)}\ dm^{-3}g^{-1}$. Vrijednost hidrolitičke kiselosti tla koristi se za izračunavanje kapaciteta adsorpcije kationa i stupnja zasićenosti tla alkalijama, te osobito za određivanje potrebe u kalcizaciji.

2.4.1.5. Određivanje sadržaja karbonata u tlu

Sadržaj karbonata u tlu utvrđen je volumetrijskom metodom (ISO 10693, 1995.), odnosno mjerenjem razvijenog volumena ugljikovog dioksida koji se razvija djelovanjem 10 % klorovodične kiseline na karbonate u tlu pri određenom tlaku izraženom u mm stupca žive, te određenoj temperaturi u °C. Mjerenje se obavlja pomoću Scheibler kalcimetra koji se sastoji od tri međusobno povezane posude, pri čemu razvijeni ugljikov dioksid iz prve posude potiskuje vodu u drugoj gradiuranoj posudi odnosno cijevi, dok se treća posuda koristi za ujednačavanje tlaka. Utvrđene vrijednosti izražavaju se kao % sadržaj karbonata u tlu.

2.4.1.6. Određivanje ukupnih koncentracija Fe i Zn u tlu

Količina biljkama pristupačnih mikroelemenata Fe, Mn, Zn i Cu utvrđena je ekstrakcijom tla s otopinom EDTA i amonijevog karbonata pH vrijednosti 8,6 (Vukadinović i Bertić, 1989.). Pri tome dolazi do supstitucije lakopristupačnih mikroelemenata s adsorpcijskog kompleksa s NH_4^+ kationom iz otopine koju čini smjesa 1 mol dm^{-3} amonijevog karbonata i 0,01 mol dm^{-3} EDTA, dok EDTA kao ligand gradi stabilne komplekse s mikroelementima, odnosno prevodi ih u kelatizirano stanje. Mjerenjem koncentracije izravno iz ekstrakta tla na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru Perkin Elmer Analyst 200 apsorpcijskom tehnikom su utvrđene koncentacije Fe, Mn, Zn i Cu koje se izražavaju u mg kg^{-1} tla.

2.4.1.7. Određivanje koncentracija raspoloživih frakcija Fe i Zn u tlu

Količina biljkama pristupačnih mikroelemenata Fe, Mn, Zn i Cu utvrđena je ekstrakcijom tla s otopinom EDTA i amonijevog karbonata pH vrijednosti 8,6 (Vukadinović i Bertić, 1989.). Pri tome dolazi do supstitucije lakopristupačnih mikroelemenata s adsorpcijskog kompleksa s NH_4^+ kationom iz otopine koju čini smjesa 1 mol dm^{-3} amonijevog karbonata i 0,01 mol dm^{-3} EDTA, dok EDTA kao ligand gradi stabilne komplekse s mikroelementima, odnosno prevodi ih u kelatizirano stanje. Mjerenjem koncentracije izravno iz ekstrakta tla na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru Perkin Elmer Analyst 200 apsorpcijskom tehnikom su utvrđene

koncentacije Fe, Mn, Zn i Cu koje se izražavaju u mg kg^{-1} tla.

2.4.2. Kemijske analize biljne tvari

2.4.2.1. Određivanje koncentracije Fe i Zn

Određivanje koncentracije mikroelemenata u uzorku biljne tvari zasnovano je na korištenju osnovne otopine uzorka koja je dobivena digestijom sa smjesom kiselina . Uzorci biljnog materijala razoreni su mokrim postupkom, odnosno mješavinom dušične kiseline (HNO_3) i vodikovog peroksida (H_2O_2) mikrovalnom tehnikom (Kingston i Jassie, 1986.). U kivete za razaranje odvagano je 1 g suhe tvari biljnog uzorka i preliveno sa 9 ml 65% (v/v) HNO_3 i 2 ml 30% (v/v) H_2O_2. Nakon razaranja, ohlađena otopina uzorka profiltrirana je kroz dvostruki filter papir u odmjerenu tikvicu 50ml i nadopunjena deioniziranom vodom do mjerne oznake na tikvici. Koncentracija Fe i Zn u otopini biljnih uzoraka utvrđena je direktnim mjerenjem pomoću ICP-OES (inducirana spregnuta plazma-optička emisijska spektrometrija, Perkin Elmer 2100 DW) i izražena kao μg ml^{-1}.Rezultati analiza su preračunati u koncentraciju Fe i Zn izraženu u mg kg^{-1} suhe tvari biljnog materijala.

Mjerenje koncentracije mikroelemenata u osnovnoj otopini obavljeno je u odnosu na pripremljene serije standardnih otopina rastućih koncentracija.

2.5. Vremenske prilike

Koordinate šireg područja grada su od 45° 9' 11" do 45° 9' 45" sjev.z.širine, te od 18° 0' do 18° 04' ist.z.dužine. Prosječna nadmorska visina: + 92 m

Podneblje područja Brodsko-posavske županije je umjereno kontinentalno, a temeljne su mu značajke umjereno hladne zime, topla ljeta, te srazmjerno povoljan godišnji raspored oborina. Ipak, u pojedinim godinama mogu se javiti i razdoblja suše, kao i razdoblja s visokim količinama oborina, koje mogu u bitnoj mjeri umanjiti prinose poljoprivrednih kultura.

Podaci o srednjim mjesečnim temperaturama i oborinama za mjernu postaju Slavonski Brod, dobiveni su iz Hrvatskog hidrometeorološkog zavoda.

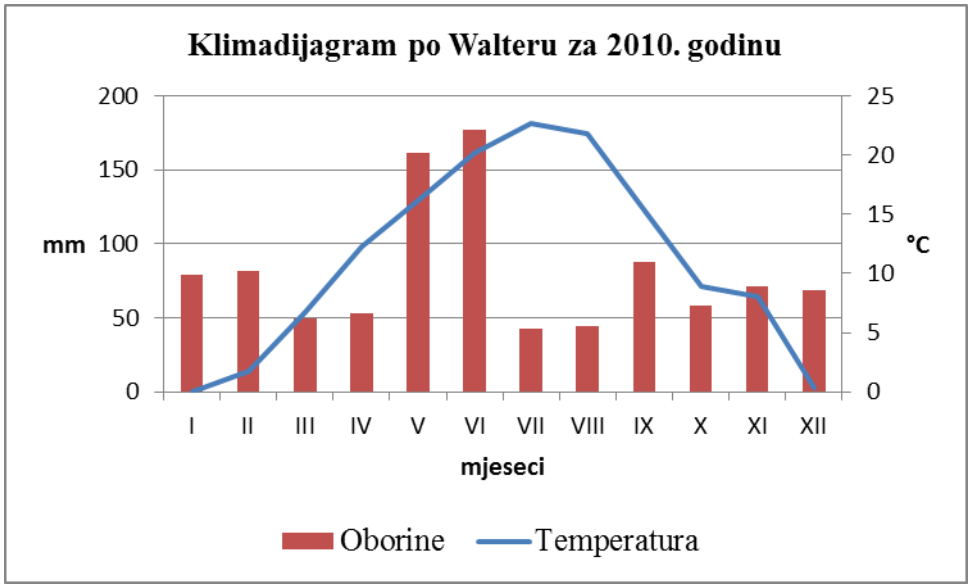
Prema višegodišnje prosjeku (2002. – 2012.), prosječna godišnja temperatura iznosila je 11,7°C. Najhladniji mjesec bio je siječanj sa najnižom izmjerenom prosječnom temperaturom 0,3 °C, dok je najtopliji mjesec srpanj, sa prosječnom temperaturom 22,6°C.

Oborine su ravnomjerno raspodijeljene te prema višegodišnjem prosjeku, najmanje oborina je zabilježeno u veljači, 39,2 mm, a najviše u lipnju 85,1 mm. Srednja vrijednost sume oborina na području Slavonskog Broda je bila 755,4 mm.

Tablica 2. Prosječne mjesečne temperature zraka (°C) i sume oborina (mm) za 2010., 2011. i 2012. godinu i višegodišnji prosjek (2002.- 2012.)

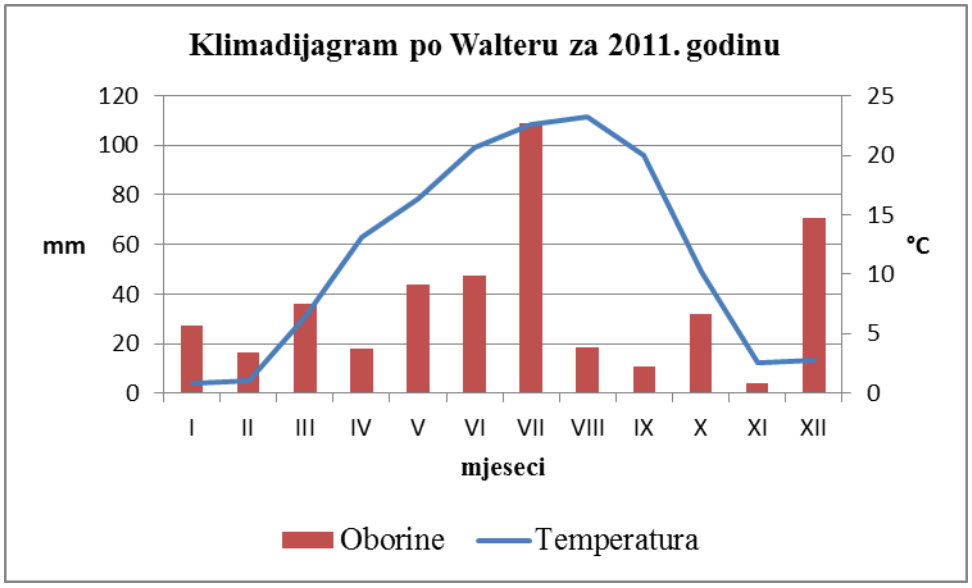
Godina	2002. – 2012.		2010.		2011.		2012.	
Mjesec	Temp. °C	Oborine (mm)	Temp. °C	Oborine (mm)	Temp. °C	Oborine (mm)	Temp. °C	Oborine (mm)
Siječanj	0,3	47,1	0,0	79,5	0,8	27,2	1,7	28,7
Veljača	1,8	39,2	1,8	81,8	1,0	16,6	-2,9	43,0
Ožujak	7,1	43,9	6,8	49,4	6,4	35,9	9,1	1,3
Travanj	12,4	67,2	12,3	52,9	13,1	17,7	12,4	74,3
Svibanj	17,0	73,3	16,2	161,4	16,3	43,8	16,1	98,8
Lipanj	20,9	85,1	20,2	176,9	20,6	47,4	22,4	66,6
Srpanj	22,6	69,9	22,7	42,3	22,6	108,7	25,3	20,9
Kolovoz	21,8	72,8	21,8	44,3	23,2	18,2	24,5	10,5
Rujan	16,6	64,9	15,4	87,7	20,0	10,6	18,3	48,5
Listopad	11,1	69,2	8,9	58,2	10,2	32,1	11,7	84,3
Studeni	6,7	55,9	8,1	71,5	2,5	4,2	9,3	50,1
Prosinac	1,9	66,9	0,3	68,5	2,8	70,5	0,6	113,0

Prosječna godišnja temperatura zraka u 2010. godini je bila niža za 0,5 °C u odnosu na višegodišnji prosjek. Najhladniji mjesec je bio siječanj sa 0 °C, a najtopliji srpanj, sa 22,7 °C, što je gotovo identično sa višegodišnjim prosjekom. Ukupna količina oborina u 2010. godini je iznosila 974 mm, što je za 219 mm više od višegodišnjeg prosjeka. Najviše oborina je palo u lipnju, čak 176,9 mm, a najmanje u srpnju, 42,3 mm.



Grafikon 1. Klimatski dijagram po Walteru za 2010. godinu za područje Slavonskog Broda

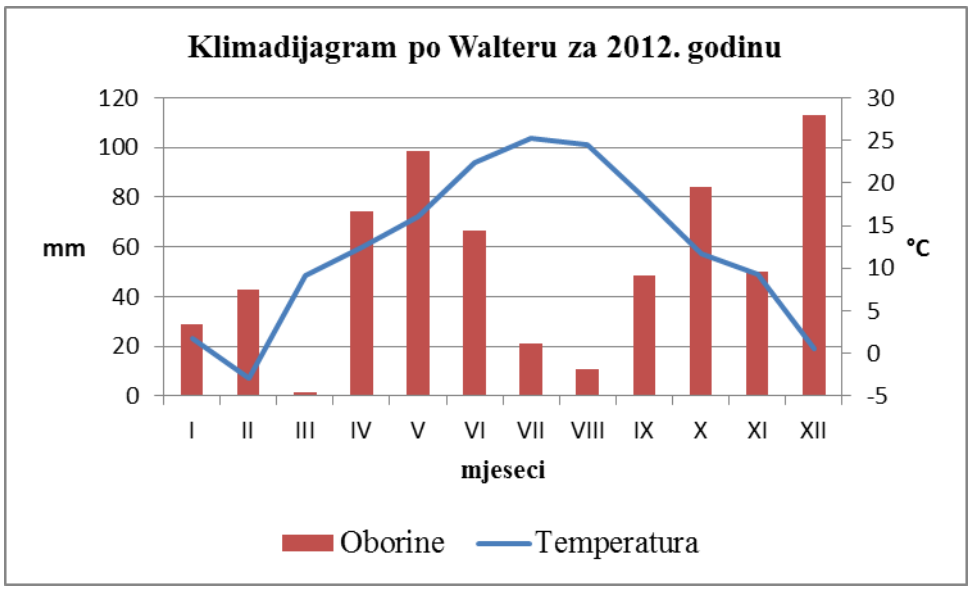
U odnosu na višegodišnji prosjek, prosječna godišnja temperatura zraka u 2011. godini bila je za 0,1 °C niža. Najhladniji mjesec bio je siječanj sa 0,8 °C, a najtopliji kolovoz sa 23,2 °C. Ukupna količina oborina je iznosila svega 432,9, što je u odnosu na višegodišnji prosjek, za 322,5 mm manje oborina. Najkišovitiji mjesec je bio srpanj, sa 108,7 mm oborina, a najmanje oborina je bilo u studenom, svega 4,2 mm.



Grafikon 2. Klimatski dijagram po Walteru za 2011. godinu za područje Slavonskog Broda

U 2012. Godini, prosječna godišnja temperatura zraka u SlavonskomBrodu je bila za 0,7 °C viša u odnosu na višegodišnji prosjek. Najtopliji mjesec je bio srpanj sa 25,3 °C,

iako su vrlo topli bili i lipanj sa 22,4 °C, te kolovoz sa 24,5 °C. Ukupna količina oborina iznosila je 640 mm, što je za 115 mm manje u odnosu na višegodišnji prosjek.



Grafikon 3. Klimatski dijagram po Walteru za 2012. godinu za područje Slavonskog Broda

2.6. Statistička obrada podataka

Statistička obrada dobivenih rezultata provedena je analizom varijance (SAS 9.3, $p<0,05$, Fisher test) radi utvrđivanja značajnosti razlika između istraživanih tretmana, tj. lokaliteta, godine, aplikacije mikroelemenata i sorata pšenice. Značajnost razlika između prosječnih vrijednosti ispitivanih tretmana ocjenjena je testom najmanje značajne razlike (*Least significant difference* - LSD test).

MS Office aplikacijom MS Excel 2016 analizirane su korelacije istraživanih svojstava.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U rezultatima istraživanja prikazana je visina prinosa i koncentracija Zn i Fe nakon biofortifikacije različitih sorata pšenice uzgajanih tijekom dvije vegetacije na dva lokaliteta. Poljskim pokusima analizirani su utjecaji na prinos i koncentraciju Zn i Fe:

- 7 tretmana aplikacije mikrognojiva (kontrola, Fe u tlo, Zn u tlo, smjesa Fe+Zn u tlo, Fe folijarno, Zn folijarno, smjesa Fe+Zn folijarno)
- 2 vegetacije (2011. i 2012. godina),
- 2 lokaliteta (Beravci i Novi Grad),
- 4 okoline (godina × lokalitet: Beravci × 2011, Beravci × 2012, Novi Grad × 2011, Novi Grad × 2012) i
- 4 sorte pšenice (Divana, Katarina, Srpanjka, Zdenka).

Istovremeno su pored prinosa zrna analizirani:

- prirod slame,
- ukupni biološki prirod nadzemne mase pšenice i
- komponente prinosa pšenice.

Hipoteze istraživanja odnose se na učinkovitost biofortifkacije i sortnu specifičnost pšenice, te su kao pokazatelji učinkovitosti analizirani:

- koncentracije Fe i Zn u cjelovitom zrnu pšenice,
- koncentracije Fe i Zn u vegetativnim nadzemnim organima pšenice: list zastavičar, ostali listovi i slama,
- ukupna količina i distribucija Fe i Zn u zrnu, listu zastavičaru, ostalim listovima i slami,
- iznošenje Fe i Zn prinosom zrna i prirodom vegetativnih nadzemnih organa pšenice,
- učinkovitost aplikacije Fe i Zn (% apliciranog Fe i Zn koji je akumuliran u zrnu i % koji je iznesen nadzemnom masom pšenice).

Posebnu grupu čine istraživanja bioraspoloživosti te je prikazano nekoliko pokazatelja bioraspoloživosti Fe i Zn koji su analizirani u cjelovitom zrnu pšenice:

- koncentracija fenola,
- koncentracija fitata,
- odnosi fitat/Fe i
- odnosi fitat/Zn.

3.1. Prinos i komponente prinosa pšenice

3.1.1. Prinos zrna pšenice, prirod slame i ukupan biološki prirod nadzemne mase

U drugoj vegetaciji provedenih istraživanja ostvaren je statistički značajno veći (P = 0,017) prosječan prinos zrna pšenice (5.821,3 kg ha^{-1}) nego u prvoj vegetaciji (5.364,9 kg ha^{-1}). Suprotno je utvrđeno analizom priroda slame (tablica 3.), jer je u prvoj vegetaciji ostvareno značajno (P < 0,0001) više slame (740 kg ha^{-1} više) nego u drugoj vegetaciji. Posljedično različitom utjecaju godine istraživanja na prinose zrna i prirode slame, nije bilo statistički značajnih razlika između prosječnih ukupnih bioloških priroda jer je prosječna razlika bila samo 270 kg ha^{-1}. Prosječno je u pokusima ostvaren prinos zrna 5,593 kg ha^{-1} uz 5,588 kg ha^{-1} prirodа slame.

Na lokalitetu Novi Grad (tablica 3.) ostvaren je prosječno veći prinos zrna (6,751 kg ha^{-1}), veći prirod slame (6,356 kg ha^{-1}) i veći ukupni biološki prirod (13,093 kg ha^{-1}) nego na lokalitetu Beravci (4,435 kg ha^{-1} zrna, 4,819 kg ha^{-1} slame i 9,255 kg ha^{-1} ukupno). Sve razlike između lokaliteta su statistički vrlo značajne (P < 0,0001).

Utjecaj okoline analiziran je kao kombinacija utjecaja lokaliteta i godine uzgoja (tablica 3.). Utvrđena je statistički značajna (P < 0,0001) razlika prinosa zrna i ukupnih bioloških priroda između sve 4 okoline, pri čemu su najveći prinosi i prirodi ostvareni u okolini Novi Grad 2012., nešto niži u okolini Novi Grad 2011., zatim Beravci 2011., a najmanji u okolini Beravci 2012. godine. Isti je redoslijed po visini priroda slame, ali razlika između okolina Novi Grad 2011. i Novi Grad 2012. nije bila statistički značajna, dok su ostale razlike bile značajne.

Također su utvrđene vrlo značajne razlike analiziranih sorata pšenice (P < 0,0001) u ostvarenom prinosu zrna, prirodu slame i ukupnom biološkom prirodu. Pri tome je najveći prosječni prinos zrna (6,280 kg ha^{-1}) ostvarila sorta Katarina, a nešto niži prinos (razlika nije značajna) ostvarila je sorta Zdenka (5,947 kg ha^{-1}). Ove dvije sorte ostvarile su i najveći ukupni biološki prirod, ali je nešto veći prirod ostvarila sorta Zdenka (12,176 kg ha^{-1}) od sorte Katarina (11,512 kg ha^{-1}). To je rezultat najvećeg priroda slame ostvarenog sortom Zdenka (6,229 kg ha^{-1}), koji je bio značajno veći od ostale tri sorte (Divana 5,656, Srpanjka 5,234 i Katarina 5,232 kg ha^{-1}) među kojima nije bilo značajnih razlika. Dakle, sorta Katarina ostvarila je najveći prinos zrna i najmanji prirod slame. Istovremeno, sorta Divana ostvarila je značajno najmanji prinos zrna (prosječno 4,701 kg ha^{-1}), ali i najmanji ukupni biološki prirod (10,329 kg ha^{-1}) unatoč nešto većoj produkciji slame (5,656 kg ha^{-1}) od sorata Srpanjka i Katarina. Sorta Srpanjka prinosom zrna (5,444 kg ha^{-1}) bila je

značajno manja od sorte Katarina, u istom rangu sa sortom Zdenka, ali veća od sorte Divana. Ukupnim je biološkim prirodom sorta Srpanjka bila nešto veća od sorte Divana i nešto manja od sorte Katarina (navedene razlike nisu bile statistički značajne), ali značajno niža od sorte Zdenka.

Tablica 3. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na prinos zrna, prirod slame i ukupan biološki prirod nadzemne mase pšenice (u kg ha^{-1})

	Prinos zrna (kg ha^{-1})	Prirod slame (kg ha^{-1})	Ukupni prirod (kg ha^{-1})
2011.	5.364,9 b	5.958,0 a	11.308,6
2012.	5.821,3 a	5.217,8 b	11.039,1
P	0,0172	<0,0001	0,3998
$LSD_{0,05}$	375,05	312,39	ns
Beravci	4.435,3 b	4.819,4 b	9.254,7 b
Novi Grad	6.750,9 a	6.356,4 a	13.093,1 a
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	284,52	276,71	474,94
Beravci 2011	4.691,7 c	5.620,8 b	10.312,5 c
Beravci 2012	4.178,8 d	4.018,0 c	8.196,8 d
Novi Grad 2011	6.038,1 b	6.295,2 a	12.304,8 b
Novi Grad 2012	7.463,8 a	6.417,7 a	13.881,5 a
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	368,96	352,06	610,51
Divana	4.701,3 c	5.656,3 b	10.329,0 c
Katarina	6.279,7 a	5.232,3 b	11.512,0 ab
Srpanjka	5.444,3 b	5.234,0 b	10.678,3 bc
Zdenka	5.947,1 ab	6.229,2 a	12.176,3 a
P	<0,0001	<0,0001	0,0001
$LSD_{0,05}$	504,90	439,97	865,37
Kontrola	5.407,3	5.529,3	10.936,7
Fe tlo	5.574,7	5.614,2	11.189,0
Zn tlo	5.534,3	5.460,8	10.995,1
Fe+Zn tlo	5.533,3	5.702,2	11.235,4
Fe folijarno	5.825,2	5.702,2	11.477,4
Zn folijarno	5.619,8	5.591,7	11.211,5
Fe+Zn folijarno	5.657,1	5.515,1	11.172,2
P	0,9565	0,9819	0,9845
$LSD_{0,05}$	ns	ns	ns

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno, nisu značajno utjecale niti na prinose zrna, niti na prirode slame, niti na ukupne biološke prirode. Ipak, najveći je prinos zrna, slame i ukupne nadzemne mase ostvaren nakon folijarne aplikacije Fe. Međutim, razlike u odnosu na najmanje prinose zrna (318 kg ha^{-1} više od kontrole), najmanje prirode slame (241 kg

ha^{-1} više od tretmana aplikacije Zn u tlo) i najmanjeg ukupnog biološkog priroda (540 kg ha^{-1} više od kontrole) su bile relativno male i nisu bile statistički značajne.

3.1.2. Komponente prinosa pšenice

U provedenim je poljskim pokusima ostvareno prosječno 518,40 vlati m^{-2}, pri čemu je vlat pšenice imala 40,75 zrna, a prosječna je masa 1.000 zrna bila 38,62 g.

Statistički značajno veći (P = 0,0001) broj vlati m^{-2} ostvaren je u drugoj vegetaciji provedenih istraživanja (549,40) u odnosu na prvu vegetaciju (487,39). Suprotno tome, u prvoj vegetaciji istraživanja ostvaren je značajno veći broj zrna $vlati^{-1}$ (42,00 prema 39,50) i masa 1.000 zrna (39,83 prema 37,41 g) nego u drugoj vegetaciji (tablica 4).

Na lokalitetu Novi Grad ostvaren je značano veći broj vlati m^{-2} (596,17) i broj zrna $vlati^{-1}$ (45,41) nego na lokalitetu Beravci (broj vlati 440,63 i broj zrna 36,09). Lokalitet nije statistički značajno utjecao na masu 1.000 zrna (tablica 4.).

Okolina (lokalitet × godina) je statistički značajno utjecala na sva ispitivana svojstva (tablica 4.). Najveći broj vlati m^{-2} je ostvaren u okolini Novi Grad 2012., zatim Novi Grad 2011., a najmanji u okolini Beravci 2012. Najveći broj zrna po vlati ostvaren je u okolini Novi Grad 2011., zatim Novi Grad 2012., dok je najmanje ostvareno u okolinama Beravci 2011. i 2012. Masa 1000 zrna je bila značajno veća u okolinama Novi Grad 2011. i Beravci 2011. nego u okolinama Novi Grad 2012. i Beravci 2012.

Također su utvrđene vrlo značajne razlike (P < 0,0001) između komponenti prinosa istraživanih sorata pšenice. Sorte Srpanjka (579,35) i Zdenka (548,57) su imale značajno veći broj vlati m^{-2} od sorata Divana i Katarina. Nasuprot tome, sorta Katarina je ostvarila najveći broj zrna po klasu (47,73), nešto manje sorta Zdenka (45,23), zatim sorta Srpanjka (39,41), dok je najmanje ostvarila sorta Divana (30,65). Međutim, sorta Divana je ostvarila najveću masu 1.000 zrna (46,21 g). Najmanju masu 1000 zrna je imala sorta Srpanjka (33,84 g) koja je ostvarila najveći broj vlati.

Aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno nisu značajano utjecaj na komponente prinosa iako je nakon folijarne aplikacije Fe ostvaren veći broj vlati m^{-2} (534,85) u odnosu na kontrolu (507,02), te veći broj zrna (42,050) u odnosu na kontrolu (39,818), no razlike nisu bile statistički značajne. Aplikacija Fe i Zn nije značajno utjecala na masa 1.000 zrna (tablica 4.).

Tablica 4. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na komponente prinosa pšenice

	Broj vlati m^{-2}	Broj zrna vlati^{-1}	Masa 1000 zrna (g)
2011.	487,39 b	42,004 a	39,8342 a
2012.	549,40 a	39,504 b	37,4111 b
P	0,0001	0,0183	0,0005
$LSD_{0,05}$	31,116	2,0747	1,3506
Beravci	440,63 b	36,0931 b	38,3723
Novi Grad	596,17 a	45,4149 a	38,8730
P	<0,0001	<0,0001	0,4741
$LSD_{0,05}$	27,065	1,8358	ns
Beravci 2011	458,14 c	36,570 c	39,3336 a
Beravci 2012	423,12 d	35,616 c	37,4110 b
Novi Grad 2011	516,64 b	47,438 a	40,3348 a
Novi Grad 2012	675,69 a	43,392 b	37,4112 b
P	<0,0001	<0,0001	0,0042
$LSD_{0,05}$	34,128	2,5651	1,9128
Divana	481,63 b	30,651 d	46,2098 a
Katarina	464,05 b	47,727 a	38,1438 b
Srpanjka	579,35 a	39,409 c	33,8360 d
Zdenka	548,57 a	45,229 b	36,3010 c
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	42,774	2,1875	1,3418
Kontrola	507,02	39,818	38,887
Fe tlo	524,44	41,044	38,630
Zn tlo	503,33	41,025	38,174
Fe+Zn tlo	515,88	40,083	38,910
Fe folijarno	534,85	42,050	38,735
Zn folijarno	518,35	39,479	38,649
Fe+Zn folijarno	524,92	41,779	38,373
P	0,9564	0.8168	0,9979
$LSD_{0,05}$	ns	ns	ns

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

3.2. Koncentracija Fe i Zn u zrnu, listovima i slami pšenice

3.2.1. Koncentracija Fe u zrnu, listovima i slami pšenice

Najmanja prosječna koncentracija Fe utvrđena je u slami pšenice (11,39 mg kg^{-1}) pšenice, značajno je veća koncentracija utvrđena u zrnu (41,49 mg kg^{-1}) i listu zastavičaru (86,94 mg kg^{-1}), a najveća u ostalim listovima pšenice (134,98 mg kg^{-1}).

U prvoj vegetaciji provedenih istraživanja ostvarena je statistički značajno (P = 0,0262) veća koncentracija Fe u zrnu (42,86 mg kg^{-1}) nego u drugoj vegetaciji (40,12 mg kg^{-1}). Koncentracija Fe u ostalim listovima (181,42 mg kg^{-1}), listu zastavičaru (108,93 mg kg^{-1}) i slami (12,51 mg kg^{-1}) također je bila značajno veća (P < 0,0001) u prvoj vegetaciji istraživanja (tablica 5.).

Na lokalitetu Novi Grad je ostvarena (tablica 5.) statistički značajno veća koncentracija Fe u zrnu (44,74 mg kg^{-1}) nego na lokalitetu Beravci (38,25 mg kg^{-1}). Suprotno, na lokalitetu Beravci su ostvarene značajno veće koncentracije Fe u listu zastavičaru (98,05 mg kg^{-1}), ostalom listu (148,10 mg kg^{-1}) i slami (12,78 mg kg^{-1}).

Utvrđene su statistički vrlo značajane (P < 0,0001) razlike u koncentraciji Fe u zrnu i nadzemnim vegetativnim dijelovima pšenice između sve četiri okoline (lokalitet × godina uzgoja). Najveća koncentracija Fe u zrnu je ostvarena u okolini Novi Grad 2011. (44,89 mg kg^{-1}) i Novi Grad 2012. (44,58 mg kg^{-1}), zatim u okolini Beravci 2011. (40,83 mg kg^{-1}), dok je najmanja koncentracija Fe u zrnu bila u okolini Beravci 2012. (35,67 mg kg^{-1}). Suprotno tome, najveća koncentracija Fe u listu zastavičaru, ostalim listovima i slami je ostvarena u okolini Beravci 2011., a najmanja u okolini Novi Grad 2012.

U provedenom istraživanju utvrđene su značajne razlike istraživanih sorata pšenice prema koncentracijama Fe u zrnu i slami (P < 0,0001), listu zastavičaru (P = 0,0012) te ostalim listovima (P = 0,0153). Značajno veću koncentraciju Fe u zrnu ostvarila je sorta Divana (47,38 mg kg^{-1}) u odnosu na preostale tri sorte: Zdenka 40,06, Srpanjka 39,61 i Katarina 38,92 mg kg^{-1}. Istovremeno, sorte Katarina i Srpanjka su ostvarile značajno veću koncentraciju Fe u listu zastavičaru i slami u odnosu na sorte Divana i Zdenka (tablica 5.).

Aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno, značajno su utjecale (P < 0,0001) na promjenu koncentracije Fe u zrnu, listu zastavičaru i ostalim listovima pšenice. Najveća koncentracija Fe (47,10 mg kg^{-1}) u zrnu pšenice je rezultat folijarne aplikacije Fe, zatim folijarne aplikacije Fe + Zn (45,70 mg kg^{-1}), a značajno je manji utjecaj aplikacije Fe u tlo. Aplikacija Zn u tlo, istovremena aplikacija Fe+Zn u tlo i folijarna aplikacija Zn nisu značajno utjecale na razlike u koncentraciji Fe u zrnu u odnosu na kontrolu. Nadalje, folijarna aplikacija Fe + Zn te folijarna aplikacija Fe rezultirale su višom koncentracijom Fe u listu zastavičaru i ostalim listovima u odnosu na ostale tretmane i kontrolu, no niti jedan tretman nije imao značajan utjecaj na koncentraciju Fe u slami pšenice (tablica 5.).

Tablica 5. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije mikroelemenata Fe i Zn na koncentraciju Fe u zrnu, listovima i slami pšenice

	Koncentracija Fe (mg kg^{-1})			
	Zrno	List zastavičar	Ostali listovi	Slama
2011.	**42,860 a**	**108,929 a**	**181,415 a**	**12,5050 a**
2012.	40,123 b	64,947 b	88,548 b	10,2777 b
P	0,0262	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,4111	10,3	14,55	0,9433
Beravci	38,249 b	**98,045 a**	**148,097 a**	**12,7764 a**
Novi Grad	**44,735 a**	75,831 b	121,866 b	10,0064 b
P	<0,0001	<0,0001	0,0033	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,3265	11,081	17,425	0,9265
Beravci 2011	40,827 b	**127,786 a**	**219,482 a**	**13,9316 a**
Beravci 2012	35,670 c	68,303 c	76,712 d	11,6212 b
Novi Grad 2011	**44,894 a**	90,072 b	143,348 b	11,0785 b
Novi Grad 2012	**44,576 a**	61,591 c	100,385 c	8,9342 c
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	3,2527	14,014	18,759	1,2694
Divana	**47,377 a**	76,335 b	125,99 b	10,8354 b
Katarina	38,923 b	**92,086 a**	**155,16 a**	**12,3728 a**
Srpanjka	39,612 b	**103,166 a**	141,21 ab	**12,8495 a**
Zdenka	40,055 b	76,165 b	117,56 b	9,5077 c
P	<0,0001	0,0012	0,0153	<0,0001
$LSD_{0,05}$	3,2833	15,7	24,651	1,3206
Kontrola	36,931 d	64,121 b	98,94 c	11,0508
Fe tlo	41,993 bc	82,161 b	133,99 b	10,9140
Zn tlo	38,567 dc	67,588 b	112,99 bc	10,9599
Fe+Zn tlo	40,846 dc	75,743 b	120,16 bc	11,9121
Fe folijarno	**47,103 a**	**120,039 a**	**175,41 a**	12,6561
Zn folijarno	39,299 dc	70,110 b	115,22 bc	11,0433
Fe+Zn folijarno	**45,703 ab**	**128,805 a**	**188,17 a**	11,2034
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,4267
$LSD_{0,05}$	4,3577	18,933	30,758	ns

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

3.2.2 Koncentracija Zn u zrnu, listovima i slami pšenice

Prosječno je u istraživanjima utvrđena najmanja koncentracija Zn u listu zastavičaru (12,42 mg kg^{-1}) i ostalim listovima (13,99 mg kg^{-1}), nešto veća u slami (14,96 mg kg^{-1}) nego u listovima, a najveća prosječna koncentracija Zn utvrđena je u zrnu (38,76 mg kg^{-1}).

Godine provedenih istraživanja nisu statistički značajno utjecale na koncentraciju Zn u zrnu, listu zastavičaru i ostalim listovima (tablica 6.). Iako je koncentracija Zn bila veća u drugoj vegetaciji istraživanja, razlike nisu bile statistički značajne. U drugoj godini

provedenih istraživanja ostvarena je samo statistički značajno veća ($P < 0,0001$) koncentracija Zn u slami pšenice (16,16 mg kg^{-1}) nego u prvoj vegetaciji (13,76 mg kg^{-1}).

Tablica 6. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na koncentraciju Zn (mg kg^{-1}) u zrnu, listovima, zastavičaru i slami pšenice

	Koncentracija Zn (mg kg^{-1})			
	Zrno	List zastavičar	Ostali listovi	Slama
2011.	38,0320	11,4969	13,594	13,7599 b
2012.	**39,4922**	**13,3433**	**14,394**	**16,1574 a**
P	0,1355	0,0630	0,5834	<0,0001
$LSD_{0,05}$	ns	ns	ns	1,0034
Beravci	35,6548 b	11,6803	12,209 b	13,2182 b
Novi Grad	**41,8695 a**	**13,1599**	**15,778 a**	**16,6991 a**
P	<0,0001	0,1367	0,0140	<0,0001
$LSD_{0,05}$	1,8061	ns	2,8434	0,9659
Beravci 2011	35,509 c	9,454 b	8,584 c	12,2061 c
Beravci 2012	35,801 c	**13,907 a**	15,835 ab	14,2303 b
Novi Grad 2011	40,555 b	**13,540 a**	**18,603 a**	15,3138 b
Novi Grad 2012	**43,184 a**	**12,780 a**	12,953 b	**18,0845 a**
P	<0,0001	0,0053	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,546	2,724	3,9094	1,3192
Divana	**48,598 a**	9,166 b	11,324 b	13,6324 c
Katarina	35,774 b	14,481 a	14,695 ab	15,1759 b
Srpanjka	35,717 b	**15,743 a**	**15,856 a**	**17,4230 a**
Zdenka	34,960 b	10,291 b	14,099 ab	13,6034 c
P	<0,0001	<0,0001	0,1554	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,1089	2,6458	4,0381	1,3905
Kontrola	35,026 d	7,840 b	7,240 b	13,5772 c
Fe tlo	36,962 cd	8,572 b	7,432 b	14,0244 bc
Zn tlo	39,458 bc	9,963 b	8,809 b	**16,0355 a**
Fe+Zn tlo	38,549 bc	9,361 b	8,648 b	15,0636 abc
Fe folijarno	36,686 cd	9,911 b	7,800 b	13,7851 c
Zn folijarno	**43,356 a**	**21,021 a**	**30,668 a**	15,7259 ab
Fe+Zn folijarno	41,298 ab	**20,274 a**	**27,359 a**	**16,4989 a**
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0080
$LSD_{0,05}$	3,4664	3,0119	3,7708	1,9025

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Na lokalitetu Novi Grad ostvarena je veća koncentracija Zn u zrnu (41,87 mg kg^{-1}), zastavičaru (13,16 mg kg^{-1}), ostalim listovima (15,78 mg kg^{-1}) i slami (16,70 mg kg^{-1}) u

odnosu na lokalitet Bearavci (tablica 6.), a statistički značajna nije bila jedino razlika u koncentracijama Zn u listu zastavičaru.

Utvrđene su statistički vrlo značajne razlike u koncentracijama Zn u zrnu, listovima i slami između sve četiri okoline (lokalitet × godina uzgoja). Najveća koncentracija Zn u zrnu pšenice ostvarena je u okolini Novi Grad 2012. (43,18 mg kg^{-1}), nešto niža u okolini Novi Grad 2011. (40,56 mg kg^{-1}). Značajno niže koncentracije Zn u zrnu ostvarene u okolini Beravci 2012. i Beravci 2011., no razlike između njih nisu bile statistički značajne (tablica 6.). Isti redosljed je i u koncentracijama Zn u slami, ali razlika između okoline Novi Grad 2011. i okoline Beravci 2012. nije bila statistički značajna. Koncentracija Zn u listu je bila najveća u okolini Novi Grad 2011., značajno niža u okolini Beravci 2012. i Novi grad 2012., a najniža u okolini Beravci 2011. Koncentracija Zn u listu zastavičaru je također bila najniža u okolini Beravci 2011., viša u ostalim okolinama, no razlike između njih nisu bile statistički značajne.

Pokusom su također utvrđene značajne razlike u koncentracijama Zn u zrnu, listovima i slami istraživanih sorata pšenice. Najveću koncentraciju Zn u zrnu ostvarila je sorta Divana (48,60 mg kg^{-1}), a značajno niže koncentracije Zn bile su u zrnu ostalih sorata među kojima nije bilo zanačajnih razlika (tablica 6.). Sorte Srpanjka (15,74 mg kg^{-1}) i Katarina ostvarile su značajno veće koncentracije Zn u zastavičaru nego sorte Zdenka i Divana, a vrlo slično najveću koncentraciju Zn u ostalim listovima je ostvarila sorta Srpanjka (15,86 mg kg^{-1}), nešto manju, bez značajnih razlika, sorte Katarina i Zdenka, a najmanju Divana (11,324 mg kg^{-1}). Također je najveću koncentraciju Zn u slami ostvarila sorta Srpanjka (17,42 mg kg^{-1}), nešto nižu Katarina (15,18 mg kg^{-1}), dok su najmanje ostvarile sorte Divana i Zdenka.

Aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno su značajno utjecale na koncentraciju Zn u zrnu, listu zastavičaru, ostalim listovima ($P < 0,0001$) i slami ($P = 0,0080$). Najveća koncentracija Zn u zrnu ostvarena je nakon folijarne aplikacije Zn (43,56 mg kg^{-1}), te folijarne aplikacije Fe+Zn (41,30 mg kg^{-1}). Nešto niže koncentracije Zn u zrnu ostvarene su nakon aplikacije Zn u tlo te aplikacije Fe+Zn u tlo. Najniže koncentracije Zn u zrnu pšenice ostvarene su nakon aplikacije Fe u tlo, folijarne aplikacije Fe i na kontrolnom tretmanu. Folijarna aplikacija Zn i Fe+Zn su značajno utjecali na koncentracije Zn u listu zastavičaru (21,02 mg kg^{-1}, 20,27 mg kg^{-1}) i ostalim listovima (30,67 mg kg^{-1}, 27,36 mg kg^{-1}), a utjecaj ostalih tretmana nije bio značajan jer su rezultati bili u rangu s kontrolom. Na koncentraciju Zn u slami značajno su utjecali svi tretmani koji su uključivali aplikaciju

Zn, no ipak značajno veća koncentracija Zn u slami ostvarena je nakon folijarne aplikacije Fe+Zn (16,50 mg kg^{-1}) te aplikacije Zn u tlo (16,04 mg kg^{-1}) u odnosu na kontrolu (13,58 mg kg^{-1}). Nešto niža koncentracija je ostvarena folijarnom aplikacijom Zn (tablica 6.).

3.3. Ukupna količina i distribucija Fe i Zn u zrnu, listovima i slami

3.3.1. Akumulacija Fe u zrnu, listovima i slami pšenice

Prosječno je u istraživanju utvrđena najmanja masa Fe u slami pšenice (6,36 µg $biljci^{-1}$), značajno veća masa Fe u listu zastavičaru (18,07 µg $biljci^{-1}$), zatim u ostalim listovima (49,40 µg $biljci^{-1}$), a najveća masa Fe utvrđena je u zrnu (64,13 µg $biljci^{-1}$. Prosječno je u vegetativnim nadzemnim dijelovim biljke utvrđeno 73,83 µg $biljci^{-1}$ Fe, dok je ukupno, u nadzemnim dijelovima ostvareno 137,97 µg $biljci^{-1}$ Fe.

Statistički značajno veća ($P < 0,0001$) masa Fe u zrnu (71,62 µg/biljci), listu zastavičaru (22,29 µg $biljci^{-1}$), ostalim listovima (65,60 µg $biljci^{-1}$), i slami (7,15 µg $biljci^{-1}$) pšenice zabilježena je u prvoj vegetaciji provedenih istraživanja nego u drugoj vegetaciji (56,65 µg $biljci^{-1}$, 33,21 µg $biljci^{-1}$, 13,85 µg $biljci^{-1}$, 5,57 µg $biljci^{-1}$) te je u prvoj vegetaciji utvrđena i ukupno značajno veća masa Fe u nadzemnim dijelovima pšenice (tablica 7.).

Na lokalitetu Novi Grad ostvarena je značajno veća masa Fe u zrnu pšenice (76,56 µg $biljci^{-1}$) nego na lokalitetu Beravci (51,71 µg $biljci^{-1}$), dok je masa Fe u listu zastavičaru i slami bila značajno veća na lokalitetu Beravci. Lokalitet nije značajano utjecao na masu Fe u ostalim listovima pšenice, a time ni na ukupnu masu u vegetativnim nadzemnim organima po biljci (tablica 7.), ali je na lokalitetu Novi Grad (128,44 µg $biljci^{-1}$) ostvarena značajno veća ukupna masa Fe u nadzemnim dijelovima pšenice po jednoj biljci nego na lokalitetu Beravci (147,49 µg $biljci^{-1}$).

Utvrđena je statistički značajna ($P < 0,0001$) razlika u masi Fe u zrnu, listovima i slami pšenice između sve četiri okoline pri čemu je najveća masa Fe u zrnu ostvarena u okolini Novi Grad 2011. (84,57 µg $biljci^{-1}$), nešto niža (68,54 µg $biljci^{-1}$) u okolini Novi Grad 2012., zatim (58,66 µg $biljci^{-1}$) u okolini Beravci 2011., a najniža (44,76 µg $biljci^{-1}$), u okolini Beravci 2012. Nasuprot tome, najveća masa Fe u listovima (zastavičar i ostali listovi) ostvarena je u okolini sa najmanjom masom Fe u zrnu, Beravci 2011., zatim u okolini Novi Grad 2011., pa Novi Grad 2012., a najmanja masa je ostvarena u okolini Beravci 2012. Najveća masa Fe u slami pšenice također je utvrđena u okolini Beravci 2011., a najmanja u okolini Novi Grad 2012. Najveća ukupna masa Fe u nadzemnim

dijelovima biljke utvrđena je u okolini Beravci 2011. te u istom rangu, okolini Novi Grad 2011., a značajno manja u okolini Novi Grad 2012. i najmanja u okolini Beravci 2012. (tablica 7.).

Tablica 7. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na masu Fe u zrnu, listovima i slami, te ukupnu masu Fe u nadzemnim dijelovima biljke (µg/biljci).

	Masa Fe (µg biljci^{-1})				Masa Fe vegetativnih dijelova (µg biljci^{-1})	Ukupna masa Fe nadzemnih dijelova (µg biljci^{-1})
	Zrno	List zastavičar	Ostali listovi	Slama		
2011.	**71,617a**	**22,288a**	**65,599a**	**7,1539a**	**95,041a**	**166,658a**
2012.	56,650b	13,847b	33,206b	5,5697b	52,622b	109,272b
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	5,1824	2,4052	5,9967	0,5692	7,6223	9,9976
Beravci	51,709b	**19,795a**	49,805	**7,1335a**	76,733	128,442b
Novi Grad	**76,558a**	16,340b	49,000	5,5901b	70,931	**147,489a**
P	<0,0001	0,0079	0,8197	<0,0001	0,1987	0,0013
$LSD_{0,05}$	4,7222	2,5441	ns	0,5705	ns	11,572
Beravci 2011	58,661c	**25,313a**	**76,830a**	**7,8088a**	**109,952a**	**168,613a**
Beravci 2012	44,757d	14,276c	22,779d	6,4582b	43,514d	88,270c
Novi Grad 2011	**84,572a**	19,263b	54,368b	6,4991b	80,131b	**164,703a**
Novi Grad 2012	68,544b	13,417c	43,632c	4,6812c	61,731c	130,275b
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	6,2945	3,3474	7,8364	0,7714	10,133	13,43
Divana	**67,050a**	15,293c	49,782 b	**8,1694 a**	73,244b	140,294b
Katarina	**70,911a**	**23,686a**	**60,228 a**	6,3470 b	**90,261a**	**161,171a**
Srpanjka	52,703b	19,327b	39,098 c	5,2904 c	63,715c	116,418c
Zdenka	**65,870a**	13,964c	48,501bc	5,6404bc	68,106b	133,976b
P	<0,0001	<0,0001	0,0004	<0,0001	0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	7,4079	3,4578	9,5703	0,7716	12,223	15,938
Kontrola	56,420 c	13,546 b	36,160 c	5,9802 b	55,686 c	112,11 c
Fe tlo	65,280bc	17,059 b	49,020 b	6,4388ab	72,517 b	137,80 b
Zn tlo	59,707 c	13,631 b	40,943bc	6,0475 b	60,621bc	120,33bc
Fe+Zn tlo	60,954 c	15,225 b	44,493bc	6,4926ab	66,210bc	127,16bc
Fe folijarno	**75,313 a**	**25,975 a**	**64,785 a**	**7,2593 a**	**98,019 a**	**173,33 a**
Zn folijarno	58,572 c	14,265 b	41,415bc	5,9350 b	61,615bc	120,19bc
Fe+Zn folijarno	**72,687ab**	**26,773 a**	**69,002 a**	**6,3793ab**	**102,154 a**	**174,84 a**
P	0,0004	<0,0001	<0,0001	0,2467	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	9,8561	4,3288	12,186	1,1068	15,203	19,903

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Utvrđene su i statistički značajne razlike između sorata pšenice ($P < 0,0001$) po masi Fe u zrnu, listovima i slami jedne biljke. Pri tome, najveću masu Fe u zrnu pšenice je ostvarila sorta Katarina (70,91 µg biljci^{-1}), u istom su rangu sorte Divana (67,05 µg biljci^{-1})

i Zdenka (65.87 μg biljci^{-1}), a najmanje sorta Srpanjka (52,703 μg biljci^{-1}). Također, u istoj sorti (Katarina) je utvrđena i najveća masa Fe u listu zastavičaru i ostalim listovima, te ukupno najveća masa Fe u vegetativnim i u svim nadzemnim dijelovima po biljci. Sorta Divana imala je veću masu Fe u slami po biljci od ostalih sorata, a po masi Fe u ostalim nadzemnim dijelovima (zrno, listovi) i ukupno nadzemnoj masi, bila je odmah nakon sorte Katarina, ali iznad sorata Zdenka i Srpanjka. Sorta Srpanjka imala je najmanju ukupnu masu Fe u zrnu, listovima i slami po biljci (tablica 7.).

Tretmani aplikacije Fe i Zn također su značajno (P<0,0001) utjecali na akumulaciju Fe u zrnu, listovima i slami pšenice. Najveće količine Fe u nadzemnim dijelovima jedne biljke utvrđene su nakon folijarne aplikacije Fe (zrno, slama) ili Fe+Zn (zastavičar, ostali listovi, ukupno u nadzemnoj masi), a između ova dva tretmana nije bilo statistički značajnih razlike niti po dijelovima pšenice, niti po ukupnom nadzemnom dijelu biljke (tablica 7). Slijedi tretman aplikacije Fe u tlo koji je u odnosu na kontrolu rezultirao značajno većim masama Fe samo u ostalim listovima pšenice (listovi bez zastavičara, 49,02 prema 36,16 μg biljci^{-1})) te u ukupnoj masi nadzemnih vegetativnih organa (72,52 prema 55,69 μg biljci^{-1}) i ukupnoj nadzemnoj masi pšenice (137,80 prema 112,11 μg biljci^{-1}). Ostale aplikacije Fe i Zn (Fe+Zn u tlo, Zn tlo i Zn folijarno) nisu značajno utjecale na količine Fe u nadzemnim organima biljke pšenice (tablica 7.)

3.3.2. Distribucija Fe u zrno, listove i slamu

Prosječno je u nadzemnim vegetativnim dijelovima pšenice distribuirano 51,76 % ukupne količine Fe, a preostalih 48,24 % akumulirano je u zrnu. Najmanje je Fe utvrđeno u slami (5,04 %), zatim u zastavičaru (13,15 %) te 33,57 % u ostalim listovima.

U drugoj vegetaciji provedenih istraživanja utvrđena je statistički značajno veća (P < 0,0001) distribucija ukupne količine Fe u zrno (52,20 %) nego u prvoj vegetaciji (44,27 %), dok je u prvoj vegetaciji utvrđena veća distibucija ukupne količine Fe u vegetativne nadzemne organe pšenice (55,73 %) nego u drugoj vegetaciji (47,80 %). Također, u prvoj je vegetaciji utvrđen veći % distribucije Fe u listovima (38,26 prema 28,88 %) i manji % Fe u slami (4,48 prema 5,61 %) nego u drugoj vegetaciji (tablica 8.).

Tablica 8. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na distribuciju (postotak ukupne mase) Fe u zrno, listove i slamu (%)

	Distribucija Fe po organima pšenice (%)				Postotak ukupne mase Fe u nadzemnim vegetativnim dijelovima (%)
	Zrno	List zastavičar	Ostali listovi	Slama	
2011.	44,273 b	12,9877	**38,262 a**	4,4779 b	55,727 a
2012.	**52,200 a**	**13,3134**	28,877 b	**5,6096 a**	47,800 b
P	<0,0001	0,6122	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,484	ns	2,1313	0,5361	2,484
Beravci	43,457 b	**15,2595 a**	**35,160 a**	**6,1238 a**	**56,543 a**
Novi Grad	**53,015 a**	11,0416 b	31,980 b	3,9637 b	46,985 b
P	<0,0001	<0,0001	0,0077	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,4166	1,1789	2,3336	0,4982	2,4166
Beravci 2011	35,858 b	**14,6959 a**	**44,622 a**	4,8247 b	**64,142 a**
Beravci 2012	51,057 a	**15,8231 a**	25,697 c	**7,4229 a**	48,943 b
Novi Grad 2011	52,688 a	11,2795 b	31,902 b	4,1311 c	47,312 b
Novi Grad 2012	**53,342 a**	10,8037 b	32,058 b	3,7963 c	46,658 b
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	3,0088	1,6671	2,6044	0,6476	3,0088
Divana	48,499 ab	10,8523 b	34,188	6,4611 a	51,501 ab
Katarina	47,361 ab	14,9023 a	33,497	4,9806 b	52,639 ab
Srpanjka	46,538 b	16,0409 a	32,440	4,2394 c	53,462 a
Zdenka	50,547 a	10,8068 b	34,153	4,4938b c	49,453 b
P	0,1648	<0,0001	0,7080	<0,0001	0,1648
$LSD_{0,05}$	3,6971	1,6413	ns	0,7342	3,6971
Kontrola	**50,905 a**	12,483 b	30,924 c	5,6885 a	49,095 c
Fe tlo	49,965 ab	12,367 b	32,776 bc	4,8928abc	50,035 bc
Zn tlo	**50,641 a**	11,799 b	32,128 bc	5,4328 ab	49,359 c
Fe+Zn tlo	48,761 ab	12,122 b	33,668 bc	5,4488 ab	51,239 bc
Fe folijarno	45,193 bc	**14,877 a**	35,321 ab	4,6088 bc	54,807 ab
Zn folijarno	**50,386 a**	12,408 b	32,021 bc	5,1850 ab	49,614 c
Fe+Zn folijarno	41,802 c	**15,999 a**	**38,149 a**	4,0496 c	58,198 a
P	0,0006	0,0011	0,0240	0,0249	0,0006
$LSD_{0,05}$	4,7783	2,3032	4,3494	1,0139	4,7783

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Na lokalitetu Novi Grad je utvrđen značajno veći ($P < 0,0001$) postotak distribucije ukupnog Fe u zrno (53,02 %) nego na lokalitetu Beravci (43,46 %), dok je na lokalitetu Beravci ostvarena značajno veća distribucija ukupnog Fe u listu zastavičaru (15,26 %), ostalom listu (35.16 %) i slami (6,12 %) (tablica 8.). Slijedom toga, na lokalitetu Beravci (56,54 %) je bila značajno veća distribucija Fe u nadzemnim vegetativnim dijelovima pšenice nego na lokalitetu Novi Grad (46,99 %).

Također je utvrđena statistički značajna ($P < 0,0001$) razlika u distribuciji ukupne mase Fe u zrno, listove i slamu pšenice između sve četiri okoline (lokalitet × godina uzgoja) pri čemu je najveća distribucija ukupne masa Fe u zrno ostvarena u okolini Novi Grad 2012. (53,34 %), nešto manaja, ali u istom rangu, u okolini Novi Grad 2011. (52,69 %) i okolini Beravci 2012. (51,06 %). Značajno je najmanja distribucija ukupne mase Fe u zrno utvrđena u okolini Beravci 2011. (35,89 %). Suprotno tome, u okolini Beravci 2011. ostvarena je najveća distribucija Fe u ostale listove (44,62 %), dok je u okolini Novi Grad 2011. i Novi Grad 2012. ostvarena distribucija Fe bila u istom rangu, ali značajno manja, dok je u okolini Beravci 2012. (25,70 %) distribuciaj Fe u ostale listove bila značajno najmanja. Značajno veća distribucija Fe u list zastavičar ostvaren je u okolinama Beravci 2012. i Beravci 2011. nego u okolinama Novi Grad 2011. i Novi Grad 2012. (tablica 8.). Nadalje, najmanja distribucija Fe u slamu utvrđena je u okolini Novi Grad 2012. (3,80 %) i Novi Grad 2011. (4,13%), dok je značajno veća distribucija Fe ostvarena u okolini Beravci 2011., a najveća u okolini Beravci 2012. (7,42 %). Najveća distribucija ukupnog Fe u vegetativne dijelove pšenice ostvarena je u okolini Beravci 2011. (64,14 %), dok su značajno manjie distribucije ukupnog Fe u vegetativne dijelove ostvarene u ostalim okolinama Beravci 2012., Novi Grad 2011. i Novi Grad 2012. (48,94 %, 47,31 %, 46,66 %).

Utvrđene su i značajne razlike istraživanih sorata u pogledu distribucije ukupne mase Fe u zrnu, listovima i slami. Najveću distribuciju Fe u zrno pšenice ostvarila je sorta Zdenka (50,55 % ukupne mase), nešto manju sorte Divana (48,50 %) i Katarina (47,36 %), a najmanju sorta Srpanjka (46,54 %). Sorta Srpanjka (4,24 %) je ostvarila i najmanju distribuciju Fe u slamu pšenice, u rangu sa sortama Zdenkom i Katarinom, a najveća je utvrđena kod sorte Divana (6.46 %). Nasuprot tome, sorta Srpanjka je imala najveću distribuciju Fe u zastavičar (16,04 %), što je bilo u istom rangu sa sortom Katarina (14,90 %), a značajno je manje utvrđeno kod sorata Divana (10,85%) i Zdenka (10,81 %) (tablica 8.). Ukupno je najveća distribucija Fe u vegetativnu nadzemnu masu utvrđena kod sorte Srpanjka (53,46 %), a najmanja kod sorte Zdenka (49,45 %).

Primjenjene aplikacije mikroelemenata Fe i Zn također su značajno utjecale na distribuciju Fe u zrno i ostale nadzemne organe pšenice (tablica 8.). Pri tome je najveći postotak distribucije Fe u zrno utvrđen kod kontrolnog tretmana (50,91 %) i ostalih tretmana bez aplikacije Fe (Zn u tlo 50,64 % i Zn folijarno 50,39 %). Nešto manjom distribucijom Fe u zrno, ali bez značajnih razlika, rezultirale su aplikacije Fe (49,97 %) te

Fe+Zn u tlo (48,76 %), značajno najmanjim relativnim distribucijama Fe u zrno rezultirale su folijarne aplikacije Fe (45,19 %) i Fe+Zn (41,80 %). Sličan je bio učinak i na distribuciju Fe u slamu jer je najveća relativna distribucija Fe u slamu bila na kontrolnom tretmanu (5,69 %), a značajno manja jedino nakon folijarne aplikacije Fe (4,61 %) ili Fe+Zn (4,05 %). Suprotan je bio učinak tretmana na relativnu distribuciju Fe u listove te su folijarne aplikacije Fe+Zn i Fe rezultirale najvećim % distribucije Fe u zastavičar (16,00 % i 14,88 %) i ostale listove (38,15 % i 35,32 %), dok su ostali tretamni rezultirali značajno manjim udjelima ukupnog Fe u listovima pšenice.

3.3.3. Akumulacija Zn u zrnu, listovima i slami pšenice

Prosječno je utvrđeno 15,98 µg biljci^{-1} Zn u vegetativnim nadzemnim dijelovima biljke, dok je u ukupnoj nadzemnoj masi utvrđeno 75,60 µg biljci^{-1} Zn. Najveća je masa Zn u zrnu (59,61 µg biljci^{-1}), najmanje su količine Zn utvrđene u zastavičaru (2,65 µg biljci^{-1}), a nešto veće u ostalom listu (5,03 µg biljci^{-1}) i slami (8,30 µg biljci^{-1}).

U prvoj vegetaciji (63,90 µg biljci^{-1}) provedenih istraživanja utvrđena je značajno veća ($P = 0,0001$) masa Zn u zrnu pšenice nego u drugoj vegetaciji (55,33 µg biljci^{-1}), a i ukupna masa Zn u nadzemnim dijelovima biljke (79,25 µg biljci^{-1}) bila je veća u prvoj vegetaciji istraživanja (tablica 9.). Masa Zn u listovima je bila veća u drugoj godini istraživanja, no dobivene razlike su bile male i nisu statistički značajne, dok je masa Zn u slami bila značajno veća ($P = 0,0302$) u drugoj godini istraživanja. Sumarno, između dvije vegetacija istraživanja nije bilo značajnih razlika u količini Zn u vegetativnim dijelovima po biljci pšenice.

Prosječno je utvrđena najmanja masa Zn u masi lista zastavičara (2,65 µg biljci^{-1}), nešto veća u ostalim listovima (5,03 µg biljci^{-1}), zatim u slami (8,3031 µg biljci^{-1}), a najveća je masa Zn utvrđena u zrnu (59,61 µg biljci^{-1}). Prosječno je utvrđeno 15,98 µg biljci^{-1} Zn u vegetativnim dijelovima biljke, dok je u ukupnoj nadzemnoj masi bilo prosječno 75,60 µg biljci^{-1} Zn.

Na lokalitetu Novi Grad je ostvarena značajno veća masa Zn u zrnu (71,73 µg biljci^{-1}), listovima i slami nego na lokalitetu Beravci pa je, posljedično, utvrđena i statistički značajno veća ($P < 0,0001$) ukupna masa Zn u nadzemnim dijelovima na lokalitetu Novi Grad nego na lokalitetu Beravci (tablica 9.).

Tablica 9. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na masu Zn u zrnu, listovima i slami, te ukupnu masu Zn u nadzemnim dijelovima biljke (µg/biljci)

	Masa Zn (µg biljci^{-1})				Masa Zn vegetativnih dijelova biljke (µg biljci^{-1})	Ukupna masa Zn nadzemnih dijelova (µg biljci^{-1})
	Zrno	List zastavičar	Ostali listovi	Slama		
2011.	**63,902a**	2,4258	4,9526	7,9706b	15,3490	**79,251a**
2012.	55,326b	**2,8789**	**5,1008**	**8,6356a**	**16,6153**	71,941b
P	0,0001	0,0537	0,7772	0,0302	0,1289	0,0072
$LSD_{0,05}$	4,3503	ns	ns	0,6009	ns	5,3207
Beravci	47,498b	2,3855b	3,9450b	7,3809b	13,7113b	61,209b
Novi Grad	**71,730a**	**2,9192a**	**6,1085a**	**9,2254a**	**18,2530a**	**89,983a**
P	<0,0001	0,0229	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	3,602	0,4594	1,0027	0,5716	1,5678	4,3974
Beravci 2011	50,637c	1,8953b	3,0536c	7,0814b	12,030c	62,667c
Beravci 2012	44,359d	**2,8757a**	4,8363b	7,6803b	15,392b	59,751c
Novi Grad 2011	**77,167a**	**2,9562a**	**6,8516a**	**8,8598a**	**18,668a**	**95,835a**
Novi Grad 2012	66,293b	**2,8821a**	5,3653b	**9,5910a**	**17,838a**	84,131b
P	<0,0001	0,0028	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	4,9264	0,6429	1,4001	0,8044	2,1923	6,1002
Divana	**68,749a**	1,7692c	4,4779	**10,4163a**	16,663ab	**85,413a**
Katarina	**65,455a**	**3,8559a**	**5,6873**	7,7710bc	**17,314a**	82,769a
Srpanjka	46,704c	3,0846b	4,3547	7,0784c	14,518b	61,222c
Zdenka	57,548b	1,8996c	**5,5870**	7,9467b	15,433ab	72,981b
P	<0,0001	<0,0001	0,1381	<0,0001	0,0800	<0,0001
$LSD_{0,05}$	5,7506	0,6014	ns	0,7669	2,3059	7,0559
Kontrola	53,397 b	1,7486 b	2,6396 b	7,2980 d	11,686 c	65,083 c
Fe tlo	57,663 ab	1,8071 b	2,7605 b	8,0812 bcd	12,649 bc	70,312 bc
Zn tlo	61,060 ab	2,1177 b	3,1982 b	8,9082 ab	14,224 b	75,284 b
Fe+Zn tlo	57,355 ab	1,9987 b	3,2509 b	8,2623 abcd	13,512 bc	70,867 bc
Fe folijarno	57,740 ab	2,2121 b	2,8262 b	7,7733 cd	12,812 bc	70,552 bc
Zn folijarno	**64,581 a**	**4,4152 a**	**10,7226 a**	8,4909 abc	**23,629 a**	**88,210 a**
Fe+Zn folijarno	**65,502 a**	**4,2670 a**	**9,7890 a**	**9,3079 a**	**23,364 a**	**88,865 a**
P	0,0480	<0,0001	<0,0001	0,0097	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	8,224	0,7548	1,3953	1,112	2,4038	9,5148

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Najveća masa Zn u zrnu zabilježena je u okolini Novi Grad 2011. (77,17 µg biljci^{-1}), zatim okolini Novi Grad 2012. (66,29 µg biljci^{-1}), a najmanja masa Zn je ostvarena u okolini Beravci 2012. (44,36 µg biljci^{-1}). U okolini Beravci 2011. ostvarena je najmanja masa Zn u slami i ukupna masa Zn u vegetativnim dijelovima biljke (tablica 9.). Značajno veća masa Zn u slami je ostvarena u okolini Novi Grad 2012. te u istom rangu u okolini Novi Grad 2011. Najveća ukupna masa Zn u nadzemnom dijelu biljke je ostvarena u

okolini Novi Grad 2011., nešto manja u okolini Novi Grad 2012., a značajno najmanja u okolinama Beravci 2011. i Beravci 2012.

Također su utvrđene značajne razlike između sorata ($P < 0,0001$) u pogledu mase Fe u zrnu, listu zastavičaru i slami istraživanih sorata pšenice, dok ostvarene razlike mase Zn u ostalim listovima nisu bile statistički značajne. Sorte Divana (68,75 μg biljci^{-1}) i Katarina (65,46 μg biljci^{-1}) su imale značajno veće mase Zn u zrnu nego Zdenka (57,55 μg biljci^{-1}) i Srpanjka (46,70 μg biljci^{-1}). Najveću masu Zn u listu zastavičaru ostvarila je sorta Katarina (3,86 μg biljci^{-1}), manju sorta Srpanjka, te najmanju sorte Zdenka (1,90 μg biljci^{-1}) i Divana (1,77 μg biljci^{-1}), a najveća masa Zn u ostalim listovima utvrđena je u sortama Katarina i Zdenka. Sorta Divana imala je najveću masu Zn u slami, značajno veću od ostalih sorata (tablica 9.). Zaključno, sorta Katarina, a nakon nje sorte Divana i Zdenka, ostvarile su značajno veću ukupnu masu Zn u vegetativnom dijelu biljke, dok je najmanja utvrđena kod sorte Srpanjka. Najveća ukupna masa Zn u nadzemnom dijelu biljke pšenice utvrđena je kod sorte Divana (85,41 μg biljci^{-1}) i sorte Katarina (82,77 μg biljci^{-1}), značajno manje kod sorte Zdenka (72,98 μg biljci^{-1}), a najmanje kod sorte Srpanjka (61,22 μg biljci^{-1}) (tablica 9.).

Utvrđen je vrlo značajan utjecaj aplikacije Fe i Zn na masu Zn u zrnu, listovima i slami. Najveća masa Zn u zrnu je ostvarena nakon folijarne aplikacije Fe+Zn (65,50 μg biljci^{-1}) i Zn (64,58 μg biljci^{-1}), a najmanja u kontroli (53,40 μg biljci^{-1}). Aplikacije Zn u tlo, Fe folijarno, Fe u tlo te Fe+Zn nisu značajno utjecale na povećanje mase Zn u zrnu u odnosu na kontrolu (tablica 9.). Nadalje, najveća masa Zn u listovima je ostvarena nakon folijarne aplikacije Zn te folijarne aplikacije Fe+Zn. Utjecaj ostalih tretmana nije bio značajan, ostvarene razlike su bile male i u istom rangu s kontrolom. Najveća masa Zn u slami je ostvarena nakon folijarne aplikacije Fe+Zn i folijaren aplikacije Zn, najmanja u kontroli, dok utjecaj ostalih tretmana nije bio statistički značajan. Zaključno, najveća ukupna masa Zn u vegetativnim dijelovima biljke utvrđena je nakon folijarne aplikacije Zn te folijarne aplikacije Fe+Zn, značajno veća nego u kontroli i ostalim tretmanima. Ukupna masa Zn u nadzemnom dijelu biljke bila je također najveća nakon folijarne aplikacije Fe+Zn, te folijarne aplikacije Zn, značajno manja nakon aplikacije Zn u tlo, a najmanja u kontroli i ostalim tretmanima (tablica 9.).

3.3.4. Distribucija Zn u zrno, listove i slamu

Prosječno je u nadzemnim vegetativnim dijelovima pšenice distribuirano samo 21,31 % ukupne količine Zn, a čak 78,69 % Zn je u zrnu. Najmanje je Zn utvrđeno u zastavičaru (3,57 %), zatim u ostalim listovima (6,32 %) te 11,42 % u slami.

U prvoj vegetaciji provedenih istraživanja ostvaren je značajno veći ($P < 0,0001$) postotak mase Zn u zrnu (81,11 %), nego u drugoj vegetaciji (76,27 %). Nasuprot tome, u drugoj vegetaciji istraživanja, utvrđen je značajno veći postotak mase Zn u slami, listu zastavičari i ostalim listovima, te ukupnoj masi Zn u nadzemnom vegetativnom dijelu biljke (tablica 10.)

Lokalitet je značajno utjecao na realtivnu distribuciju mase Zn u zrno i slamu, te je na lokalitetu Novi Grad ostvaren značajno veći ($P = 0,0266$) postotak mase Zn u zrno (79,63 %) nego na lokalitetu Beravci (77,76 %). Suprotno je distribucija Zn u slamu na lokalitetu Beravci bila značajno veća ($P < 0,0001$) nego na lokalitetu Novi Grad, dok lokalitet nije značajno utjecao na distribuciju Zn u listove (tablica 10.). Ipak, distribucija ukupne mase Zn u nadzemne vegetativne dijelove biljke je bila značajno veća na lokalitetu Beravci (22,24 %) nego na lokalitetu Novi Grad (20,37 %).

Također su utvrđene vrlo značajne ($P <0,0001$) razlike u distribuciji Zn u zrno između sve četiri okoline, pri čemu je najveći postotak distribucije ukupne mase Zn u zrno ostvaren o okolini Novi Grad 2011. (81,16 %), te u istom rangu, u okolini Beravci 2011. (81,07 %), manji u okolini Novi Grad 2012., a najmanji u okolini Beravci 2012. (74,44 %). Suprotno je utvrđeno analizom postotka distribuirane mase Zn u listove i slamu gdje je najveći dio ukupne mase Zn u listu zastavičaru utvrđen u okolini Beravci 2012. (4,72 %), a najmanji u okolinama Novi Grad 2011. (2,95 %) i Beravci 2011. (2,91 %). Isti je redosljed (Beravci 2012., Novi Grad 2012., Novi Grad 2011. i Beravci 2011.) utvrđen i za distribuirane postotke ukupne mase Zn u ostale listove. Manje su različitosti utvrđene za distribuciju Zn u slamu, najveća je bila u okolini Beravci 2012 (13,96 %), zatim Novi Grad 2012. i Novi Grad 2011. (11,62 i 11,32 %), a značajno najmanja u okolini Novi Grad 2011. (9,38 %) (tablica 10.).

Značajne su bile i razlike između sorata u relativnoj distribuciji ukupne mase Zn u zrno, listove i slamu. Pri tome je najveću distribuciju ukupne mase Zn u zrno ostvarila sorta Divana (79,98 %), neznatno manji i u istom statističkom rangu sorte Zdenka i Katarina, dok je najmanju distribuciju u zrno ostvarila sorta Srpanjka (76,46 %). Sorte Srpanjka i Katarina ostvarile su najveću relativnu distribuciju ukupne mase Zn u zastavičar

(4,80 i 4,59 %), a u ostale listove sorte Zdenka, Srpanjka i Katarina. Najmanju distribuciju Zn u listove imala je sorta Divana, ali je ista sorta imala najveću distribuciju Zn u slamu (12,84 %), nešto je manja bila kod sorte Srpanjka (12,09 %), a najmanja kod sorata Zdenka (11,06 %) i Katarina (9,68 %). Zaključno, najveća realtivna distribucija ukupne mase Zn u vegetativne dijelove jedne biljke bila je kod sorte Srpanjka, a značajno manja bila je kod sorti Katarina, Zdenka i Divana između kojih nije bilo razlika.

Tablica 10. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na distribuciju (postotak ukupne mase) Zn u zrno, listove i slamu (%)

	Postotak ukupne mase Zn (%)				Postotak ukupne mase Zn u nadzemnim vegetativnim dijelovima (%)
	Zrno	List zastavičar	Ostali listovi	Slama	
2011.	**81,1136 a**	2,9258 b	5,6156 b	10,3450 b	18,8864 b
2012.	76,2713 b	**4,2222 a**	**7,0150 a**	**12,4915 a**	**23,7287 a**
P	<0,0001	<0,0001	0,0059	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	1,5818	0,5416	0,9942	0,7844	1,5818
Beravci	77,7566 b	3,8119	6,0948	**12,3367 a**	**22,2434 a**
Novi Grad	**79,6282 a**	3,3362	6,5358	10,4998 b	20,3718 b
P	0,0266	0,0939	0,3884	<0,0001	0,0266
$LSD_{0,05}$	1,6533	ns	ns	0,7935	1,6533
Beravci 2011	**81,072 a**	2,9063 c	4,7077 b	11,3139 b	18,928 c
Beravci 2012	74,441 c	**4,7175 a**	**7,4819 a**	**13,3595 a**	**25,559 a**
Novi Grad 2011	**81,155 a**	2,9454 c	**6,5236 a**	9,3761 c	18,845 c
Novi Grad 2012	78,101 b	3,7270 b	**6,5481 a**	11,6236 b	21,899 b
P	<0,0001	<0,0001	0,0013	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,2088	0,7608	1,3929	1,0766	2,2088
Divana	**79,984 a**	2,2634 b	4,9078 b	**12,8445 a**	20,016 b
Katarina	**79,100 a**	**4,5927 a**	**6,6282 a**	9,6787 c	20,900 b
Srpanjka	76,458 b	**4,8042 a**	**6,6454 a**	12,0929 ab	23,542 a
Zdenka	**79,227 a**	2,6357 b	**7,0799 a**	11,0570 b	20,773 b
P	0,0183	0,0001	0,0133	<0,0001	0,0183
$LSD_{0,05}$	2,3271	0,7137	1,4035	1,1017	2,3271
Kontrola	**81,306 a**	2,9170 b	4,1992 c	11,5774 ab	18,694 b
Fe tlo	**81,587 a**	2,6685 b	4,0018 c	11,7423 ab	18,413 b
Zn tlo	**80,464 a**	3,0110 b	4,3788 c	12,1465 ab	19,536 b
Fe+Zn tlo	**79,786 a**	3,0339 b	4,8459 c	12,3341 a	20,214 b
Fe folijarno	**81,319 a**	3,2431 b	4,0895 c	11,3488 abc	18,681 b
Zn folijarno	72,605 b	**5,2595 a**	**12,1335 a**	10,0019 c	**27,395 a**
Fe+Zn folijarno	73,780 b	**4,8850 a**	**10,5585 b**	10,7769 bc	**26,220 a**
P	<0,0001	<.0,0001	<0,0001	0,0414	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,7921	0,9788	1,3734	1,5112	2,7921

[abcd] razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,

[ns] (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Aplikacije mikroelemenata Zn i Fe vrlo značajno ($P < 0,0001$) su utjecale na distribuciju ukupne mase Zn u zrno i vegetativne dijelove pšenice. Posljedično različitom utjecaju aplikacije Fe i Zn, ostvareni postotak distribucije mase Zn u zrno pšenice bio je značajno manji nakon folijarne aplikacije Fe+Zn (73,78 %) te folijarne aplikacije Zn (72,61 %) u odnosu na ostale tretmane i kontrolu (81,31 %). Suprotno, značajno veći postotak distribucije mase Zn u listove, a time i postotak distribucije ukupne mase Zn u nadzemne vegetativne dijelove biljke ostvaren je folijarnom aplikacijom Zn te folijarnom aplikacijom Fe+Zn. Nadalje, najveći postotak distribucije ukupne mase Zn u slamu utvrđen je nakon aplikacije Fe+Zn u tlo i aplikacije Zn u tlo, a najmanji nakon folijarne aplikacije Zn te Zn+Fe, no ostvarene razlike između tretmana su bile male i nisu statistički značajne (tablica 10.).

3.4. Iznošenje Fe i Zn prinosom zrna i prirodom nadzemnih vegetativnih organa pšenice

3.4.1. Iznošenje Fe prinosom zrna i prirodom nadzemnih vegetativnih organa pšenice

Prosječno je u istraživanjima utvrđeno najmanje iznošenje Fe prirodom slame (30,55 g ha^{-1}), zatim prirodom lista zastavičara (90,04 g ha^{-1}), a najviše je Fe izneseno prinosom zrna (232,61 g ha^{-1}) i prirodom ostalih listova (247,87 g ha^{-1}). Sumarno, prirodom vegetativne nadzemne mase ukupno je izneseno 368,46 g ha^{-1} Fe, a ukupnom nadzemnom masom izneseno je 601,07 g ha^{-1} Fe (tablica 11.).

U prvoj vegetacija provedenih istraživanja ostvareno je statistički značajno veće ($P < 0,0001$) iznošenje Fe prirodom listova i slame nego u drugoj vegetaciji, dok vegetacija nije statistički značajno utjecala na iznošenje Fe prinosom zrna (tablica 11.). Slijedom toga, u prvoj vegetaciji istraživanja (488,71 g ha^{-1}) je izneseno značajno više Fe vegetativnom masom pšenice nego u drugoj vegetaciji (248,21 g ha^{-1}). Također je i ukupno iznošenje Fe prirodom zrna i vegetativne mase bilo veće u prvoj (721,07 g ha^{-1}) nego u drugoj godini (481,06 g ha^{-1}) istraživanja.

Lokalitet provedenih istraživanja pšenice statistički je značajno ($P < 0,0001$) utjecao samo na iznošenje Fe prinosom zrna, te je na lokalitetu Novi Grad (295,44 g ha^{-1}) prinosom zrna izneseno značajno više Fe u odnosu na lokalitet Beravce (169,77 g ha^{-1}). Budući da lokalitet nije statistički značajno utjecao na iznošenje Fe prirodom vegetativnih dijelova pšenice, značajno veće ukupno iznošenje Fe prinosom zrna i prirodom vegetativnih

dijelova biljke također je bilo veće na lokalitetu Novi Grad (674,48 g ha^{-1}) nego na lokalitetu Beravci (527,65 g ha^{-1}).

Tablica 11. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na iznošenje Fe prinosom zrna i prirodom vegetativnih nadzemnih organa pšenice (g ha^{-1})

	Iznošenje Fe (g ha^{-1})				Iznošenje Fe vegetativnom masom (g ha^{-1})	Ukupno iznošenje Fe (g ha^{-1})
	Prinosom zrna	Prirodom lista zastavičara	Prirodom ostalih listova	Prirodom slame		
2011.	232,36	**115,316a**	**336,83a**	**36,564a**	**488,71a**	**721,07a**
2012.	232,85	64,773b	158,91b	24,534b	248,21b	481,06b
P	0,9633	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	ns	12,972	31,68	2,5085	41,196	52,058
Beravci	169,77 b	90,121	236,23	31,530	357,88	527,65b
Novi Grad	**295,44 a**	89,968	259,50	29,568	379,04	**674,48a**
P	<0,0001	0,9829	0,2160	0,1712	0,3924	<0,0001
$LSD_{0,05}$	15,774	ns	ns	ns	ns	55,925
Beravci 2011	192,86c	**125,905a**	**385,39a**	**39,031a**	**550,33a**	**743,19 a**
Beravci 2012	146,68d	54,337d	87,07d	24,030c	165,44d	312,12 c
Novi Grad 2011	271,86b	104,727b	288,26b	34,098b	427,09b	698,95 ab
Novi Grad 2012	**319,02a**	75,208c	230,75c	25,038c	330,99c	650,01 b
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	21,211	18,118	40,851	3,5166	54,022	64,026
Divana	229,87	63,711b	209,85 b	**32,688 a**	306,25b	536,12 b
Katarina	243,72	**107,316a**	**277,14 a**	28,344 b	**412,80a**	**656,52 a**
Srpanjka	217,52	**115,857a**	232,92ab	31,109 ab	**379,89a**	597,41 ab
Zdenka	239,31	73,294b	**271,56 a**	30,055 ab	**374,91a**	614,22 ab
P	0,3058	<0,0001	0,0322	0,1818	0,0192	0,0344
$LSD_{0,05}$	ns	18,787	51,82	3,9752	67,993	81,371
Kontrola	199,92 c	66,82b	181,37b	29,156 b	277,35b	477,28 c
Fe tlo	234,98 bc	81,18b	234,77b	30,036 ab	345,98b	580,96 b
Zn tlo	214,95 c	69,10b	206,53b	28,889 b	304,52b	519,47 bc
Fe+Zn tlo	225,12 bc	75,90b	222,19b	31,356 ab	329,45b	554,58 bc
Fe folijarno	**276,02 a**	131,58a	336,00a	**34,982 a**	502,57a	**778,59 a**
Zn folijarno	220,32 bc	71,46b	210,68b	29,153 b	311,30b	531,61 bc
Fe+Zn folijarno	256,92 ab	**134,27a**	**343,52a**	30,273 ab	**508,06a**	764,98 a
P	0,0016	<0,0001	<0,0001	0,2699	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	37,93	24,059	65,386	5,261	84,347	99,685

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Okolina (lokalitet × godina uzgoja) je također statistički vrlo značajno ($P < 0,0001$) utjecala na iznošenje Fe prinosom zrna i prirodom vegetativne mase pšenice. Najviše Fe prinosom zrna izneseno je u okolini Novi Grad 2012. (319,02 g ha^{-1}), manje u okolini Novi Grad 2011. (271,86 g ha^{-1}), te u okolini Beravci 2011.(192,86 g ha^{-1}), a najmanje u okolini

Beravci 2012. (146,68 g ha^{-1}). Suprotno, prirodom listova i slame, najviše Fe je izneseno u okolini Beravci 2011, a najmanje u okolini Beravci 2012. (tablica 11.). Slijedom toga, najviše Fe vegetativnom nadzemnom masom je izneseno u okolini Beravci 2011. (550,33 g ha^{-1}), zatim u okolini Novi Grad 2011., manje u okolini Novi Grad 2012., a najmanje u okolini Beravci 2012. (165,44 g ha^{-1}). Najviše ukupno iznesenog Fe zrnom i nadzemnom vegetativnom masom također je bilo u okolini Beravci 2011. (743,19 g ha^{-1}), bez značajnih razlika manje u okolini Novi Grad 2011. (698,95 g ha^{-1}) te okolini Novi Grad 2012. (650,01 g ha^{-1}). Ukupno iznošenje Fe u okolini Novi Grad 2012. je bilo u istom rangu sa iznošenjem u okolini Novi Grad 2011., no značajno manje od iznošenja u okolini Beravci 2011. Nadalje, najmanje ukupno iznošenje Fe prinosom zrna i prirodom vegetativne mase utvrđeno je u okolini Beravci 2012. (312,12 g ha^{-1}).

Utvrđene su i značajne razlike između sorata u iznošenju Fe ukupnim prirodom nadzemne mase i prirodom vegetativne nadzemne mase, ali nije dokazan značajan utjecaj sorte na iznošenje Fe prinosom zrna (P = 0,3058). Sorte Srpanjka i Katarina su iznijele značajno više Fe prirodom lista zastavičara nego sorte Zdenka i Divana. Prirodom ostalih listova najviše Fe iznijele su sorte Katarina i Zdenka, nešto manje sorta Srpanjka, a najmanje sorta Divana (tablica 11.). Suprotno, sorta Divana je iznijela značajno najviše, a sorta Katarina najmanje Fe prirodom slame. Sumarno, najviše Fe prirodom vegetativne nadzemne mase je iznijela sorta Katarina (412,80 g ha^{-1}), malo manje ali bez značajnih razlika sorte Srpanjka i Zdenka (379,89 i 374,91 g ha^{-1}), dok je najmanje Fe prirodom vegetativne mase iznijela sorta Divana (306,25 g ha^{-1}). Sorta Divana je iznijela i najmanje ukupnog Fe prinosom zrna i prirodom vegetativne mase (536,12 g ha^{-1}), zatim, malo više ali bez značajnih razlika sorte Srpanjka (597,41 g ha^{-1}) i Zdenka (614,22 g ha^{-1}), a najviše i značajno više od sorte Divana sorta Katarina (656,52 g ha^{-1}) (tablica 11.).

Provedenim istraživanjima dokazan je značajan utjecaj aplikacije Fe i Zn na iznošenje Fe prinosom zrna i vegetativnom nadzemnom masom pšenice. Pri tome je prinosom zrna najviše Fe izneseno nakon folijarne aplikacije Fe (276,02 g ha^{-1}), a najmanje u kontrolnom tretmanu (199,92 g ha^{-1}). Značajno veće iznošenje Fe zrnom u odnosu na kontrolu utvrđeno je još samo nakon folijarne aplikacije Fe+Zn, a ostale su varijante, uključujući i unošenje Fe i Fe+Zn u tlo bile u rangu kontrole. Najveće iznošenje Fe prirodom lista zastavičara, ali i ostalih listova, utvrđeno je u tretmanu folijarne aplikacije Fe+Zn i samo Fe. Statistički značajno manje, bez međusobnih razlika, utvrđeno je iznošenje Fe u ostalim tretmanima, uključujući aplikaciju Fe i Fe+Zn u tlo te kontrolu.

Najveće iznošenje Fe prirodom slame bilo je nakon folijarne aplikacije Fe, što je jedini tretman koji je imao veće iznošenje Fe slamom od kontrolnog tretmana. Između svih ostalih tretmana (uključujući kontrolu i folijarnu aplikaciju Fe+Zn) nije bilo razlike u iznošenju Fe slamom, ali su pri tome sve aplikacije Fe (Fe i Fe+Zn folijarno te Fe i Fe+Zn tlo) rezultirale iznošenjem Fe slamom bez značajnih međusobnih razlika. Zaključno, folijarna aplikacija Fe+Zn i aplikacija Fe ostvarile su značajno najveće iznošenje Fe prirodom vegetativne mase, te ukupno iznošenje Fe u odnosu na ostale tretmane i kontrolu (tablica 11.).

3.4.2. Postotni udio iznošenja Fe zrnom, listovima i slamom u ukupnom iznošenju Fe

Prosječno je u istraživanjima utvrđen najmanjii postotni udio iznošenja Fe prirodom slame (5,69 %), zatim prirodom lista zastvičara (14,76 %) i prirodom ostalih listova (37,98 %), što znači da je ukupno 52,74 % Fe izneseno listovima, a 58,43 % nadzemnom vegetativnom masom. Ostatak Fe (41,57 %) je iznesen prinosom zrna.

Značajne razlike utvrđene su između dvije vegetacije istraživanja pa je u drugoj vegetaciji utvrđen značajno veći ($P < 0,0001$) postotak iznošenja Fe prinosom zrna (49,28 %) nego u prvoj vegetaciji (33,86 %), dok je iznošenje Fe prirodom listova bilo značajno veće u prvoj nego u drugoj vegetaciji. Suprotno je utvrđeno analizom slame, značajno veći postotak Fe je iznesen slamom u drugoj nego u prvoj vegetaciji istraživanja (tablica 12.). Zaključno, značajno veći postotak Fe prirodom vegetativne mase iznesen je u prvoj vegetaciji istraživanja (66,14 %) nego u drugoj (50,72 %).

Značajne su razlike ($P < 0,0001$) u postotku iznošenja Fe zrnom, listovima i slamom utvrđene između lokaliteta Novi Grad i Beravci, pri tome je na lokalitetu Novi Grad značajno veći postotak iznošenja Fe prinosom zrna (45,60 %), nego na lokalitetu Beravci (37,54 %), dok je na lokalitetu Beravci značajno veći postotak iznošenja Fe prirodom lista zastavičara (16,76 %) i slame (6,73 %) te prirodom nadzemne vegetativne mase nego na lokalitetu Novi Grad (tablica 12.).

Utvrđen je statistički značajan utjecaj ($P < 0,0001$) okoline (lokalitet × godina uzgoja) na postotak iznošenja Fe prinosom zrna te prirodom vegetativnih organa. Pri tome je prinosom zrna najveći postotak Fe iznesen u okolini Novi Grad 2012., nešto niži u okolini Beravci 2012., te u okolini Novi Grad 2011., dok je najmanji u okolini Beravci 2011. (tablica 12.). Suprotno, najveći postotak Fe prirodom listova iznesen je u okolini Beravci 2011., dok je najmanji u okolini Beravci 2012 (tablica 12.). Najviše je Fe prirodom

slame izneseno u okolini Beravci 2012., a najmanje u okolini Novi Grad 2012. Sumarno, najveći postotak Fe prirodom vegetativne mase je iznesen u okolini Beravci 2011., nešto niži Novi Grad 2011., te Beravci 2012., a najniži u okolini Novi Grad 2012.

Tablica 12. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na postotak iznošenja Fe zrnom, listovima i slamom pšenice u ukupnom iznošenju Fe (%)

	Postotni udjeli iznošenja Fe (%)				Iznošenje Fe prirodom vegetativne mase
	Prinosom zrna	Prirodom lista zastavičara	Prirodom ostalih listova	Prirodom slame	
2011.	33,861b	15,3514	**45,387a**	5,4007b	**66,139a**
2012.	**49,277a**	14,1708	30,566b	**5,9863a**	50,723b
P	<0,0001	0,0842	<0,0001	0,0489	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,1707	ns	2,0295	0,5828	2,1707
Beravci	37,542b	**16,7624a**	38,969	**6,7269a**	**62,458a**
Novi Grad	**45,596a**	12,7598b	36,984	4,6601b	54,404b
P	<0,0001	<0,0001	0,1300	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,5911	1,2763	ns	0,5423	2,5911
Beravci 2011	27,158d	**16,5936a**	**50,711a**	5,5374b	**72,842a**
Beravci 2012	47,925b	**16,9312a**	27,227d	**7,9165a**	52,075c
Novi Grad 2011	40,564c	14,1091b	40,063b	5,2640b	59,436b
Novi Grad 2012	**50,629a**	11,4105c	33,905c	4,0562c	49,371d
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,7022	1,7864	2,5391	0,7133	2,7022
Divana	**43,706 a**	11,7884c	37,440	**7,0652 a**	56,294 b
Katarina	41,933 ab	16,4018b	36,966	4,6996 c	58,067 ab
Srpanjka	38,797 b	**18,2555a**	37,260	5,6868 b	**61,203 a**
Zdenka	41,840 ab	12,5988c	40,239	5,3224 bc	58,160 ab
P	0,0901	<0,0001	0,2575	<0,0001	0,0901
$LSD_{0,05}$	3,8381	1,7287	ns	0,7882	3,8381
Kontrola	**43,649 a**	14,199 bc	35,653 b	**6,4990 a**	56,351 c
Fe tlo	42,823 ab	13,998 c	37,567 b	5,6109 ab	57,177 bc
Zn tlo	**43,767 a**	13,361 c	36,659 b	**6,2129 a**	56,233 c
Fe+Zn tlo	42,721 ab	13,500 c	37,713 b	6,0660 ab	57,279 bc
Fe folijarno	38,635 bc	16,637 ab	39,628 ab	5,1000 bc	61,365 ab
Zn folijarno	**43,953 a**	13,924 c	36,229 b	5,8932 ab	56,047 c
Fe+Zn folijarno	35,435 c	**17,708 a**	**42,384 a**	4,4726 c	**64,565 a**
P	0,0036	0,0014	0,0918	0,0036	0,0036
$LSD_{0,05}$	5,0024	2,4576	4,7868	1,0732	5,0024

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Istraživane sorte su se značajno razlikovale (P = 0,0901) u postotku iznošenja Fe prinosom zrna pri čemu je sorta Divana prinosom zrna iznijela značajno veći postotak Fe (43,71 %), nego sorta Srpanjka (38,80 %), dok su sorte Katarina i Zdenka ostvarile manje

od sorte Divane, ali više od sorte Srpanjke. Razlike su statistički značajne samo između sorata Divana i Srpanjka. Sorte su se značajno ($P < 0,0001$) razlikovale i u postotku iznošenja Fe prirodom lista zastavičara i prirodom slame pri čemu je najveći postotak Fe iznesen prirodom lista zastavičara sorte Srpanjke (18,26 %), manji kod sorte Katarine (16,40 %) dok su najmanje iznijele sorte Zdenka i Divana. Prirodom slame najveći postotak Fe je iznijela sorta Divana, manji sorte Srpanjka i Zdenka, a najmanji sorta Katarina (tablica 12.). Zaključno, sorta Srpanjka (61,20 %) je iznijela značajno veći postotak Fe prirodom vegetativne nadzemne mase u odnosu na sortu Divana (56,29 %) dok razlike sa sortama Zdenka i Katarina nisu statistički značajne.

Folijarna aplikacija Fe i Fe+Zn značajno ($P = 0,0036$) je smanjila postotak iznošenja Fe prinosom zrna (38,64 i 35,43 %). Pri tome je najveći postotak Fe iznesen nakon u kontrolnom tretmanu i tretmanima bez apolikacije Fe, nešto manji postotak nakon aplikacije Fe u tlo i Fe+Zn u tlo, ali bez statistički značajnih razlika, a značajno najmanji nakon folijarne aplikacije Fe i Fe+Zn (tablica 12.). Suprotno, nakon folijarne aplikacije Fe+Zn i Fe iznesen je najveći postotak Fe prirodom listova te prirodom ukupne nadzemne vegetativne mase, dok utjecaj ostalih tretmana nije značajno djelovao na postotak iznošenja. Prirodom slame najveći postotak Fe je iznesen u kontrolnom tretmanu, dok je značajno manji postotak Fe iznesen prirodom slame utvrđen nakon folijarne aplikacije Fe i Fe+Zn (tablica 12.).

3.4.3. Iznošenje Zn prinosom zrna i prirodom nadzemnih vegetativnih organa pšenice

Prosječno je u istraživanjima utvrđeno najmanje iznošenje Zn prirodom lista zastavičara (13,17 g ha^{-1}), zatim prirodom ostalih listova (25,14 g ha^{-1}), što je ukupno (38,31) manje od iznošenja Zn prirodom slame (41,07 g ha^{-1}). Najviše je Zn izneseno prinosom zrna (216,77 g ha^{-1}). Sumarno, prirodom vegetativne nadzemne mase ukupno je izneseno 79,38 g ha^{-1} Zn, a ukupnom nadzemnom masom izneseno je 296,14 g ha^{-1} Zn (tablica 13.).

U provedenim istraživanjima dokazan je značajan utjecaj ($P=0,0168$) godine uzgoja pšenice na iznošenje Zn prinosom zrna, pri čemu je značajno više Zn izneseno 2012. godine (227,67 g ha^{-1}) u odnosu na 2011. godinu (205,86 g ha^{-1}) uzgoja pšenice. Istovremeno, godina uzgoja nije značajno utjecala na iznošenje Zn prirodom vegetativne mase i ukupne nadzemne mase (tablica 13.).

Tablica 13. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na iznošenje Zn prinosom zrna i prirodom vegetativnih nadzemnih organa pšenice (g ha^{-1})

	Iznošenje Zn (g ha^{-1})				Iznošenje Zn vegetativnom masom (g ha^{-1})	Ukupno iznošenje Zn nadzemnom masom (g ha^{-1})
	Prinosom zrna	Prirodom lista zastavičara	Prirodom ostalih listova	Prirodom slame		
2011.	205,859b	12,519	26,067	41,297	79,883	285,74
2012.	**227,673a**	13,819	24,209	40,839	78,867	306,54
P	0,0168	0,3241	0,5169	0,8137	0,8381	0,0947
$LSD_{0,05}$	17,861	ns	ns	ns	ns	ns
Beravci	155,634b	10,236b	16,807b	32,458b	59,502b	215,136b
Novi Grad	**277,898a**	**16,102a**	**33,469a**	**49,678a**	**99,249a**	**377,147a**
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	12,302	2,5147	5,3421	3,3421	8,7844	17,226
Beravci 2011	166,718c	9,392b	15,155b	35,492c	60,038b	226,76c
Beravci 2012	144,549d	11,080b	18,459b	29,425d	58,965b	203,51c
Novi Grad 2011	245,000b	**15,646a**	**36,979a**	**47,103a**	**99,728a**	344,73b
Novi Grad 2012	**310,796a**	**16,558a**	**29,959a**	**52,253a**	**98,769a**	**409,57a**
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	15,759	3,5611	7,5313	4,6623	12,46	23,277
Divana	**234,15 a**	7,273b	18,910 b	**43,880a**	70,063 b	304,21
Katarina	**226,06 a**	**17,248a**	25,999 ab	35,309b	78,557 ab	304,62
Srpanjka	196,30 b	**18,634a**	26,062 ab	**42,365a**	**87,062 a**	283,36
Zdenka	210,55 ab	9,521b	**29,580 a**	**42,719a**	81,820 ab	292,37
P	0,0170	<0,0001	0,0609	0,0067	0,1019	0,5678
$LSD_{0,05}$	25,165	3,3647	7,9052	5,3223	13,731	ns
Kontrola	189,18 c	8,489b	12,883b	35,986 b	57,358b	246,54b
Fe tlo	207,20 bc	9,030b	13,795b	40,188 ab	63,013b	270,21b
Zn tlo	218,47 abc	10,066b	16,052b	42,782 ab	68,900b	287,37b
Fe+Zn tlo	212,95 abc	9,946b	15,927b	41,256 ab	67,129b	280,08b
Fe folijarno	213,85 abc	11,344b	14,821b	38,751 b	64,917b	278,77b
Zn folijarno	**244,03 a**	**22,094a**	**55,057a**	**43,587 a**	**120,738a**	**364,77a**
Fe+Zn folijarno	231,69 ab	21,215a	47,429a	44,928 a	113,573a	345,26a
P	0,0482	<0,0001	<0,0001	0,2013	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	33,314	4,3616	8,1909	7,1119	15,581	43,346

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Lokalitet uzgoja je značajno utjecao (P < 0,0001) na iznošenje Zn i prinosom zrna i prirodom vegetativnih dijelova pšenice, pri čemu je na lokalitetu Novi Grad ostvareno prosječno veće iznošenje Zn prinosom zrna (277,90 g ha^{-1}), prirodom lista zastavičara (16,10 g ha^{-1}), ostalog lista (33,47 g ha^{-1}) i slame (49,68 g ha^{-1}) nego na lokalitetu Beravci. Sukladno tome, iznošenje Zn vegetativnom masom i ukupnom nadzemnom masom je bilo značajno veće na lokalitetu Novi Grad (tablica 13.).

Također je utvrđena statistički značajna razlika ($P < 0,0001$) iznošenja Zn prinosom zrna i prirodom vegetativnih organa između sve četiri okoline. Pri tome je najviše Zn izneseno prinosom zrna u okolini Novi Grad 2012. (310,80 g ha^{-1}), manje u okolini Novi Grad 2011. (245,00 g ha^{-1}), te okolini Beravci 2011. (166,72 g ha^{-1}) dok je najmanje Zn izneseno u okolini Beravci 2012.godine (144,55 g ha^{-1}). U okoli Novi Grad 2011. i u okolini Novi Grad 2012. ostvareno je značajno veće iznošenje Zn prirodom listova i slame, a time i ukupne vegetativne mase nego u okolinama Beravci 2012. i Beravci 2011. (tablica 13.). Okoline su se značajno razlikovale po iznošenju Zn ukupnom nadzemnom masom, pri čemu je značajno više Zn ukupnom nadzemnom masom izneseno u okolini Novi Grad 2012., manje u okolini Novi Grad 2011., zatim u okolini Beravci 2011., a najmanje u okolini Beravci 2012.

Razlike iznošenja Zn prinosom zrna i prirodom vegetativnih organa su bile značajne i između istraživanih sorata pšenice. Prinosom zrna najviše Zn iznijele su sorte Divana (234,15 g ha^{-1}) i Katarina (226,06 g ha^{-1}), nešto manje sorta Zdenka (210,55 g ha^{-1}), te značajno najmanje sorta Srpanjka (196,30 g ha^{-1}). Istovremeno, sorte Divana i Zdenka iznijele su najmanje Zn prirodom lista zastavičara, a značajno više sorte Katarina i Srpanjka. Najmanje Zn prirodom ostalog lista iznijela je ponovo sorta Divana, a više sorte Katarina, Srpanjka i Zdenka. Suprotno, prirodom slame je najviše Zn iznijela sorta Divana, nešto manje, ali bez značajnih razlika sorte Zdenka i Srpanjka, dok je statistički značajno najmanje Zn iznijela sorta Katarina. Sumarno, sorta Srpanjka je prirodom vegetativne mase iznijela najviše Zn, nešto manje ali bez značajnih razlika sorte Zdenka i Katarina, dok je značajno najmanje iznijela sorta Divana. Međutim, razlike između sorata u ukupnom iznošenju Zn nadzemnim masama su bile vrlo male i nisu statistički značajne (tablica 13.).

Tretmani Fe i Zn su također značajno utjecali na iznošenje Zn. Pri tome je najviše Zn prinosom zrna izneseno nakon folijarne aplikacije Zn (244,03 g ha^{-1}), manje, ali u istom rangu, nakon folijarne aplikacije Fe+Zn (231,69 g ha^{-1}), zatim aplikacije Zn te Fe+Zn u tlo. Najmanje je Zn izneseno prinosom zrna u kontrolnom tretmanu (189,18 g ha^{-1}), a značajno su veća bila jedino iznošenja nakon folijarne aplikacije Zn. Najveće iznošenje Zn prirodom listova je također ostvareno nakon folijarne aplikacije Zn i folijarne aplikacije Fe+Zn (razlike između njih nisu značajne), dok su ostvareni rezultati u ostalim tretmanima bili značajno manji i u istom rangu statističke značajnosti s rezultatima kontrolnog tretmana (tablica 13.). Posljedično je najviše Zn prirodom vegetativne mase (120,74 i 113,57 g ha^{-1}) i ukupne nadzemne mase (364,77 i 345,26 g ha^{-1}) izneseno nakon folijarne aplikacije Zn i

folijarne aplikacije Fe +Zn (razlike između njih nisu značajne). Najmanje iznošenje Zn je ostvareno u kontrolnom tretmanu, a rezultati svih ostalih tretmana su bili u istom rangu statističke značajnosti s kontrolom.

3.4.4. Postotni udio iznošenja Zn zrnom, listovima i slamom u ukupnom iznošenju Zn

Prosječno je najveći postotak Zn iznesen prinosom zrna (73,72 %), a vegetativnom nadzemnom masom izneseno je samo preostalih 26,28 % ukupno iznesene količine Zn. U tome je najmanje Zn izneseno prirodom lista zastavičara (4,31 %), zatim ostalih listova (7,77 %), a nešto više prirodom slame (14,20 %).

Godina provedenih istraživanja (tablica 14.) značajno (P = 0,0126) je utjecala samo na postotak iznošenja Zn prirodom slame pri čemu je u prvoj vegetaciji istraživanja (14,77 %) iznesen značajno veći postotak Zn nego u drugoj vegetaciji (13,63 %). Sumarno, nije bilo statistički značajnih razlika između dvije vegetacije u iznošenju Zn prirodom vegetativne mase jer je razlika bila samo 0,87 %.

Statistički značajne razlike između istraživanih lokaliteta utvrđene su samo u postotnom udjelu iznošenja Zn prirodom slame, koje je na lokalitetu Beravci bile značajno veće (15,03 %) nego na lokalitetu Novi Grad (13,37 %). Međutim, postotak iznošenja Zn ukupnom nadzemnom vegetativnom masom u ukupnom iznošenju Zn nije bio značajno različit između istraživanih lokaliteta (razlika je bila samo 0,99 %).

Utvrđena je statistički značajna razlika između okolina u postotku iznošenja Zn prinosom zrna i prirodom vegetativne mase pšenice (tablica 14.), pri čemu je značajno više iznesenog Zn prinosom zrna (76,11 %) u okolini Novi Grad 2012., nešto manje u okolini Beravci 2011. (74,25 %), a najmanje okolinama Novi Grad 2011. (72,33 %) i Beravci 2012. godine (72,21 %). Najveći udio iznošenja Zn listom zastavičara (5,15 %) u ukupnom iznošenju utvrđen je u okolini Beravci 2012., ostalim listovima (9,49 %) u okolini Novi Grad 2011., a slamom (15,60 %) u okolini Beravci 2011. U okolini Novi Grad 2012. gdje je bio najveći udio iznošenja Zn zrnom (76,11 %), utvrđen je najmanji udio iznošenja slamom (12,80 %) i listovima (u statistički najnižem rangu udjela iznošenja), te najmanji ukupni udio iznošenja Zn nadzemnom vegetativnom masom (23,89 %). Najveći udio iznesenog Zn ukupnom vegetativnom masom utvrđen je u okolinama Beravci 2012. (27,79 %) i Novi Grad 2011. (27,67 %).

Tablica 14. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na postotak iznošenja Zn zrnom, listovima i slamom pšenice u ukupnom iznošenju Zn (%)

	Postotak iznošenja Zn (%)				Iznošenje Zn vegetativnom masom (%)
	Prinosom zrna	Prirodom lista zastavičara	Prirodom ostalih listova	Prirodom slame	
2011.	73,2878	4,0362	7,9070	14,7690 a	26,7122
2012.	74,1571	4,5812	7,6324	13,6291 b	25,8427
P	0,3303	0,0852	0,6574	0,0126	0,3303
$LSD_{0,05}$	ns	ns	ns	0,894	ns
Beravci	73,2264	4,4862	7,2572	15,0302 a	26,7736
Novi Grad	74,2188	4,1313	8,2821	13,3678 b	25,7812
P	0,2664	0,2630	0,0972	0,0003	0,2664
$LSD_{0,05}$	ns	ns	ns	0,8844	ns
Beravci 2011	74,245 ab	3,8264 b	6,3285 c	**15,6004 a**	25,755 ab
Beravci 2012	72,208 b	**5,1459 a**	8,1860 ab	14,4601 ab	**27,792 a**
Novi Grad 2011	72,331 b	4,2461 b	**9,4855 a**	13,9376 bc	**27,669 a**
Novi Grad 2012	**76,107 a**	4,0165 b	7,0788 bc	12,7981 c	23,893 b
P	0,0047	0,0163	0,0017	0,0002	0,0047
$LSD_{0,05}$	2,4438	0,8712	1,6879	1,2424	2,4438
Divana	**76,685 a**	2,5400 c	5,7849 b	14,9904 a	23,315 b
Katarina	**75,043 a**	**5,3963 a**	**7,8712 a**	11,6892 b	24,957 b
Srpanjka	70,851 b	**5,8565 a**	**8,1745 a**	**15,1178 a**	**29,149 a**
Zdenka	72,311 b	3,4421 b	**9,2481 a**	**14,9987 a**	**27,689 a**
P	<0,0001	<0,0001	0,0008	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,3928	0,7804	1,6836	1,201	2,3928
Kontrola	**76,402 a**	3,5485 b	5,2600 b	14,7900 ab	23,598 b
Fe tlo	**76,673 a**	3,3609 b	5,0690 b	14,8968 ab	23,327 b
Zn tlo	**75,496 a**	3,6310 b	5,4688 b	**15,4039 a**	24,504 b
Fe+Zn tlo	**75,924 a**	3,4998 b	5,8188 b	14,7570 ab	24,076 b
Fe folijarno	**76,760 a**	3,9543 b	5,2373 b	14,0480 ab	23,240 b
Zn folijarno	67,097 b	**6,2804 a**	**14,5181 a**	12,1042 c	**32,903 a**
Fe+Zn folijarno	67,705 b	**5,8863 a**	**13,0158 a**	13,3933 bc	**32,295 a**
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0016	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,8815	1,0811	1,6917	1,6472	2,8815

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Također su utvrđene vrlo značajne ($P < 0,0001$) razlike između sorata u udjelu iznošenja Zn prinosom zrna te prirodom listova i slame u ukupnom iznošenju Zn nadzemnom masom. Pri tome su prinosom zrna značajno veći postotak Zn iznijele sorte Divana (76,69 %) i Katarina (75,04 %), a manji sorte Zdenka (72,31 %) i Srpanjka (70,85 %). Suprotno, sorta Srpanjka (29,15 %) i Zdenka (27,69 %) iznijele su značajno veći udio Zn prirodom nadzemne vegetativne mase (tablica 14). Najveći udio iznošenja Zn slamom utvrđen je za sorte Srpanjka (15,12 %) i Zdenka (15,00 %), ali i sortu Divana (14,99 %),

dok je značajno najmani Zn slamom iznijela sorta Katarina (11,69 %). Istovremeno, najmanji udio iznošenja Zn listovima utvrđen je za sortu Divana (2,54 % zastavičar i 5,78 % ostali listovi), a najveći sortama Srpanjka (5,86 i 8,17 %) i Katarina (5,40 i 7,87 %).

Tretmani aplikacije Zn u tlo ili folijarno različito su utjecali na udjele iznošenja Zn zrnom i nadzemnim vegetativnim dijelovima. Najmanji je udio iznošenja Zn zrnom utvrđen nakon folijarne aplikacije Zn (67,10 %) ili Fe+Zn (67,71 %). S druge strane, folijarna aplikacija Zn i Fe+Zn rezultirala je statistički značajno najvećim udjelima iznošenja Zn listom zastavičarom (6,28 i 5,89 %) i ostalim listovima (14,52 i 13,02 %), a najmanjim udjelima iznošenjima Zn slamom (12,10 i 13,39 %). Ukupno je vrlo značajno najveći udio iznošenja Zn nadzemnom vegetativnom masom utvrđen nakon folijarne aplikacije Zn (32,90 %) i Fe+Zn (32,30 %), a najmanji u tretmanima kontrole (23,60 %) i tretmanima bez aplikacije Zn (Fe u tlo 23,33 % i Fe folijarno 23,24 %).

3.5. Učinkovitost aplikacije Fe i Zn

3.5.1. Učinkovitost aplikacije Fe

Prosječna učinkovitost gnojidbe Fe za sve tretmane u pokusu je iznošenje 3,32 % apliciranog Fe. Pri tome je zrnom izneseno prosječno samo 0,81 % apliciranog Fe, a nadzemnom vegetativnom masom 2,52 %. Međutim, najveća je učinkovitost gnojidbe ostvarena folijarnom aplikacijom Fe jer je ukupnom nadzemnom masom izneseno 10,04 % folijarno apliciranog Fe, pri čemu zrnom 2,54 %, a vegetativnom masom 7,50 %.

U prvoj vegetaciji provedenih istraživanja iznesen je statistički značajno veći ($P = 0,0233$) % apliciranog Fe ukupnom nadzemnom masom pšenice (3,21 %) nego u drugoj vegetaciji istraživanja (1,82 %) (tablica 15.).

Na lokalitetu Novi Grad ostvarena je veća učinkovitost aplikacije Fe jer je ukupnom nadzemnom masom pšenice izneseno više apliciranog Fe (4,22 %), kao i vegetativnom nadzemnom masom (3,23 %) nego na lokalitetu Beravci (2,42 % i 1,81 %) (tablica 15.).

U provedenim istraživanjima utvrđen je statistički značajna utjecaj okoline na učinkovitost gnojidbe Fe jer je ukupnom nadzemnom masom pšenice u okolini Novi Grad 2011. (4,68 %) i okolini Novi Grad 2012. (3,76 %) izneseno više gnojidbom doddanog Fe nego u okolini Beravci 2012. (1,62 %). Najveći postotak apliciranog Fe koji je akumuliran i iznesen vegetativnom masom pšenice je ostvaren u okolini Novi Grad 2011., manji (ali u

istom rangu statističke značajnosti) u okolinama Novi Grad 2012. i Beravci 2011., a značajno najmanji u okolini Beravci 2012.

Tablica 15. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na % apliciranog Fe koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Postotak iznošenja gnojidbom dodanog Fe ukupnom nadzemnom masom	Postotak iznošenja gnojidbom dodanog Fe zrnom	Postotak iznošenja gnojidbom dodanog Fe vegetativnom masom
2011.	3,9548	0,7434	**3,2114 a**
2012.	2,6892	0,8686	1,8206 b
P	0,0820	0,5502	0,0233
$LSD_{0,05}$	ns	ns	1,2003
Beravci	2,4245 b	0,6179	1,8066 b
Novi Grad	**4,2194 a**	0,9941	**3,2254 a**
P	0,0134	0,0720	0,0206
$LSD_{0,05}$	1,4206	ns	1,1999
Beravci 2011	3,229 ab	0,6228	**2,6064 ab**
Beravci 2012	1,620 b	0,6130	1,0068 b
Novi Grad 2011	**4,680 a**	0,8640	**3,8163 a**
Novi Grad 2012	**3,759 a**	1,1241	**2,6344 ab**
P	0,0245	0,2608	0,0136
$LSD_{0,05}$	2,0051	ns	1,6885
Divana	2,469 b	0,6530	1,8156 b
Katarina	**4,554 a**	0,9613	**3,5931 a**
Srpanjka	3,039 ab	0,7440	**2,2951 ab**
Zdenka	3,226 ab	0,8656	**2,3602 ab**
P	0,2206	0,7412	0,2062
$LSD_{0,05}$	2,0202	ns	1,7041
Kontrola	-	-	-
Fe tlo	2,074 b	0,7011 b	1,3726 b
Zn tlo	-	-	-
Fe+Zn tlo	1,546 b	0,5040 b	1,0420 b
Fe folijarno	**10,044 a**	**2,5367 a**	**7,5071 a**
Zn folijarno	-	-	-
Fe+Zn folijarno	**9,590 a**	**1,9000 a**	**7,6903 a**
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	2,104	0,6754	1,8588

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Također su utvrđene značajne razlike između istraživanih sorata pšenice u % ukupnog iznošenja gnojidbom dodanog Fe. Pri tome je najveća učinkovitost iznošenjem gnojidbom dodanog Fe ukupnom nadzemnom masom i vegetativnom masom utvrđena za

sortu Katarina (4,55 % i 3,59 %), manja za sorte Zdenka i Srpanjka, a statistički značajno najmanja za sortu Divana (2,45 i 1,82 %). Sorte se nisu značajno (P = 0,7412) razlikovale po % Fe dodanog gnojidbom koji je iznesen zrnom, iako je gnojidba bila najučinkovitija za sortu Katarina, a za sortu Divana najmanja, no ostvarene razlike su bile male i nisu statistički značajne (tablica 15.).

Aplikacija Fe je vrlo značajno (P < 0,0001) utjecala na učinkovitost gnojidbe interpretiranu kao % gnojidbom dodanog Fe koji je iznesen ukupnom nadzemnom masom, vegetativnom masom i zrnom. Tretmanima kontrole i aplikacijom samo Zn bez Fe (tretmani Zn tlo i Zn folijarno), nije niti aplicirano Fe (aplikacija Fe = 0 kg ha^{-1}), pa niti nema prikazanog % iznošenja. Također, folijarnom je aplikacijom aplicirano manje Fe (3 kg ha^{-1}) nego aplikacijom u tlo (5 kg ha^{-1}), što je također značajan činitelj u interpretaciji ukupnog iznošenja Fe.

Najveća je učinkovitost gnojidbe, prikazana kao % gnojidbom dodanog Fe koji je iznesen zrnom, ostvarena nakon folijarne aplikacije Fe i folijarne aplikacije Fe+Zn (2,54 i 1,90 % od 3 kg ha^{-1} = 76,2 i 57 g ha^{-1}), a slijede aplikacije Fe u tlo (0,70 % od 5 kg ha^{-1} = 35 g ha^{-1}) te najmanja učinkovitost nakon aplikacije Fe+Zn u tlo (0,50 % od 5 kg ha^{-1} = 25 g ha^{-1}). Isti je redosljed utvrđen i iznošenjem vegetativnom nadzemnom masom pa je najveći % apliciranog Fe iznesen nakon folijarne aplikacije Fe i folijarne aplikacije Fe+Zn (7,51 i 7,69 % od 3 kg ha^{-1} = 225,2 i 230,7 g ha^{-1}), što je statistički vrlo značajno veće od količina iznesenih nakon aplikacije Fe ili Fe+Zn u tlo (1,37 i 1,04 % od 5 kg ha^{-1} = 68,5 i 52 g ha^{-1}) (tablica 15.). Posljedično, ukupnom nadzemnom masom pšenice iznesen je najveći % gnojidbom dodanog Fe nakon folijarnih aplikacija Fe i Fe+Zn (10,04 i 9,59 % od 3 kg ha^{-1} = 301,2 i 287,7 g ha^{-1}), a značajno manji nakon aplikacija Fe i Fe+Zn u tlo (2,07 i 1,55 % od 5 kg ha^{-1} = 103,7 i 77,3 g ha^{-1}).

3.5.2. Učinkovitost aplikacije Zn

Prosječna učinkovitost gnojidbe Zn za sve tretmane u pokusu je iznošenje 1,25 % apliciranog Zn. Pri tome je zrnom izneseno prosječno samo 0,62 % apliciranog Zn, a nadzemnom vegetativnom masom 0,63 %. Međutim, najveća je učinkovitost gnojidbe ostvarena folijarnom aplikacijom Zn jer je ukupnom nadzemnom masom izneseno 3,94 % folijarno apliciranog Zn, pri čemu zrnom 1,83 %, a vegetativnom masom 2,13 %.

U drugoj vegetaciji provedenih istraživanja iznesen je statistički značajno veći (P = 0,0257) % apliciranog Zn zrnom pšenice (0,78 %) nego u prvoj vegetaciji istraživanja (0,45 %) (tablica 16.). Ostale razlike između vegetacija istraživanja nisu bile značajne.

Tablica 16. Utjecaj godine, lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na % apliciranog Zn koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Postotak iznošenja gnojidbom dodanog Zn ukupnom nadzemnom masom	Postotak iznošenja gnojidbom dodanog Zn zrnom	Postotak iznošenja gnojidbom dodanog Zn vegetativnom masom
2011.	1,0934	0,4535 b	0,6399
2012.	1,3977	**0,7769 a**	0,6208
P	0,2285	0,0257	0,8934
$LSD_{0,05}$	ns	0,2839	ns
Beravci	0,8544 b	0,4684 b	0,3860 b
Novi Grad	**1,6367 a**	**0,7620 a**	**0,8747 a**
P	0,0018	0,0430	0,0005
$LSD_{0,05}$	0,4901	0,2842	0,2753
Beravci 2011	0,5874 b	0,3956 b	0,1918 c
Beravci 2012	1,1214 ab	0,5411 b	0,5803 b
Novi Grad 2011	**1,5994 a**	0,5113 b	**1,0881 a**
Novi Grad 2012	**1,6740 a**	**1,0126 a**	0,6614 b
P	0,0073	0,0138	0,0001
$LSD_{0,05}$	0,6927	0,3992	0,3855
Divana	1,1701	0,6977	0,4724
Katarina	1,3103	**0,7126**	0,5978
Srpanjka	1,1383	0,4652	0,6731
Zdenka	1,3636	0,5853	**0,7783**
P	0,9075	0,5989	0,4847
$LSD_{0,05}$	ns	ns	ns
Kontrola	-	-	-
Fe tlo	-	-	-
Zn tlo	0,8166 b	0,5858 b	0,2308 b
Fe+Zn tlo	0,6707 b	0,4753 b	0,1954 b
Fe folijarno	-	-	-
Zn folijarno	**3,9409 a**	**1,8282 a**	**2,1127 a**
Fe+Zn folijarno	**3,2908 a**	**1,4169 a**	**1,8738 a**
P	<0,000	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	0,6984	0,4623	0,3934

^{abcd} razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
^{ns} (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

Na lokalitetu Novi Grad ostvarena je veća učinkovitost aplikacije Zn jer je ukupnom nadzemnom masom pšenice izneseno više apliciranog Zn (1,64 %), kao i vegetativnom nadzemnom masom (0,87 %) i zrnom (0,76 %) nego na lokalitetu Beravci (0,85 %, 0,39 % i 0,47 %) (tablica 16.).

U provedenim istraživanjima utvrđen je statistički značajna utjecaj okoline na učinkovitost gnojidbe Zn jer je ukupnom nadzemnom masom pšenice u okolini Novi Grad 2012. (1,67 %) i okolini Novi Grad 2011. (1,60 %) izneseno više gnojidbom dodanog Zn nego u okolini Beravci 2011. (0,59 %). Najveći postotak apliciranog Zn koji je akumuliran i iznesen vegetativnom masom pšenice je ostvaren u okolini Novi Grad 2011., manji u okolinama Novi Grad 2012. i Beravci 2012., a značajno najmanji u okolini Beravci 2011. Najveći postotak apliciranog Zn zrnom je iznesen u okolini Novi Grad 2012., a značajno manji u okolinama Novi Grad 2011., Beravci 2012. i Beravci 2011.

Također su utvrđene značajne razlike između istraživanih sorata pšenice u % ukupnog iznošenja gnojidbom dodanog Fe. Pri tome je najveća učinkovitost iznošenjem gnojidbom dodanog Fe ukupnom nadzemnom masom i vegetativnom masom utvrđena za sortu Katarina (4,55 % i 3,59 %), manja za sorte Zdenka i Srpanjka, a statistički značajno najmanja za sortu Divana (2,45 i 1,82 %). Sorte se nisu značajno (P = 0,7412) razlikovale po % Fe dodanog gnojidbom koji je iznesen zrnom, iako je gnojidba bila najučinkovitija za sortu Katarina, a za sortu Divana najmanja, no ostvarene razlike su bile male i nisu statistički značajne (tablica 16.).

Sorta nije značajno utjecala na učinkovitost iznošenja gnojidbom dodanog Zn, a kretala se za zrno od 0,46 % za sortu Srpanjka do 0,71 % za sortu Katarina, za vegetativnu nadzemnu masu od 0,47 % za sortu Divana do 0,78 % za sortu Zdenka, dok je za ukupnu nadzemnu masa bila od 1,14 % za sortu Srpanjka do 1,36 % za sortu Zdenka.

Aplikacija Zn je vrlo značajno (P < 0,0001) utjecala na učinkovitost gnojidbe interpretiranu kao % gnojidbom dodanog Zn koji je iznesen ukupnom nadzemnom masom, vegetativnom masom i zrnom. Tretmanima kontrole i aplikacijom samo Fe bez Zn (tretmani Fe tlo i Fe folijarno), nije niti apliciran Zn (aplikacija Zn = 0 kg ha^{-1}), pa niti nema prikazanog % iznošenja. Također, folijarnom je aplikacijom aplicirano manje Zn (3 kg ha^{-1}) nego aplikacijom u tlo (5 kg ha^{-1}), što je također značajan činitelj u interpretaciji ukupnog iznošenja Zn.

Najveća je učinkovitost gnojidbe, prikazana kao % gnojidbom dodanog Zn koji je iznesen zrnom, ostvarena nakon folijarne aplikacije Zn i folijarne aplikacije Fe+Zn (1,83 i 1,42 % od 3 kg ha^{-1} = 54,9 i 42,5 g ha^{-1}), a slijede aplikacije Zn u tlo (0,59 % od 5 kg ha^{-1} = 29,3 g ha^{-1}) te najmanja učinkovitost nakon aplikacije Fe+Zn u tlo (0,48 % od 5 kg ha^{-1} = 23,8 g/ha). Isti je redosljed utvrđen i iznošenjem vegetativnom nadzemnom masom pa je najveći % apliciranog Zn iznesen nakon folijarne aplikacije Zn i folijarne aplikacije Fe+Zn

(2,11 i 1,87 % od 3 kg ha^{-1} = 63,4 i 56,2 g ha^{-1}), što je statistički vrlo značajno veće od količina iznesenih nakon aplikacije Zn ili Fe+Zn u tlo (0,23 i 0,20 % od 5 kg ha^{-1} = 11,5 i 9,8 g ha^{-1}) (tablica 16.). Posljedično, ukupnom nadzemnom masom pšenice iznesen je najveći % gnojidbom dodanog Zn nakon folijarnih aplikacija Zn i Fe+Zn (3,94 i 3,29 % od 3 kg ha^{-1} = 118,2 i 98,7 g ha^{-1}), a značajno manji nakon aplikacija Zn i Fe+Zn u tlo (0,82 i 0,67 % od 5 kg ha^{-1} = 40,8 i 33,5 g ha^{-1}).

3.6. Pokazatelji bioraspoloživosti Fe i Zn u zrnu pšenice

Prosječno je u pokusima u zrnu pšenice utvrđeno 1,38 mg g^{-1} fenola i 14,65 mg g^{-1} fitata, te je prosječni molarni omjer fitat/Fe bio 30,05 i molarni omjer fitat/Zn 38,93. Ukupna antioksidativna aktivnost zrna pšenice prosječno je iznosila 0,82 μmol g^{-1} zrna.

Tablica 17. Utjecaj lokaliteta, sorte i tretmana na koncentraciju fenola (mg g^{-1}), fitata (mg g^{-1}), ukupnu antioksidativnu aktivnost (μmol g^{-1}) i molarne odnose fitat/Fe i fitat/Zn u zrnu

	Fenoli (mg g^{-1})	Fitat (mg g^{-1})	UAA (μmol g^{-1})	Fitat/Fe	Fitat/Zn
Beravci	1,27432 b	**15,1404 a**	**0,85432 a**	**32,1285 a**	**42,8316 a**
Novi Grad	**1,49523 a**	14,1587 b	0,78538 b	27,9689 b	35,0345 b
P	<0,0001	0,0042	0,0002	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	0,0579	0,6673	0,0357	1,9303	1,8818
Divana	1,34172 b	**17,1529 a**	0,80413 b	**36,331 a**	**40,875 a**
Katarina	1,30763 b	13,8233 c	0,85068 ab	28,544 b	35,804 b
Srpanjka	1,39050 b	12,6733 d	0,74245 c	26,787 b	**38,106 ab**
Zdenka	**1,49927 a**	14,9486 b	**0,88210 a**	28,533 b	**40,948 a**
P	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0019
$LSD_{0,05}$	0,09	0,6536	0,0477	2,4016	3,0315
Kontrola	1,37753	14,6886	**0,85530 a**	**33,713 a**	**43,143 a**
Fe tlo	1,34909	14,2287	**0,80575 ab**	29,182 bc	38,901 b
Zn tlo	1,34479	14,6118	**0,79368 ab**	**31,485 ab**	39,320 b
Fe+Zn tlo	1,40711	14,9211	**0,84225 ab**	**31,912 ab**	**40,546 ab**
Fe folijarno	1,43619	15,0899	**0,84530 ab**	26,596 c	**41,849 ab**
Zn folijarno	1,41788	14,8575	**0,81489 ab**	**31,309 ab**	33,885 c
Fe+Zn folijarno	1,36085	14,1491	0,78177 b	26,145 c	34,887 c
P	0,7025	0,7437	0,2611	<0,0001	<0,0001
$LSD_{0,05}$	ns	ns	0,0691	3,5456	3,8089

[abcd] razlike između srednjih vrijednosti koje sadrže isto slovo u oznaci nisu statistički značajne,
[ns] (not significant) nije utvrđena statistička značajnost utjecaja ispitivanog tretmana

U provedenim istraživanjima dokazan je značajan utjecaj lokaliteta na ukupnu koncentraciju fenola (P < 0,0001) i fitata (P = 0,0042) u zrnu, pri čemu je koncentracija

fenola bila značajno viša na lokalitetu Novi Grad (1,50 mg g^{-1}) nego na lokalitetu Beravci (1,27 mg g^{-1}), dok je suprotno, na lokalitetu Beravci (15,14 mg g^{-1}) zabilježena značajno viša koncentracija fitata nego na lokalitetu Novi Grad (14,16 mg g^{-1}). Slijedom toga, molarni omjeri fitat/Fe i fitat/Zn su također bili značajno veći na lokalitetu Beravci nego na lokalitetu Novi Grad (tablica 17.). Također je utvrđen značajan utjecaj lokaliteta na ukupnu antioksidativnu aktivnost zrna (P = 0,0002) pšenice koja je također bila značajno veća na lokalitetu Beravci (0,85 μmol g^{-1}) nego na lokalitetu Novi Grad (0,79 μmol g^{-1}).

Pokazatelji bioraspoloživosti Fe i Zn i ukupne antioksidatvine aktivnosti u zrnu također su bili značajno različiti između istraživanih sorata. Tako je značajno najveća koncentracija fenola utvrđena u zrnu sorte Zdenka (1,50 mg g^{-1}), a kod ostalih je sorata bila značajno manja, u rasponu 1,31-1,39 mg g^{-1} (tablica 17). Najveća koncentracija fitata utvrđena je u zrnu sorte Divana (17,15 mg g^{-1}), značajno manja za sortu Zdenka (14,95 mg g^{-1}), još manja za sortu Katarina (13,82 mg g^{-1}), a značajno najmanja koncentracija fitata utvrđena je u zrnu sorte Srpanjka (12,67 mg g^{-1}). Sličan je redosljed sorata utvrđen i za molarne omjere fitata i Fe te je utvrđen najveći fitat/Fe za sortu Divana (36,33). Ostale su sorte (Katarina, Zdenka i Srpanjka) imale značajno manji omjer fitat/Fe, u rasponu 26,79-28,54), ali između njih nije bilo značajnih razlika. Nešto je drugačiji redosljed sorata prema utvrđenom molarnom omjeru fitata i Zn jer je najveći omjer fitat/Zn utvrđen u zrnu sorata Zdenka (40,95) i Divana (40,88), a nešto manji (razlika nije statistički značajna) u zrnu sorte Srpanjka (38,11). Statistički značajno najmanji omjer fitat/Zn utvrđen je u zrnu sorte Katarina (35,80).

Tretmani aplikacija Fe i Zn nisu statistički značajno utjecali na koncentraciju fenola i fitata u zrnu pšenice, ali je utvrđen značajan utjecaj (P=0,261) na ukupnu antioksidativnu aktivnost (tablica 17.). Jedina statistički značajna razlika utvrđena je između kontrolnog tretmana (0,86 μmol g^{-1}) i folijarne aplikacije smjese Fe+Zn (0,78 μmol g^{-1}). Ostali tretmani aplikacije u tlo ili folijarne aplikacije nisu se statistički razlikovali niti od kontrole niti od folijarne aplikacije smjese Fe+Zn.

Utvrđen je također značajan utjecaj tretmana aplikacija Fe i Zn na molarne odnose fitat/Fe. Pri tome je najveći molarni odnos utvrđen za kontrolni tretman (33,71), nešto manji (ali ne statistički značajno niži) nakon aplikacije Zn u tlo (31,49) ili folijarno (31,31). Međutim, niti aplikacija smjese Fe+Zn u tlo nije rezultirala značajno nižim omjerom fitat/Fe (31,91). Značajnim smanjenjem omjera fitat/Fe u odnosu na kontrolu rezultirala je aplikacija Fe u tlo (29,18). Najmanjim omjerom fitat/Fe, koji je bio značajno

manji od omjera nakon svih tretmana bez aplikacije Fe, rezultirali su tretmani folijarne aplikacije Fe (26,60) i smjese Fe+Zn (26,15).

Tretmani aplikacije značajno su smanjili i molarne omjere fitat/Zn koji je bio najveći na kontrolnom tretmanu (43,13), a istom rangu bili su i nešto manji odnosi nakon folijarne aplikacije Fe (41,85) i aplikacije smjese Fe+Zn u tlo (40,55). Značajnim smanjenjem odnosa fitat/Zn u odnosu na kontrolu rezultirali su tretmani aplikacije Zn u tlo (39,32) i Fe u tlo (39,90), a značajno najmanjim omjerima fitat/Zn rezultirala je folijarna aplikacija smjese Fe+Zn (34,89) i folijarna aplikacija Zn (33,89) (tablica 17.).

4. RASPRAVA

4.1. Prinos i komponente prinosa pšenice

Vegetacija provedenih istraživanja je značajno utjecala na prosječni prinos zrna pšenice pri čemu je u drugoj vegetaciji (5.821,3 kg ha^{-1}) provedenih istraživanja ostvaren za 8,51 % veći prinos zrna nego u prvoj vegetaciji (5.364,9 kg ha^{-1}). Ostvaren prinos je bio nizak za istraživano područje, no ostvareni prinosi su u skladu sa klimatskim uvjetima u godinama istraživanja. Slične prinose su ostvarili Jug i sur. (2005.) u provedenim istraživanjima te istaknuli da se razlog lošije ostvarenom prinosu krije u klimatski nepovoljnoj godini u kojoj je zabilježeno nekoliko stresnih stanja, a koja su direktno utjecala na ostvarene prinose ozime pšenice. Mlinar i sur. (2005.) su istaknuli da prinos zrna pokazuje visoku varijabilnost zbog signifikantne razlike između sorata i između godina. Prosječno je na pokusu za sve sorte i godine istraživanja ostvaren prinos zrna od 5,796 kg ha^{-1}.

Vanjski čimbenici, svojom varijabilnošću i intenzitetom djelovanja, mogu značajno utjecati na rast i razvoj biljaka, te je visina prinosa pšenice određena sortom, agroekološkim uvjetima i primjenjenom agrotehnikom (Vukadinović i sur. 1989.). Sjetva pšenice u prvoj vegetaciji istraživanja je obavljena 15. studenog 2010. na oba lokaliteta. Tlo je bilo dobro pripremljeno, prosječna temperatura zraka i količine oborina (tablica 2.) su bile više od desetogodišnjeg prosjeka (21 %, 29,1 %), što je omogućilo ravnomjerno nicanje, no nedostatak oborina tijekom vegetacije (od veljače do lipnja) kada palo je svega 161, 4 mm oborina, što je za 47,72 % manje od višegodišnjeg prosjeka, negativno se odrazio na rast i razvoj pšenice. Nedostatak oborina tijekom vlatanja i klasanja (61,5 mm), najkritičnijeg razdoblja opskrbljenosti pšenice vodom, rezultirao je manjim brojem vlati po m^2 (11 %) i većim brojem sterilnih klasića (43.2 %) nego u drugoj godini (Prilog, tablica LI.). Iako je ostvaren veći broj zrna po vlati (6,3 %) i masa 1000 zrna (6,5%), (tablica 4.) ostvareni prinos je bio značajno manji. U drugoj vegetaciji provedenih istraživanja sjetva je obavljena 16. studenog. 2011. g. u loše pripremljeno i suho tlo. Količina oborina je bila za 42 % niža od višegodišnjeg prosjeka, u studenom čak i 92,5 % što je negativno utjecalo na klijavost, no ipak veća količina oborina (od veljače do lipnja, 284 mm) tijekom vegetacije pšenice omogućila je jače busanje i formiranje prosječno većeg broja vlati m^{-2} (12,7 %), visinu biljke (4,63 %), zatim veću duljinu klasa (5,1 %) i manji broj sterilnih

klasića (43,24 %) u klasu u drugoj nego u prvoj vegetaciji istraživanja (tablica 4., Prilog, tablica LI.).

Nasuprot tome, prirod slame pšenice je bio veći za 14,2 % u prvoj vegetaciji (5,958 kg/ha) istraživanja nego u drugoj (5,217,8 kg ha^{-1}). Ostvarena je i veća masa biljke (3,06 g b^{-1}) i masa slame (0,58 g b^{-1}) u prvoj nego u drugoj vegetaciji (2,78 g b^{-1}, 0,56 g b^{-1}). Slijedom toga, u provedenim istraživanjima nije bilo značajnih razlika između prosječnih ukupnih bioloških priroda pšenice (tablica 3.).

Prinos zrna je za 52,2 % bio veći na lokalitetu Novi Grad nego na lokalitetu Beravci jer je ostvaren veći broj vlati/m^2 (35,3 %), broj zrna/vlati (25,83 %), veća masa 1000 zrna, ali ne značajno (1,3 %), duljina klasa (4.3 %), masa klasa (20,1 %), broj fertilnih klasića (12,93 %), masa zrna po biljci (25,83 %). Prirod slame je 31,89 % bio veći na lokalitetu Novi Grad nego na lokalitetu Beravci jer je i prirod ukupne vegetativne mase bio veći na lokalitetu Novi Grad što je rezulitralo i većim ukupnim biološkim prirodom za 41,48 % na lokalitetu Novi Grad, nego na lokalitet Beravci (tablica 3.).

Utjecaj okoline je analiziran kao kombinacija utjecaja lokaliteta i godine uzgoja pri čemu su ostvarene vrlo značajne ($P < 0,0001$) razlike između sve četiri ispitivane okoline (tablica 3.). Pri tome je najveći prinos zrna ostvaren u okolini Novi Grad 2012, a ostvareni prinos je bio za 78,6 % veći od najmanje ostvarenog prinosa u okolini Beravci 2012., za 59,1 % veći od ostvarenog prinosa u okolini Beravci 2011., te za 23,61 % veći od ostvarenog prinosa u okolini Novi Grad 2011. To je i očekivano jer je u okolini Novi Grad 2012. ostvaren je i najveći broj vlati (675,69 vlati m^{-2}) što je za 59.7 % više nego u okolini Beravci 2012. (423,12 vlati m^{-2}) sa najnižim ostvarenim prinosom (tablica 3, 4). U okolini Novi Grad 2012. ostvarena je i najveća duljina klasa (8,48 cm) što je za 9,7% više nego u okolini Beravci 2012. (7,73 cm), ali i najmanji broj sterilnih klasića u klasu (0,80 klasića po klasu) što je za 66,1 % manje nego u okolini Beravci 2012. (2,37 klasića po klasu) (Prilog, tablica LI.).

Najbolji prinosi pšenice se postižu na plodnim, humoznim (više od 2 %), dubokim tlima slabo kisele do neutralne reakcije (pH 6,5 – 7) pa je očekivano i najbolji prinos ostvaren u okolini Novi Grad 2012. gdje je tlo bilo siromašno fosforom i kalijem, ali dosta humozno, slabe trenutne kiselosti (pH_{H20} 6,04) i vrlo jake izmjenjive kiselosti (pH_{KCl} 4,88), osrednje raspoloživosti Fe i Zn u tlu, dok je također očekivano, najlošiji prinos ostvaren u okolini Beravci 2012 gdje je pokus postavljen na umjereno karbonatnom tlu (3,70% $CaCO_3$) slabo alkalne trenutne (pH_{H2O} 7,56) i neutralne (pH_{KCl} 6,86) izmjenjive kiselosti,

slabe humoznosti, vrlo siromašno fosforom i siromašno kalijem, pri čemu je raspoloživost Fe i Zn također bila najniža (tablica 1.). Habib (2012.) je istaknuo da prinos zrna ovisi o raspoloživosti Fe i Zn u tlu tj. da postoji pozitivna korelacija između prinosa zrna i raspoloživosti Fe ili Zn u tlu. Kritična granica raspoloživosti Fe je 4,7 mg kg^{-1} i Zn 0,8 mg kg^{-1} u tlu.

U okolini Novi Grad 2012. jer je ostvaren i najveći prirod slame, za 59,7 % veći od priroda slame u okolini Beravci 2012., te za 14.2% veći prirod slame nego okolini Beravci 2011., dok je razlika u prirodu slame između okoline Novi Grad 2012. i okoline 2011. bila mala i nije statistički značajna. Očekivano, najveći ukupni biološki prirod ostvaren je u okolini Novi Grad 2012., najniži u okolini Beravci 2012., pri čemu je u okolini Novi Grad 2012. ostvaren ukupni prirod bio viši za 69.35% nego u okolini Beravci 2012., za 34.6% nego u okolini Beravci 2011. te za 12.8 % viši nego u okolini Novi Grad 2011. (tablica 3.).

Utvrđene su i statistički vrlo ($P < 0,0001$) značajne razlike prinosa zrna, priroda slame te ukupnog biološkog priroda istraživanih sorata pšenice, pri čemu je sorta Katarina ostvarila najveći prinos (6.279,7 kg ha^{-1}) zrna, za 33.57 % veći od sorte Divane koja je ostvarila najmanji prinos (4.701,3 kg ha^{-1}), te za 15.34 % veći prinos od sorte Srpanjke (5.444,3 kg ha^{-1}). Ostvareni prinos zrna sorte Zdenke je bio manji od prinosa sorte Katarine, ali u istom rangu i bez statistički značajnih razlika. Sorta Katarina je ostvarila najveći prinos jer je ostvarila i najveći broj zrna po vlati (47.73 zrno $vlati^{-1}$), zatim masu klasa (2,31 g b^{-1}), masu zrna (1,80 g b^{-1}). Sorta Divana je ostvarila najveću masu 1000 zrna koja je za 21 % veća od mase 1000 zrna sorte Katarine, za 27,30 % veća od mase 1000 zrna sorte Zdenke, te za 36,60 % veća od mase 1000 zrna sorte Srpanjke. No ipak, sorta Divana je ostvarila najmanji prinos jer je imala najmanji broj zrna po vlati (30,65 zrno $vlati^{-1}$) i najmanji broj fertilnih klasića u klasu (15,77), (tablica 3., 4., Prilog, tablica LI). Najveći prirod slame je ostvarila sorta Zdenka (6.229,2 kg ha^{-1}) jer je imala najveću masu ostalog lista (0.41 g b^{-1}). Sorta Divana je ostvarila manju masu slame za 9,2 % od sorte Zdenke, a sorte Srpanjka i Katarina u istom rangu, manju za 15,98 %. Slijedom toga, sorta Zdenka je ostvarila najveći ukupni biološki prirod jer je imala i najveći prirod slame (tablica 3). Lončarić i sur. (2012.) su dokazali postojanje razlika u visini prinosa geneotipova pšenice uzgajanih na tlima različite kiselosti i raspoloživosti mikroelemenata Mn, Fe, Zn, Cu, Cd, Pb.

Aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno, nisu statistički značajno utjecale na prinos zrna, prirod slame i ukupni biološki prirod, a niti na komponente prinosa. Ipak, najveći prinos

zrna, slame i ukupni biološki prirod je ostvaren nakon folijarne aplokacije Fe. Pri tome je prinos zrna nakon folijarne aplikacije Fe bio za 7,72 % veći, prirod slame za 3,1 %, a ukupni biološki prirod za 4,9 % nego u kontrolnoj tabli, no ostvarene razlike su male i nisu statistički značajne (tablica 3). Aplikacija Zn u tlo i folijarno je imala još manji utjecaj na visinu prinosa pri čemu je nakon folijarne aplikacije Zn prinos bio veći za 3,9 %, a nakon aplikacije u tlo za 2,3 % u odnosu na kontrolu. Prirod slame se povećao za 1,5 % nakon aplikacije Zn u tlo, a ukupni biološki prirod za 2,5 %. Sve ostvarene razlike nisu bile statistički značajne. Zou i sur. (2012.) su također dokazali da aplikacija Zn nema statistički značajan utjecaj na prinos pšenice, pri čemu aplikacija Zn u tlo prosječno povećava prinos zrna za 5 %, folijarna aplikacija za 3 %, dok aplikacija Zn u tlo i folijarno prosječno povećava prinos za 3,6 %. Malo povećanje prinosa zrna nakon gnojidbe Zn je povezano sa relativno višim razinama Zn_{DTPA} u tlu, što ukazuje da nedostatak Zn nije bio glavni čimbenik ograničavanja rasta pšenice, jer značajno povećanje prinosa zrna kod aplikacije Zn obično se javlja na tlima koja sadrže manje od 0,2 mg kg^{-1} Zn_{DTPA} u tlu (Cakmak i sur. 1996., Zou i sur. 2012.). Slične rezultate su dobili Aciksoz i sur. (2011.) pri čemu su istaknuli da folijarna aplikacija Fe u obliku $FeSO_4$ i FeEDTA nije rezultirala značajnim učincima na prinos zrna. Broj vlati te broj zrna po vlati su također bili veći nakon folijarne aplikacije Fe (5,4 % i 5,6 %), a masa 1000 zrna nakon aplikacije Fe+Zn u tlo za 0,06 %, no ostvarene razlike također nisu bile statistički značajne. Biswas i sur. (2015.) su zaključili da aplikacija samog Zn, na kiselim tlima (pH 5), nema značajan utjecaj na visinu prinosa zrna i biološki prirod, bez obzira na razinu dodanog Zn (12,5 ili 25 kg $ZnSO_4$), dok su Yang i sur. (2011.) dokazali da folijarna aplikacija Zn na karbonatnim alkalnim tlima nema značajan utjecaj na visinu prinosa u odnosu na kontrolu, no aplikacija N u tlo značajno utječe na visinu prinosa. Rahman i sur. (2012.) su na osnovu provedenih pokusa također zaključili da kalcizacija i gnojidba makroelementima (NKS, NPKS, NPKSMg) značajno utječu na visinu i komponente prinosa, dok folijarna aplikacija mikroelemenata (Zn, Mn, Cu, B, Mo) nema statistički značajan utjecaj na prinos i komponente prinosa riže i pšenice na kiselim tlima (pH 5,1 – 5,8).

4.2. Koncentracija Fe i Zn u zrnu, listovima i slami pšenice

4.2.1. Koncentracija Fe u zrnu, listovima i slami pšenice

Vegetacija provedenih istarživanja statistički je vrlo značajno ($P < 0,0001$) utjecala na koncentraciju Fe pri čemu su značajno veće koncentracije Fe u zrnu, listu zastavičaru

ostalom listu i slami ostvarene u prvoj nego u drugoj godini istraživanja. Godina ispitivanja, odnosno klimatske prilike tijekom vegetacije u velikoj mjeri utječu na efikasnost ostvarivanja genetskog potencijala rodnosti pa i na dinamiku hranjivih elemenata u biljci (Teklić i sur. 1993.). Pri tome je koncentracija Fe u zrnu bila za 6,82 % veća u prvoj godini nego u drugoj godini istraživanja, u listu zastavičaru za 67,72 %, ostalom listu za čak 104,88 % i slami za 21,6 7% (tablica 5.). Veća koncentracija Fe u zrnu u prvoj vegetaciji istraživanja je očekivana jer je ostvareni prinos zrna pšenice bio značajno niži nego u drugoj vegetaciji. Mnogi autori su istaknuli da postoji negativna korelacija koncentracije Fe i Zn u zrnu i visine prinosa iako na takav odnos značajan utjecaj imaju i čimbenici okoliša (White i Broadley 2009., Xu i sur. 2012.). Zabilježena je značajna negativna korelacija između prinosa i koncentracije Zn s korelacijskim koeficijentima u rasponu od 0,67 do 0,41, dok korelacija između prinosa i koncentracije Fe nije bilo značajna (Oury i sur. 2006., Morgounov i sur. 2007., Ficco i sur. 2009., Zhao i sur. 2009., Xu i sur. 2012.). Do sličnih rezultata su došli Lončarić i sur. (2011.) te istaknuli da je tradicionalno oplemenjivanje usmjereno na postizanje visokih prinosa zrna pšenice što dovodi do razrijeđenja zrna, odnosno snižavanja koncentracije mikroelemenata u zrnu i smanjenja varijabilnosati genotipova pšenice obzirom na akumulaciju Fe i Zn u zrno.

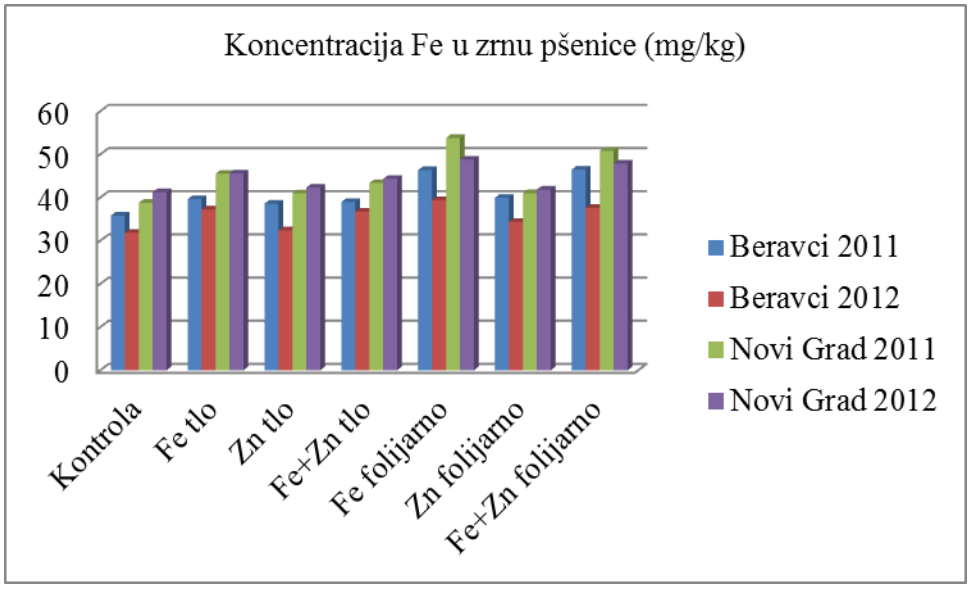
U provedenim istraživanjima dokazana je najveća prosječna koncentracija Fe u ostalom listu, te listu zastavičaru, zatim u zrnu, a najmanje u slami pšenice u obje vegetacije provedenih istraživanja (tablica 5.). Ostvareni rezultati su u skladu sa rezultatima Chandra i sur. (2009.) koji su utvrdili da se Cu, Zn i Fe različito distribuira u pojedinim organima pšenice, za Fe najviše u korijen, pa listove i izdanak, a najmanje u zrno. Rengel i sur. (1999.) su prema Pearson i Rengel (1994.) istaknuli da mobilizacija mikrohraniva iz vegetativnih organa u zrno može biti značajan izvor mikrohraniva, no malo se zna o mehanizmima koji ju reguliraju, te su također dodali da je Fe srednje pokretljivosti u floemu pa se prema Miller i sur. (1993.) manje od 20 % Fe iz biljnih tkiva mobilizira u zrno, dok je Grusak (1994.) istaknuo da je tako ograničena mobilizacija Fe u zrno vjerojatno rezultat ograničenog ulaza Fe u floem. Chan i sur. (2004.), Chandra i sur. (2009.), Eđed (2011.) su istaknuli da distribucija Cd, Zn i Fe najviše ovisi o biljnoj vrsti i količini metala usvojenog iz tla pri čemu korijen sadrži najvišu koncentraciju metala u odnosu na ostale dijelove biljke, dok je Eđed (2011.) dokazala da od ukupno usvojene količine Fe po vlati u punoj zriobi oko 80 % je akumulirano u listovima pšenice, najveći

dio Zn u zrno, a Cd u slamu i zrno. Također je dokazala da u punoj zriobi najviše Fe u ukupnim listovima sa zastavičarom, zatim pljevicama, slami, a najmanje u zrnu.

Lokaliteti provedenih istraživanja su se značajno razlikovali u ostvarenoj koncentracioji Fe u zrnu i vegetativnim dijelovima biljke. Na lokalitetu Beravci ukupno je usvojeno u nadzemne dijelove za 17,72 % više Fe (297,1764 mg kg^{-1}) nego na lokalitetu Novi Grad (252,4384 mg kg^{-1}), no u zrno je od ukupne količine Fe na loklaitetu Beravci translocirano 12,87 %, dok je na loklaitetu Novi Grad u zrno translocirano 17,72 % Fe te je slijedom toga na lokaitetu Novi Grad ostvarena za 16,96 % veća koncentracija Fe u zrnu (44,735 mg kg^{-1}), nego na lokalitetu Beravci (38,249 mg kg^{-1}), (tablica 5.). Značajn utjecaj lokaliteta na koncentraciju Fe u zrnu dokazali su i Velu i sur. (2011.) analiziranjem 600 vrsta mekih i tvrdih pšenica u 25 zemalja (ostvarena prosječna koncentracija 39,65 mg kg^{-1}). Na lokalitetu Novi Grad ostvaren je i viši prinos zrna pšenice. Ostvareni rezultati se se podudaraju sa rezultatima istraživanja nekih autora koji su dokazali da nema negativne korelacije prinosa zrna i koncentracije Fe i Zn (Graham i sur. 1999.,Welch i Graham, 2004., Xu i sur. 2012.), te je koncentracija Fe u pozitivnoj korelaciji sa težinom zrna ili masom 1000 zrna što ukazuje da se težina zrna i Fe koncentracija može se poboljšati istodobno tradicionalnim strategijama uzgoja. Nasuprot tome, zbog manje translokacije Fe u zrno, na lokalitetu Beravci ostvarena je veća koncentracije Fe u listu zastavičaru za 29,3 %, ostalom listu za 21,52 %, te slami za 27,68 % nego na lokalitetu Novi Grad. Utvrđene razlike usvajanja i translokacije Fe u zrno i vegetativne dijelove pšenice rezultat su utjecaja agroekoloških čimbenika. McLaughlin i sur. (1999.) su istaknuli da sklonost biljaka da akumuliraju i prenose esencijalne elemente (Fe, Zn, Cu i Mg) u jestive i žetvom ubrane dijelove, u velikoj mjeri ovisi o tlu i klimatskim čimbenicima, genotipu biljke i agrotehnici.

Rezultati analiza agrokemijskih svojstava tla s 4 lokaliteta u Beravcima i Novom Gradu, na kojima su provedeni pokusi tijekom dvije vegetacije, pokazuju da se radi o tlima različitih svojstava (tablica 1.) pa je provedenim istraživanjima dokazan i utjecaj okoline (kombinacija utjecaja lokaliteta i godine uzgoja) na koncentraciju Fe u zrnu i vegetativnim dijelovima pšenice. Cakmak (2008.) je istaknuo da smanjena vlaga u tlu, visok pH, visok sadržaj $CaCO_3$ i mala količina organske tvari smanjuju topivost i dostupnost Fe i Zn u tlu. Pri tome je očekivano, najveća koncentracija Fe u zrnu ostvarena u okolini Novi Grad 2011., te (za 0,7 % manja) u okolini Novi Grad 2012., na tlima nižeg pH tla i bolje humoznosti te veće koncentracije ukupnog i raspoloživog Fe u tlu (tablica 1.). Nadalje, u okolini Beravci 2011. ostvarena je za 9,1 % manja koncentracija Fe u zrnu nego u okolini

Novi Grad 2011. jer je tlo na kojem je pokus postavljen slabo humozno, neutralne trenutne i jake izmjenjive kiselosti, niže koncentracije ukupnog i raspoloživog Fe, dok je u okolini Beravci 2012. ostvarena najmanja koncentracija Fe u zrnu pšenice, (za 20,5 % manja) što je posljedica uzgoja pšenice na slabo humoznom, umjereno karbonatnom tlu, slabo alkalne trenutne i neutralne izmjenjive kiselosti, male koncentracije raspoloživog Fe u tlu (tablica 5). Međutim, značajnu ulogu u koncentraciji Fe u zrnu ima translokacija Fe iz vegetativne mase u zrno. Pri tome, u provedenom istraživanju u okolini Beravci 2011. iz tla je usvojeno najviše Fe (402,03 mg kg^{-1}) u list zastavičar, ostali list i slamu, no od ukupno usvojenog Fe, u zrno je translocirano samo 9,9 %. U okolini Beravci 2012., na slabo humoznom i umjereno karbonatnom tlu, ukupno je usvojeno najmanje Fe (192,31 mg kg^{-1}), no u zrno je translocirano 18,55 %. U okolini Novi Grad 2011. od ukupno usvojenog Fe (289,39 mg kg^{-1}), u zrno je translocirano 15,5 % Fe, dok je u okolini Novi Grad 2012. Od ukupno usvojenog Fe (215,49 mg kg^{-1}) u zrno translocirano 20,69 % Fe (tablica 5). Ostvarene vrijedonsti translokacije Fe u zrno su u skladu sa rezultatima Eđed (2011.), Miller i sur. (1993.), te rezultatima objavljenim u dostupnoj literaturi. Detaljnijom analizom utjecaja tretmana po okolinama dokazan je značajan utjecaj folijarne aplikacije Fe na koncentraciju Fe u zrnu u okolini Novi Grad 2011. pri čemu je ostvarena koncentracija Fe u zrnu 53,81 mg kg^{-1}, koja je potrebna da se postigne biofortifikacijom. Tretman Fe i Zn je imao najmanji utjecaj na koncentraciju Fe u okolini Beravci 2012. (grafikon 4., Prilog, tablica VIII.)



Grafikon 4. Utjecaj aplikacije Fe i Zn po okolinama (lokalitet x godina istraživanja) na koncentraciju Fe u zrnu

Analizom zrna i biljnog materijala utvrđene su značajne razlike u koncentraciji Fe u zrnu, listu zastavičaru, ostalom listu i slami ispitivanih sorata pšenice. Najveća koncentracija Fe u zrnu je utvrđena kod sorte Divane, najmanja kod sorte Katarine te u istom rangu Zdenke i Srpanjke (silaznim slijedom 47,38 mg kg^{-1}, 40,08 mg kg^{-1}, 39,61 mg kg^{-1}, 38,92 mg kg^{-1}). Istovremeno, sorte Katarina i Srpanjka su ostvarile značajno veću koncentraciju Fe u ostalom listu, listu zastavičaru i slami u odnosu na sorte Divanu i Zdenku (tablica 5.). Ostvarene različite koncentracija u zrnu i vegetativnim dijelovima biljke su u skladu sa specifičnostima sorte da usvoji i translocira Fe u zrno. Cakmak i sur., (2004.), Ficco i sur., (2009.) su istaknuli da okoliš također ima značajan utjecaj na koncentracije mikroelemenata u zrnu te da postoji značajna interakcija između genotipa i okoliša. Pri tome, kod sorte Divane, od ukupno usvojenog Fe (260,54 mg kg^{-1}) u list zastavičar, ostali list i slamu, u zrno se translociralo 18,18 % Fe, dok je kod sorte Katarine od ukupno usvojenog Fe (298,54 mg kg^{-1}) u zrno translocirano samo 13,04 % Fe. Kod sorte Srpanjke od ukupno usvojenog Fe (296,84 mg kg^{-1}), u zrno se translociralo 13,34 %, dok je kod sorte Zdenke od ukupno usvojenog Fe (243,29 mg kg^{-1}) u zrno translocirano 16,46 %. Na osnovu dobivenih rezultata može se zaključiti da sorta značajno utječe na koncentraciju Fe u zrnu i vegetativnim dijelovima pšenice. Slične rezultate su prikazali Xu i sur. (2011.), Zhao i sur. (2009.). Cakmak i sur. (2000.) su istaknuli da su varijacije u koncentraciji Fe i Zn modernih kultiviranih pšenica male te su više rezultat utjecaja okoliša i agrotehnike nego genetskih čimbenika, no Lončarić i sur. (2012.) su dokazali da je koncentracija teških metala u zrnu pšenice rezultat svojstva genotipa, svojstva tla na kojem raste i ostvarenog prinosa te su istaknuli da sorta sa najnižim prinosom koja je uzgojena na kiselom tlu ostvarila najveću koncentraciju Fe i Zn u zrnu i obrnuto. Rezultati provedenih istraživanja potvrđuju tu tvrdnju, sorta Divana je ostvarila najmanji prinos zrna, ali i najveću koncentraciju Fe u zrnu. Suprotno, sorta Katarina je ostvarila najveći prinos zrna ali najmanju koncentraciju Fe u zrnu (tablice 3. i 5.). Lončarić i sur. (2011.) su istaknuli da je tradicionalno oplemenjivanje bilja usmjereno na postizanje visokih prinosa zrna pšenice dovelo do razrijeđenja zrna, odnosno snižavanja koncentracija mikroelemenata u zrnu i smanjenja varijabilnosti genotipova pšenice obzirom na akumulaciju Zn i Fe u zrno.

U provedenom istraživanju ostvarena je prosječna koncentracija Fe u zrnu (41,49 mg kg^{-1}), te listu zastavičaru (86,94 mg kg^{-1}), u ostalom listu (134,98 mg kg^{-1}) i slami (11,39 mg kg^{-1}) pšenice. Slične rezultate ostvarila je Eđed (2011.) analizirajući usvajanje Fe u zrno i vegetativne dijelove domaćih i stranih sorata pšenice, s prosjekom Fe u zrnu (38,22

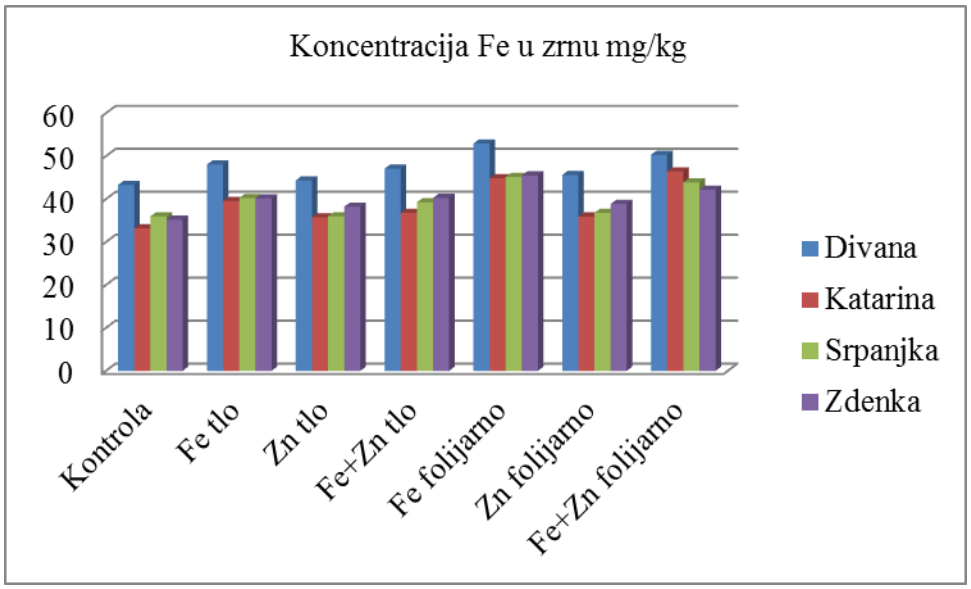
mg kg^{-1}). Morganov i sur. (2007.) su proveli istraživanje na 66 sorte ozime i jare pšenice gdje se koncentracija Fe u zrnu kretala od 25 - 56 mg kg^{-1}, s prosjekom od 38 mg kg^{-1}. Zaključili su da jare sorte imaju višu koncentraciju Fe od ozimih sorata pšenice. Badakhshan i sur. (2013.) su analiziranjem 81 sorte pšenice utvrdili da se koncentracija Fe u zrnu kretala od 41,36 - 67,67 mg kg^{-1}, s prosjekom od 54,52 mg kg^{-1}.

Aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno, očekivano su značajno utjecale ($P < 0.0001$) na promjenu koncentracije Fe u zrnu, listu i listu zastavičaru pšenice. Dobiveni rezultati pokazuju najveći utjecaj folijarne aplikacije Fe te folijarne aplikacije Fe+Zn na koncentraciju Fe. Pri tome je koncentracija Fe u zrnu nakon folijarne aplikacije Fe (47,10 mg kg^{-1}) bila za 27,54 % veća nego u kontroli (36,93 mg kg^{-1}), dok je nakon folijarne aplikacije Fe+Zn (45,70 mg kg^{-1}) bila veća za 23,75 % (tablica 5). Rezultati su u skladu sa rezultatima Zhang i sur. (2010.), Narwal i sur. (2010.), Aciksoz i sur. (2011.). Habib (2009., 2012.) je prikazao značajno više vrijednosti Fe i Zn u zrnu pšenice. Rawashdeh i Florin (2015.) također smatraju da je folijarna aplikacija Fe pojedinačno ili u smjesi s drugim mikroelementima praktična metoda kada biljke ne mogu apsorbirati željezo iz tla zbog fizikalnih i kemijskih svojstava tla, kao što je tekstura tla, vrlo visoka ili niska temperatura tla, slaba prozračnost tla, visoka vlažnost, zbijenost, pH tla, karbonatnost, sadržaj organske tvari i nakupljanje fosfora, no Narwal i sur. (2010.), Gupta (1991.) navode da je folijarna aplikacija značajnija metoda za povećanje koncentracije Fe nego aplikacija Fe u tlo, no zbog brze oksidacije Fe^{2+}u Fe^{3+} i slabe pokretljivosti Fe u floemu, gnojidba Fe gnojivima nije dovoljno učinkovita metoda za povećanje koncentracije Fe u zrnu.

Aplikacijom Fe u tlo koncentracija Fe u zrnu se povećala za 13,71 %, dok aplikacijom Fe+Zn u tlo koncentracija Fe se povećala za 10,6 % u odnosu na kontrolu. Aplikacijom Zn u tlo koncentracija Fe u zrnu se povećala za 4,43 %, a folijarnom aplikacijom Zn za 6, 41 %. Rezultati su očekivani i u skladu rezultatima Narwal i sur. (2010.) koji su dokazali da aplikacija u tlo Fe i Mn nema učinka ili je on ograničen zbog brzog prelaska Fe^{2+} i Mn^{2+} u nepristupačni Fe^{3+} i Mn^{3+}.

Ciljana koncentracija Fe u zrnu koju se želi postići biofortifikacijom 40 - 60 mg kg^{-1} (Gao i sur. 2011.). Kako bi se postigli značajni razlozi za zdravlje koncentracije Fe u zrnu trebaju biti više od 50 mg kg^{-1} (Graham i sur., 2007.). Ostvarene koncentracije Fe u zrnu nakon aplikacijae Fe i Zn u tlo i folijarno na provedenim istraživanjima su manje (47,10 mg kg^{-1}) no u skladu sa ciljanom koncentracijom Gao i sur. (2011.) koja se želi postići

biofortifikacijom Fe. Detaljnijom analizom utjecaja aplikacije Fe i Zn i istraživanih sorata (Prilog, tablica III.) dokazana je značajna interakcija sorte i aplikacije Fe i Zn, pri čemu su sve istraživane sorte značajno reagirale na aplikaciju Fe folijarno i Fe+Zn folijarno i ostvarile minimalno poželjnih 40 mg kg^{-1} (grafikon 5.), dok je sorta Divana ostvarila potrebnih 52,93 mg kg^{-1}.



Grafikon 5. Utjecaj aplikacije Fe i Zn na koncentraciju Fe u zrnu ispitivanih sorata pšenice

Folijarnom aplikacijom Fe+Zn koncentracija Fe u listu zastavičaru je bila veća za 100,88 % nego u kontroli, a nakon folijarne aplikacije Fe 87,21 %. Značajno povećanje koncentracije Fe u listu zastavičaru (16,92 mg kg^{-1} na 101.40 mg kg^{-1}) folijarnom aplikacijom Fe dokazali Zeidan i sur. (2010.). Utjecaj aplikacije u tlo Fe i Fe+Zn bio značajno manji i u rangu sa aplikacijom Zn folijarno i u tlo (28,13 %, 18, 12 %, 9,3%, 5,41 %). Slično su dokazali Zhao i sur. (2011.), opskrba cinkom (10 mg l^{-1}) smanjuje koncentraciju Fe u prosjeku za 8 %.

Folijarna aplikacija Fe+Zn je za 90,18 % povećala koncentraciju Fe u ostalom listu u odnosu na kontrola, folijarna aplikacija Fe za 77,29 %, dok je očekivano utjecaj aplikacije u tlo Fe i Fe+Zn bio značajno manji i u rangu sa aplikacijom Zn folijarno i u tlo (35,42%, 21,45 %, 16,45 %, 14,2 %). Tretman mikroelementima nije značajno utjecao na koncentraciju Fe u slami. Slične rezultate su dobili Zhao i sur. (2011.) kod aplikacije Fe+Zn.

Najveća koncentracija Fe (373,88 mg kg^{-1}) u cijeloj biljci u odnosu na kontrolu ostvarena je nakon folijarne aplikacije Fe+Zn, no u zrno se translociralo 12,22 %, dok je

nakon folijarne aplikacije Fe biljka ostvarila manju (365,21 mg kg^{-1}) koncentraciju Fe, ali se više Fe translociralo u zrno 12,90 %. Nakon aplikacije Fe u tlo, očekivano, biljka je akumulirala manje Fe (269,06 mg kg^{-1}), no u zrno se translociralo 15,61 %. Aplikacijom Fe+Zn u tlo, akumuliralo se 248,66 mg kg^{-1}, translociralo u zrno 16,76 %. Aplikacijom Zn folijarno i u tlo (236,67 mg kg^{-1}, 230,11 mg kg^{-1}) akumuliralo se još manje Fe u biljku, ali je u zrno translocirano više Fe (16,68 %, 16,76 %), dok je u kontroli iz tla pšenica akumulirala 211,04 mg kg^{-1} Fe, no u zrno je translocirano čak 17,50 %. Razlog tomu je antagonizam Fe i Zn, jer prema Alloway (2008.) i ranijim studijama, Zn ometa usvajanje i translokaciju Fe, dok Fe ometa translokaciju Zn samo kod visoke koncentracije Zn. Zhao i sur. (2011.) su dokazali da u nedostatku Fe, koncentracija Fe u korijenu, listu i stabljici se povećava s povećanjem opskrbe Zn i suprotno, opskrba Fe smanjuje koncentraciju Zn u biljci.

4.2.2. Koncentracija Zn u zrnu, listovima i slami pšenice

U provedenim istraživanjima godina uzgoja nije značajno utjecala na koncentraciju Zn u zrnu iako je u drugoj vegetaciji (39,49 mg kg^{-1}) istraživanja ostvarena za 3,84 % veća koncentracija Zn u zrnu nego u prvoj (38,03 mg kg^{-1}) vegetaciji. U drugoj godini istraživanja ostvaren je i prinos za 8,51 % veći nego u prvoj vegetaciji istraživanja što ukazuje na činjenicu da je koncentracija Zn u pozitivnoj korelaciji sa prinosom zrna. Rezultati se poklapaju sa studijama nekih autora koji su utvrdili da nema negativne korelacije između prinosa zrna i koncentracija Fe i Zn (Graham i sur., 1999., Welch i Graham, 2004., Xu i sur. 2012.). Istovremeno, pojedini su autori izvijestili o negativnoj korealciji između koncentracije Fe i Zn i visine prinosa zrna jer je zabilježena značajna negativna korelacija između prinosa i koncentracije Zn (Oury i sur., 2006; Morgounov i sur. 2007., Ficco i sur. 2009., Zhao i sur. 2009.). Garvin i sur. (2006.), Zou i sur. (2012.) su istaknuli da u većini slučajeva, postoji inverzni odnos između prinosa zrna i koncentracije Zn. Razlog ovako kontroverznim rezultatima može biti snažan utjecaj čimbenika okoliša (White i Broadley, 2009.) i specifičnosti sorti pšenice.

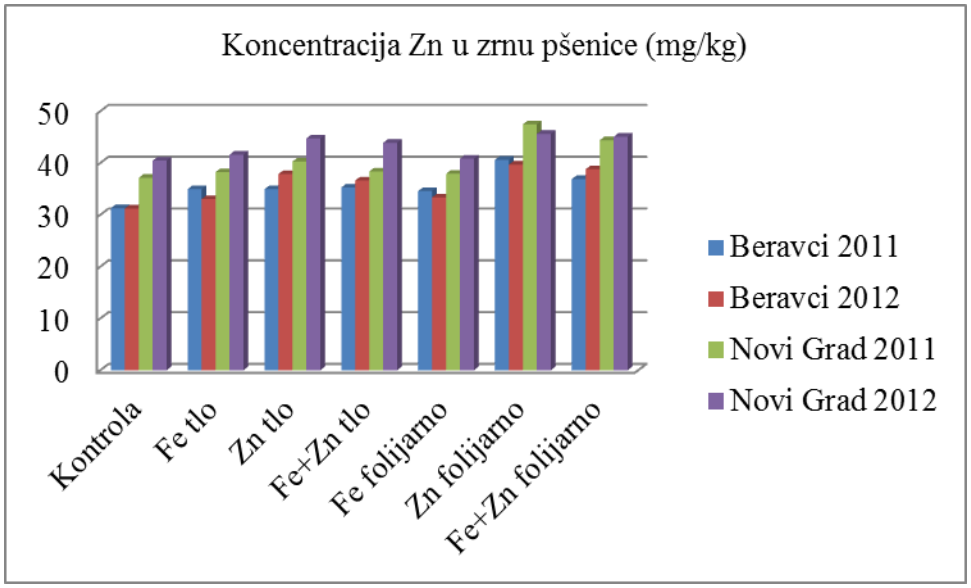
Prosječno je u istraživanjima ostvarena najveća koncentracija Zn u zrnu (38,76 mg kg^{-1}), zatim slami (14,96 mg kg^{-1}), ostalom listu (13,99 mg kg^{-1}), a najmanje u listu zastavičaru (12,42 mg kg^{-1}) pri čemu je od ukupno usvojenog Zn u nadzemne dijelove biljke, u zrno translocirano 48,37 %, slamu 18,67 %, ostali list 17,46 % te list zastavičar 15,50 %. Dobiveni rezultati provedenih istraživanja su u skladu sa ostvarenim rezultatima

Eđed (2011.) koja je dokazala da je tijekom usvajanja Zn, najviši koeficijent translokacije Zn u stabljiku i list zastavičar, odakle se zbog dobre pokretljivosti u biljci Zn u značajnoj količini transportira iz starijih listova i lista zastavičara u zrno (Pearson i Rengel, 1994., Eđed 2011.). Chandra i sur. (2009.) su također utvrdili da se Zn najviše distribuira u zrno pa korijen, izdanak i listove.

Na lokalitetu Novi Grad ostvarena je za 17,43 % veća koncentracija Zn u zrnu, ostalom listu za 29,23 % te slami za 26,33 % u odnosu na lokalitet Bearavci (tablica 6). Sve razlike između lokaliteta su bile statistički značajne. Velu i sur. (2011.) su također dokazali značajne razlike u koncentraciji Zn u zrnu (16,85 mg kg^{-1} -– 60,77 mg kg^{-1}) ispitivanjem 600 genotipova tvrdih i mekih pšenica u 25 zemalja. Koncentracija Zn u listu zastavičaru, na lokalitetu Novi Grad također je bila veća (za 12,67 %) nego na lokalitetu Beravci ali ostvarena razlika nije bila statistički značajna. Na lokalitetu Novi Grad usvojena je veća ukupna količina Zn (87,51 mg kg^{-1}) u biljku nego na lokalitetu Beravci (72,76 mg kg^{-1}), te je od ukupno usvojenog Zn na lokalitetu Novi Grad u zrno translocirano 47,85 %, dok se na lokalitetu Beravci translociralo 49 % Zn. Ostvareni rezultati u provedenim istraživanjima ukazuju na činjenicu da je veća koncentracija Zn u zrnu ostvarena na lokalitetu Novi Grad gdje je ostvaren i veći prinos zrna pošenice. Mnoge studije ističu negativnu korelaciju između koncentracije Fe i Zn u zrnu i prinosa iako na taj odnos utječu mnogi čimbenici okoliša White i Broadley (2009.). U provedenim istraživanjima fizikalno kemijska svojstva tla, te manja količina Zn_{DTPA} u tlu lokaliteta Beravci vjerojatno je ograničavajući čimbenik ostvarene manje koncentracije Zn u zrnu nego na lokalitetu Novi Grad.

Rezultati analiza agrokemijskih svojstava tla s 4 lokaliteta u Beravcima i Novom Gradu, na kojima su provedeni pokusi tijekom dvije vegetacije, pokazuju da se radi o tlima različitih svojstava (tablica 1.) pa je provedenim istraživanjima dokazan i statistički značajan utjecaj okoline (kombinacija utjecaja lokaliteta i godine uzgoja) na koncentraciju Zn u zrnu i vegetativnim dijelovima pšenice. Značajan utjecaj okoline na koncentraciju Zn u zrnu prikazali su i Zou i sur. (2012.), te su istaknuli da značajan utjecaj na koncentraciju Zn u zrnu imaju nepovoljna kemijska i fizikalna svojstva tla, kao visoka razina pH, niska razina organskih tvari i smanjena vlažnost tla (Alloway 2008, Cakmak 2008, Zou i sur. 2012.), dok (Graham i sur., 1999., Ekiz i sur. 1998., Zou i sur. 2012.) ističu i ulogu klimatskih uvjeta i genotipa neovisno o raspoloživosti Zn u tlu. Sukladno tome najmanja koncentracija Zn u zrnu, ostvarena je u okolini Beravci 2011. te okolini Beravci 2012. jer

su kemijska i fizikalna svojstva tla (tablica 1) značajno lošija nego u okolini Novi Grad 2011. i okolini Novi Grad 2012. Ipak, u okolini Beravci 2011. biljka je akumulirala najmanje Zn (65,75 mg kg^{-1}), vrlo malo u list zastavičar i ostale listove, no u zrno se translociralo 54 %, dok je u okolini Beravci 2012. biljka ukupno akumulirala više Zn (79,77 mg kg^{-1}), značajno više u listove nego u okolini Beravci 2011., no ipak je u zrno translocirala manje Zn, svega 44,88 %. Zou i sur. (2012.) također nisu dokazali značajnu korelaciju između koncentracije Zn u listu i koncentracije Zn u zrnu. Iako je očekivano da će najmanja koncentracija Zn biti ostvarena u okolini Beravci 2012. jer je pokus postavljen na umjereno karbonatnom tlu, ipak ostvarena koncentracija Zn u zrnu je bila u istom rangu sa ostvarenom koncentracijom Zn u okolini Beravci 2011. što ukazuje na veći utjecaj klimatskih prilika i genotipa na koncentraciju Zn nego svojstva tla. Ipak u okolini Beravci 2012. ostvaren je najmanji prinos zrna, te malo veći u okolini Beravci 2011. što ukauje da prinos zrna nije imao značajnu povezanost sa povećanjem koncentracije Zn u listu i zrnu. Ostvareni rezultati su u skladu sa rezultatima Zou i sur. (2012.). Nadalje u okolini Novi Grad 2011. ukupno je biljka usvojila najviše Zn (88,0118 mg kg^{-1}), značajno više u list zastavičar i ostali list, no ipak, u zrno se translociralo 46,08 % Zn. U okolini Novi Grad 2012. od ukupno usvojenog Zn (87,00 mg kg^{-1}) listovi su usvojili značajno manje Zn nego u okolini Novi Grad 2011., no u zrno se translocirano više, (49,64 %) te je ostvarena najveća koncentracija Zn u zrnu. Također je u okolini Novi grad 2012. te okolini Novi Grad 2011. ostvaren i najveći prinos zrna pšenice, što također potvrđuje da prinos i koncentracija Zn u listu i zrnu pšenice nisu u negativnoj korelaciji. Detaljnijom analizom utjecaja tretmana po okolinama (grafikon 6.) dokazan je utjecaj svih tretmana Fe i Zn na koncentraciju Zn u zrnu u okolinama Novi grad 2012., i Novi Grad 2011., no ipak u okolini Novi Grad 2011. ostvarena je najveća koncentracija Zn u zrnu (47,47 mg kg^{-1}).

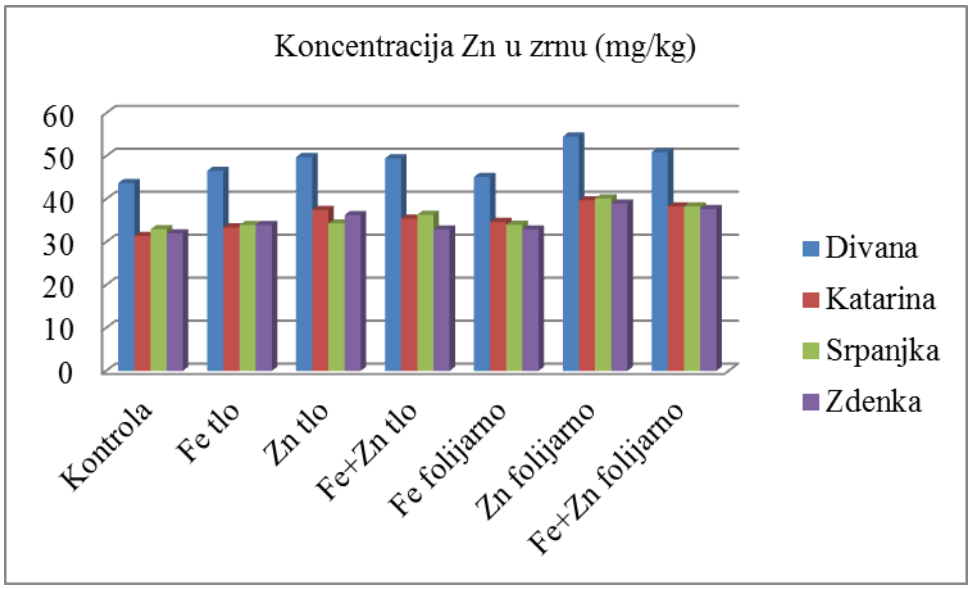


Grafikon 6. Utjecaj aplikacije Fe i Zn po okolinama (lokalitet x godina istraživanja) na koncentraciju Zn u zrnu pšenice

Sorte su se značajno razlikovale po koncentraciji Zn u zrnu ovisno o godini, lokalitetu te njihovim interakcijama i aplikaciji Fe i Zn što je očekivano i u skladu s rezultatima različitih istraživača (Cakmak i sur., 1997., Yilmaz i sur., 1997., Zou i sur., 2012., Zhang i sur., 2010., Habib, 2009., Habib, 2012.).

U provedenom istraživanju sorta Divana je ostvarila najmanji prinos zrna (tablica 3, 6), ali i najveću koncentraciju Zn (48,60 mg kg^{-1}) u zrnu što je u skladu sa zaključkom da je najveća koncentracija Zn u zrnu najčešće povezana s manje prinosnim genotipovima pšenice (Lončarić i sur. 2011., Fan i sur., 2008., McDonald i sur., 2008., Oury i sur. 2006.). Ostvarena koncentracija sorte Divane bila je za 35,85 % veća od ostvarene koncentracije najprinosnije sorte Katarine, te za 39,01 % veća od drugoplasirane Zdenke i za 36,06 % veća od sorte Srpanjke koja je ostvarila najmanju koncentraciju Zn. Ostvareni rezultatai ukazuju da povećanje koncentracije Zn u zrnu ipak nije u u potpunosti u negativnoj korelaciji sa visinom prinosa što se poklapa sa rezultatima Zou i sur. (2012.) koji su dokazali da se koncentracija visokoprinosnih sorti može povećati folijarnom aplikacijom Zn. Također su dokazali da povećanje koncentracije Zn u zrnu aplikacijom Zn u tlo i folijarno nije u negativnoj korelaciji prinosom zrna, čak je i u pozitivnoj korelaciji kod izrazito niskih prinosa zrna. Sukladno tome, folijarnom aplikacijom Zn (Prilog, tablica VII) najprinosnija sorta Katarina je povećala koncentraciju Zn u zrnu za 26,40 % u odnosu na kontrolu, sorta Zdenka za 21,80 %, sorta Srpanjka za 21,95 %, dok je sorta Divana povećala koncentraciju za 24,72 % u odnosu na kontrolu (43,74 mg kg^{-1} na 54,55 mg kg^{-}

[1]) i ostvarila značajno povećanje od minimalno potrebnih 10 mg kg^{-1}, koji su prema izvješću Graham i sur. (2007.) i Cakmak i sur. (2010.b), Zou i sur. 2012. potrebni da bi imali mjerljivu biološku vrijednost i utjecaj na ljudsko zdravlje. Detaljnijom analizom utjecaja aplikacije Fe i Zn i istraživanih sorata (Prilog, tablica VII.) dokazana je značajana interakcija sorte i aplikacije Fe i Zn, pri čemu su sorte Zdenka i Katarina značajno reagirale na aplikaciju Zn folijarno i Fe+Zn folijarno no folijarnom aplikacijom Zn ostvarile su manje od poželjnih 40 mg kg^{-1} (grafikon 5.), dok su sorte Srpanjka (40,18 mg kg^{-1}) te sorta Divana ostvarila potrebnih 54,55 mg kg^{-1} koji se žele postići biofortifikacijom. Sorta Divana je u svim tretmanima ostvarila više od poželjnih 40 mg kg^{-1}.



Grafikon 7. Utjecaj aplikacije Fe i Zn na koncentraciju Zn u zrnu ispitivanih sorata pšenice

Sorta Srpanjka je tijekom vegetacije usvojila najviše Zn (84,74 mg kg^{-1}), no u zrno je translocirano 42,15 %. Slijedi sorta Divana koja je tijekom vegetacije usvojila 82,72 mg kg^{-1} Zn no najveći postotak Zn (58,75 %) od ukupno akumuliranog u biljku, translociran je u zrno. Najprinosnija sorta Katarina, usvojila je 80,13 mg kg^{-1} Zn, no u zrno je translocirano 44,65 %, dok je najmanje Zn u biljne dijelove akumulirala Zdenka, u zrno je translocirano 47,32 % Zn. Sorte su se značajno razlikovale po usvajanju u vegetativne dijelove i translokaciji u zrno što je i očekivano i u skladu sa rezultatima Eđed (2011.) koja je dokazala postojanje sortne specifičnosti prema koeficijentu translokacije iz korijena u stabljiku i iz korijena u list zastavičar pri čemu za koeficijente translokacije u stabljiku i

zastavičar za Zn i Fe nije utvrđena statistički značajna korelacija s koncentracijom Zn odnosno Fe u zrnu.

Aplikacija Zn u tlo rezultirala je povećanjem koncentracije Zn u zrna u rasponu od 20 % do 90 %, dok je folijarna aplikacija 60 % do 250 % kod mekih i tvrdih pšenice (Cakmak i sur., 1997., Yilmaz i sur., 1997., Cakmak, 2010., Zhao i sur., 2011., Zou i sur., 2012.). U provedenim istraživanjima folijarna aplikacija Zn je očekivano imala najveći učinak na povećanje koncentracije Zn u zrnu, pri čemu je ostvarena (43,36 mg kg^{-1}) koncentracija bila za 23,78 % veća nego u kontroli (35,03 mg kg^{-1}). Folijarnom aplikacijom Fe+Zn ostvarena koncentracija Zn je bila za 17,91 % veća nego u kontroli, dok je nakon aplikacije Zn u tlo, koncentracija Zn u zrnu bila veća za 12,65 %. Aplikacijom Fe+Zn u tlo koncentracija Zn u zrnu je bila veća za 10,01 %, dok aplikacija Fe u tlo i folijarno je imala mali pozitivan učinak na koncentraciju Zn u zrnu (5 %). Ostvareni rezultati provedenih istraživanja su u skladu sa rezultatima Xue i sur. (2012.) gdje se koncentracija Zn u zrnu ovisno o razini dušika, povećala za 17,8 %. Također su u skladu sa rezultatima Zou i sur. (2012.), Yang i sur. (2011.), Narwal i sur. (2010.), Yilmaz i sur. (1997.) koji su istaknuli da je folijarna aplikacija Zn te aplikacija Fe+Zn značajnija opcija za povećanje koncentracije Zn u zrnu u odnosu na aplikaciju Zn u tlo. Ipak, iako je došlo do značajnog povećanja koncentracije Zn u zrnu, ostvareno povećanje je (8,33 mg kg^{-1}) ispod minimalno potrebnih 10 mg kg^{-1}, koji su prema izvješću Graham i sur. (2007.) i Cakmak i sur. (2010.b), Zou i sur. (2012.) potrebni da bi imali mjerljivu biološku vrijednost i utjecaj na ljudsko zdravlje, no ipak u skladu sa ciljanom koncentracijom koja se želi postići biofortifikacijom 40 do 60 mg kg^{-1} (Gao i sur. 2011.).

Uspjeh aplikacije Zn u velikoj mjeri ovisi o klimatskim uvjetima i genotipu, raspoloživosti Zn, no biljke mogu postati osjetljivije na nedostatak Zn kada su izložene dugim sunčanim danima i sušnim uvjetima bez obzira na Zn u tlima, zbog povećane fotooksidacije u listovima (Bagci i sur. 2007., Cakmak 2000., Zou i sur. 2012.). Razlog lošijeg uspjeha aplikacije Zn u tlo na koncentraciju Zn u zrnu je loša pokretljivost i brzu adsorpciju Zn sa mineralima gline u tlima s niskom vlagom, visok pH i niska organska tvar (Cakmak 2008.), što dovodi do slabe dostupnosti Zn iz tla ili apliciranog Zn gnojivima.

Kod folijarne aplikacije Zn, te folijarne aplikacije Fe+Zn, biljka je usvojila najviše Zn (tablica 6.), no u zrno se translociralo samo 39,14 % i 39,17 %, dok je nakon aplikacije Zn u tlo i Fe+Zn u tlo, biljka usvojila značajno manje Zn, no u zrno se translociralo 53,13 % i 53,82 %. Aplikacijom Fe u tlo i folijarno te u kontroli, biljka iz tla je usvojila najmanje

Zn, no u zrno je translocirano više od 50 % (tablica 5.). Usvajanje Zn korijenom je često ograničeno zbog nedostatka vode i smanjene aktivnosti korijena što rezultira smanjenim usvajanjem Zn u korijen i izboje, transport i akumuliranje u zrno (Cakmak i sur. 2010.b, Zou i sur. 2012.) pa dolazi do smanjene koncentracije Zn u listovima neovisno o stanju koncentracije Zn DTPA u tlu. U nepovoljnim uvjetima najveći dio Zn u zrno se remobilizira iz vegetativnih dijelova biljke, što je u skladu sa dobivenim rezultatima u provedenom istraživanju.

Folijarna aplikacija Zn nije imala negativan utjecaj na prinos zrna, čak je nakon folijarne aplikacije Zn ostvaren za 3,9 % veći prinos zrna u odnosu na kontrolu (tablica 3), što je u skladu sa rezultatima Zou i sur. (2012.) i Cakmak (2000.) koji su istaknuli da folijarna aplikacija Zn povećava prinos zrna u sušnim uvjetima čak i na tlima sa višim sadržajem raspoloživog Zn, jer poboljšava antioksidativni mehanizam obrane biljke protiv oštećenja stanice izazvanog sušom.

4.3. Ukupna količina i distribucija Fe i Zn u zrno, listove i slamu pšenice

4.3.1. Masa Fe u zrnu, listovima i slami pšenice

Vegetacija provedenih istraživanja je značajno utjecala na masu Fe te je u prvoj vegetaciji provedenih istraživanja ostvarena značajno veća masa Fe u zrnu, listu zastavičaru, u ostalom listu te u slami (slijedom za 26,42 %, 60,96 %, 97,55 %, 28, 44 %) nego drugoj godini. Masa Fe je u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom Fe i masom zrna pa je ostvareni rezultat očekivan. U prvoj vegetaciji istraživanja ostvarena je veća masa zrna i koncentracija Fe u zrnu te veća masa u vegetativnim dijelovima i koncentracija Fe u vegetativnim dijelovima pšenice. Slijedom toga, ukupna vegetativna masa u prvoj godini istraživanja je bila veća za 80,61 %, dok je ukupna masa Fe u nadzemnim dijelovima pšenice bila za 52,52 % veća u prvoj nego u drugoj godini istraživanja (tablica 7). Velu i sur. (2011.) su također dokazali pozitivnu korelaciju između mase zrna, mase Fe i koncentracije Fe u zrnu. Pri tome je u prvoj vegetaciji istraživanja, od ukupno usvojene mase Fe, u zrno se distribuiralo 42,97 %, dok je u dugoj vegetaciji od ukupno usvojene mase Fe, u zrno se distribuiralo 51,84 %.

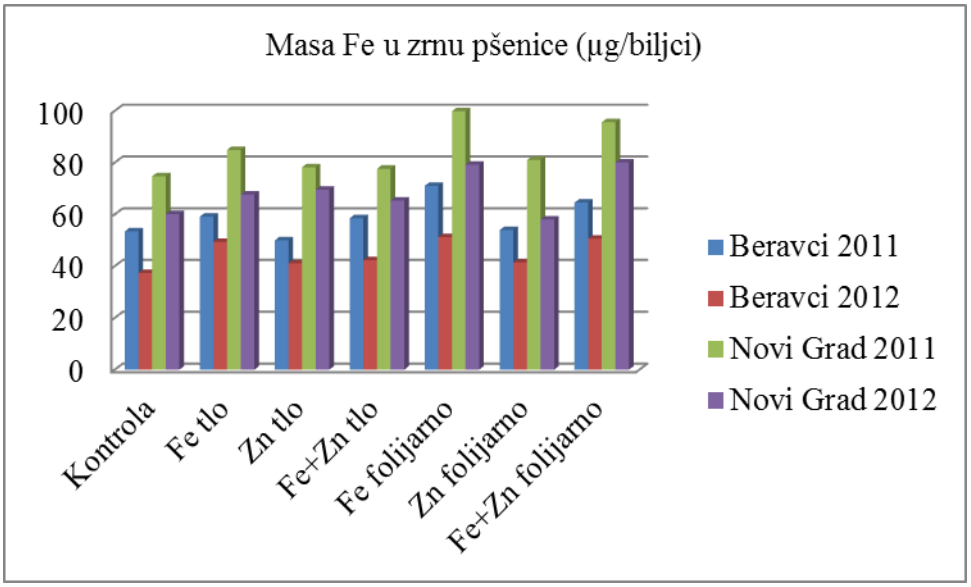
Prosječno od ukupne mase Fe (tablica 7.) u zrnu je locirano 46,49 %, dok je u vegetativnim dijelovima 53,51 % mase Fe (ostalom listu 35,81 %, zatim listu zastavičaru 13,10 % te najmanja u slami 4,61 % pšenice). Količina mikrohraniva kao Fe, Zn, Mn i Cu

u zrnu ovisi o količini koja je usvojena preko korijena tijekom razvoja zrna i količini koja je remobilizirana kroz floem iz vegetativnih organa (Garnett i Graham, 2005.). Kod pšenice, u poljskim uvjetima pronađeni su različiti oblici distribucije i remobilizacije Fe. Miller i sur. (1993.) su dokazali 20 % mase Fe iz izboja alocirano u zrno, 60 % kod Cu. Garnetti i Graham (2005.) istraživanjem distribucije i remobilizacije Fe i Cu kod pšenice, dokazali umjerenu mobilnost Fe, od ukupno usvojenog Fe, u zrno je distribuirano 77 %.

U provedenim istraživanjima dokazan je značajan utjecaj lokaliteta na masu Fe u zrnu i vegetativnim dijelovima pšenice (tablica 7.), pri čemu je na lokalitetu Novi Grad ostvarena za 48,06 % veća masa Fe u zrnu nego na lokalitetu Beravci. To je očekivano jer je na lokalitetu Novi Grad ostvren veći prinos i veća koncentracija Fe u zrnu što je u skladu sa većom akumulacijom asimilata tijekom vegetacije. Ostvareni razlike u rezultatima su u skladu sa istraživanjima, Cakmak i sur. (2000.) koji su dokazali postojanje različitih koncentracija i mase Fe i Zn kod primitivnih (24 – 95 mg kg^{-1}, 0,4 – 2,9 μg $sjemenu^{-1}$) i modernih kultivara pšenice (24 – 51 mg kg^{-1} i masa Fe 0,9 – 2,2 μg $sjemenu^{-1}$) u Izraelu, Japanu Njemačkoj i Turskoj. Suprotno, na lokalitetu Beravci ostvarena je (8,18 %) veća koncentracija Fe u vegetativnim dijelovima a time očekivano i veća masa Fe u vegetativnim dijelovima pšenice, pri čemu je u listu zastavičaru bilo za 21,14 % i slami za 27,61 % veća masa Fe nego na lokalitetu Novi Grad, dok razlika u masi Fe u ostalom listu nije bila značajna. Ipak, na lokalitetu Novi Grad ostvarena je veća ukupna masa Fe u nadzemnom dijelu biljke (14,83 %) nego na lokalitetu Beravci. Na lokalitetu Novi Grad je od ukupne mase Fe, u zrno se distribuiralo 51,91 %, dok je u Beravcima 40,26 %. Značajne razlike između lokaliteta u koncentraciji Fe, a time i mase Fe vjeroratno su rezultat utjecaja čimbenika okoliša na raspoloživost Fe za biljku te sposobnosti biljke da usvoji i translocira Fe u zrno.

Detaljnijom analizom, u okolini Novi Grad 2011. je ostvarena najveća masa Fe u zrnu (84,572 μg $biljci^{-1}$), za 88,96 % veća od najmanje ostvarene mase u okolini Beravci 2012. (44,757 μg $biljci^{-1}$), te slijedom, za 50,99 % veća od mase u okolini Beravci 2011., i 23,38 % od mase Fe u okolini Novi Grad 2012. Masa Fe u zrnu je u korelaciji sa koncentracijom Fe u zrnu i masom zrna, te usvojenim Fe u vegetativna tkiva. Očekivano, najveća masa Fe u zrnu ostvarena u okolini Novi Grad 2011., a rezultat je navjeće ostvarene mase zrna i najveće koncentracije Fe u zrnu, dok je suprotno, najmanja masa Fe u zrnu koja je ostvarena u okolini Beravci 2012. rezultat je najmanje ostvarene mase Fe u vegetativnim organima i najmanje ukupne mase Fe u nadzemnim organima pšenice, te

najmanje mase zrna i koncentracije Fe u zrnu (tablica 5., Prilog, tablica LI.). U okolini Beravci 2011., ostvarena je najveća masa Fe u vegetativnim organima pšenice i ukupna masa Fe u nadzemnim organima pšenice (tablica 7.), no u zrno se distribuiralo samo 34,79 %. Detaljnijom analizom utjecaje aplikacije Fe i Zn po okolinama (grafikon 8.) dokazan je značajan utjecaj folijarne aplikacije Fe (99,86 µg biljci^{-1}) u okolini Novi Grad 2011., te folijarne aplikacije Fe+Zn (95,61 µg biljci^{-1}), dok je očekivano utjecaj tretmana bio najmanji na blago lužnatom karbonatnom tlu, u okolini Beravci 2012.

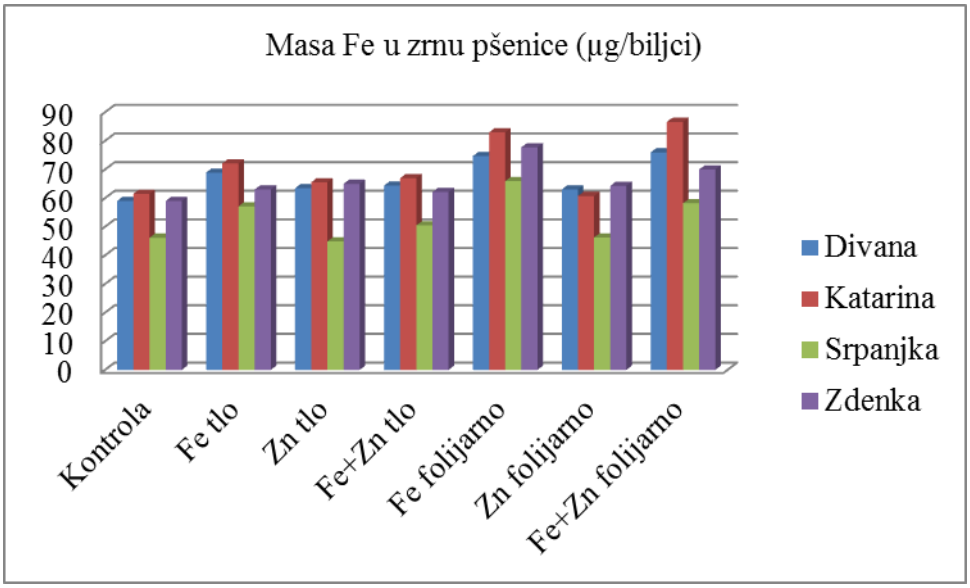


Grafikon 8. Utjecaj aplikacije Fe i Zn po okolinama (lokalitet x godina istraživanja) na masu Fe u zrnu pšenice

Ispitivane sorte su se također, očekivano, značajno razlikovale po masi Fe u zrnu i vegetativnim organima. Pri tome je sorta Katarina (70,911 µg biljci^{-1}) uz najmanju koncentraciju Fe u zrnu i najveću masu zrna, očekivano ostvarila veću masu Fe u zrnu nego istorangirane sorte Divana (koja je imala veću koncentraciju Fe u zrnu), te sorte Zdenka (koja je imala veću masu zrna, a manju koncentraciju Fe u zrnu). Sorta Srpanjka je ostvarila najmanju masu Fe u zrnu (za 34,55% od Katarine), jer je uz malu koncentraciju Fe u zrnu, ostvarila i najmanju masu zrna (tablica 7.). Slične rezultate prikazali su Al-Niemi i sur. (2013.) analizirajući 9 sorata, pri čemu je ostvaren raspon koncentracija Fe u zrnu 56,876 – 106,826 mg kg^{-1} i raspon mase Fe u zrnu 1,5184 – 3,8985 µg sjeme^{-1}, te Velu i sur. (2011.) koji su ispitivanjem 600 genotipova tvrdih i mekih pšenica u 25 zemalja dokazali raspon koncentracije Fe 26,26 mg kg^{-1} – 68,78 mg kg^{-1} i raspon mase Fe 0,63 – 2,38 µg zrnu^{-1}, s prosjekom 1,27 µg zrnu^{-1}.

Sorta Katarina je ostvarila i najveću masu Fe u vegetativnim organima pšenice, te je od ukupno ostvarene mase Fe u nadzemnim organima biljke, u zrno translocirano najmanje, 44 %, kod sorte Srpanjke 45,27 %, Divane 47,80 %, te Zdenke 49,17 % (tablica 7.). Ostvarena masa Fe u provedenim istraživanjima je u skladu sa niskom koncentracijom Fe. Ranjbar i Bahmaniar (2007.) su istaknuli da je količina akumulacije nekih mikroelemenata ograničena genetskom osnovom, dok su suprotno, prema Ascher i sur. (1994.) ostvarene razlike više su rezultat vrste tla, sadržaja hranjive tvari u tlu i raspoloživosti u tlu, a u manjoj mjeri su rezultat kultivara i vegetacije uzgoja.

Aplikacija Fe i Zn u tlo ili folijarno također je značajno ($P < 0.0001$) utjecale na masu Fe u zrnu, ostalom listu, listu zastavičaru te slami pšenice. Pri tome je najveća masa Fe u zrnu pšenice ostvarena nakon folijarne aplikacije Fe (75,313 μg biljci^{-1}), zatim nakon folijarne aplikacije Fe+Zn te aplikacije Fe u tlo (silaznim slijedom 38,80 %, 28,83 %, 15,7 %). Nešto niža masa Fe je ostvarena nakon aplikacije Zn folijarno i Zn u tlo, te aplikacija Fe+Zn u tlo, no ostvarene razlike u odnosu na kontrolu su male i nisu bile statistički značajne (tablica 7.). Ostavrene mase Fe u zrnu su u malo niže, no u skladu masom Fe (1,5184 – 3,8985 μg sjeme^{-1}) koju su ostvarili Al-Niemi i sur. (2013.). Niža masa Fe u zrnu u provedenom istraživanju je u skladu sa ostvarenom nižom koncentracijom Fe i masom zrna (64,135 μg biljka^{-1}, 1,542045 g). Najveća masa Fe u punoj zriobi je ostvarena u zrnu, zatim ostalom listu, listu zastavičaru i najmanje slami. Dobiveni rezultati su slični rezultatima Garnett i Graham (2005.) koji su dokazali da je u punoj zriobi najveća masa Fe u zrnu, a izračunavanjem sadržaja Fe u svim organima omogućava procjenu stupnja remobilizacije iz organa. Dokazali su da je tijekom pune zriobe primjenom $FeSO_4$ u vodenu otopinu, od ukupno usvojenog Fe (123 μg biljka^{-1}), u zrno se translociralo 77 %. U provedenom istraživanju (tablica 7.), od ukupno usvojenog Fe nakon folijarne aplikacije Fe u zrno se translociralo 43,45 %, nakon folijarne aplikacije Fe+Zn 41,57%, dok je aplikacijom Fe u tlo, u zrno translociralo 47,35%. Detaljnijom analizom utjecaja tretmana Fe i Zn na istraživane sorte dokazano je postojanje sortne specifičnosti prema utjecaju aplikacije Fe u tlo i folijarno pri čemu je folijarna aplikacija Fe+Zn imala veći utjecaj na masu Fe u zrnu sorte Katarine i Divane, dok je kod sorte Srpanjke i sorte Zdenke, veći utjecaj imala folijarna aplikacija Fe (grafikon 9., Prilog, tablica VII.)



Grafikon 9. Utjecaj aplikacije Fe i Zn na masu Fe u zrnu istraživanih sorata pšenice

4.3.2. Postotak ukupne mase Fe u zrnu, listovima i slami pšenice

U drugoj vegetaciji provedenih istraživanja postotak ukupne mase Fe u zrnu je za 17,90 % veći nego u prvoj godini istraživanja. Najveći postotak ukupne mase Fe nalazi se u zrnu, ostalom listu, listu zastavičaru te slami. Ostvareni rezultai ukazuju na značajan utjecaj vegetacije istraživanja na dinamiku usvajanja Fe, translokacije u zrno i vegetativne dijelove, a time i postotak mase Fe u zrnu i vegetativnim dijelovima pšenice (tablica 7.). Garnett i Graham, 2005. su u provedenim istraživanjima distribucije i remobilizacije Fe i Cu istaknuli da izračunavanje količine Fe i Cu u svim organima, omogućava procjenu opsega remobilizacije i distribuciju Fe i Cu u zrno iz drugih organa. Sukladno tome, ostvareni rezultati u provedenim istraživanjima ukazuju na manji postotak translokacije Fe u zrno (44,273 %) iz drugih organa u prvoj vegetaciji za 15,19 % u odnosu na drugu vegetaciju istraživanja, kada je u zrno (52,200 %) iz vegetativnih organa translocirano više Fe.

Lokaliteti provedenih istraživanja su se značajano razlikovali u postotaku ukupne mase Fe, pri čemu je na lokalitetu Novi Grad ostvaren za 22 % veći postotak mase Fe u zrnu nego na lokalitetu Beravci, dok je suprotno, na lokalitetu Beravci za 20,34 % ostvaren veći postotak ukupne mase Fe u vegetativnim organima. Suklano tome, okoline (lokalitet x vegetacija istraživanja) u kojima su provedena istraživanja su se također značajno razlikovale po distribuciji Fe. Najveća distribucija Fe u zrno, više od 50 % ukupne mase Fe je ostvareno u okolini Novi Grad 2012., te u istom rangu, okolini Novi Grad 2011. te okolini Beravci 2012., dok je u okolini Beravci 2011., u zrno distribuirano samo 35, 858

%. Slične rezultate su prikazali Garnett i Graham 2005., pri čemu je u punoj zriobi u zrno distribuirano značajno više, 77 % mase Fe. U provedenom istraživanju distribucija Fe nije u korelaciji sa masom, koncentracijom Fe u zrnu i masom zrna. Najveći postotak ukupne mase Fe je ostvaren u okolini Novi Grad 2011., no najveća masa zrna te najveća masa i koncentracija Fe su ostvarene u okolini Novi Grad 2012. Najmanji postotak ukupne mase Fe je ostvaren u okolini Beravci 2011., no najmanja masa zrna, te najmanja masa i koncentracija Fe su ostvarene u okolini Beravci 2012. gdje je pokus postavljen na blago lužnatom, karbonatnom tlu. Značajne razlike u distribuciji Fe i postotku mase Fe u zrnu su u skladu sa tvrdnjom Cakmak i sur. (2004.) koji su naglasili značaj utjecaja okolišnih čimbenika na masu i koncentraciju Fe i Zn u zrnu.

Ispitivane sorte su se očekivano razlikovale po postotku mase Fe u zrnu i vegetativnim dijelovima biljke. Pri tome je sorta Zdenka ostvarila najveći postotak mase Fe (50,547 %) u zrnu, no ona je ostvarila manju masu zrna, ali i manju masu Fe u zrnu nego prvoplasirana sorta Katarina (tablica 7.), te manju koncentraciju Fe od sorte Divane. Sorta Divana je bila u istom rangu sa sortom Zdenkom, ostvarila je manji postotak (48,499 %) ukupne mase Fe u zrnu, gotovo jednak postotak ukupne mase Fe u listu zastavičaru i ostalom listu, no veliki postotak ukupne mase Fe je ostao u slami (za 43,78 % veći postotak Fe u slami nego kod Zdenke). Sorta Srpanjka je ostvarila najmanji postotak ukupne mase Fe (46,538 %) te najveći postotak ukupne mase Fe u vegetativnim organima, pri čemu je postotak mase Fe u listu zastavičaru bio za 48,43 % veći od prvoplasirane Zdenke. Postotni udio mase Fe u slami također je bio najmanji. Distribucija Fe u ostali list se nije značajno razlikovala kod istraživanih sorti, te je postotak mase Fe iako najmanji, ipak je bio u rangu sa ostalim sortama. Sorta Srpanjka je imala najmanju masu zrna i najmanju masu Fe u zrnu, no po koncentraciji je bila ispred sorte Zdenke (tablica 7.). Ostvareni rezultati su očekivani i i u skladu sa Velu i sur. 2011. koji su dokazali značajne razlike u koncentraciji i masi Fe i Zn kod 600 različitih kultivara te istaknuli da koncentracija Zn i Fe u zrnu nisu nužno povezane s malom veličinom zrna ili težinom iako postoji vrlo značajna korelacija između koncentracije i mase Zn ($r = 0,65$; $p < 0,01$) i Fe ($r = 0,45$; $p < 0,01$). Aplikacija Fe i Zn folijarno i u tlo nije utjecala na povećanje postotka mase Fe u zrnu, čak je aplikacija Fe folijarno i u tlo te kombinacija Fe+Zn, imala i negativan učinak (tablica 7.). Pri tome je najveći postotak ukupne mase Fe (50,905 %) ostvaren u kontroli, dok je najmanji postotak mase Fe u zrnu ostvaren nakon folijarne aplikacije Fe+Zn. Ostvareni rezultat je bio za 17,88 % manji od kontrole, te slijedom,

nakon folijarne aplikacije Fe manji za 11,22 %, te nakon aplikacije u tlo Fe+Zn za 4,21 % manji i aplikacije Fe u tlo za 1,85% manji od kontrole, dok je aplikacijom Zn u tlo i folijarno, ostvareni postotak mase Fe u zrnu bio gotovo jednak i u rangu sa kontrolom. Ostvareni rezultati su u skladu sa tvrdnjom Velu i sur. (2011.) da povećana dostupnost Fe u tlu ne povećava sadržaj u zrnu te povećanje razine Fe, povećanjem kapaciteta Fe za usvajanje korijenom ili folijarnom gnojidbom nije učinkovit način povećanja razine Fe u zrnu. Količina mikronutrijenata kao Fe, Zn, Mn, Cu u zrnu ovisi o količini koju usvoji korijenom tijekom razvoja zrna i količini preraspodijeljenoj u zrno iz vegetativnog tkiva preko floema. Iznos koji je remobiliziran putem floema uvelike ovisi o mobilnosti floema svakog elementa. Željezo je opisano kao srednje pokretan u floemu (Kochian, 1991, Garnett i Graham, 2005.). Suprotno, u vegetativnim organima pšenice najveći postotak ukupne mase Fe je ostvaren nakon folijarne aplikacije Fe+Zn, za 18,54 % više nego u kontroli, te za 11,63 % nakon folijarne aplikacije Fe, Fe+Zn u tlo, Fe u tlo, dok je postotak ukupne mase Fe nakon aplikacije Zn u tlo i folijarno bile gotovo jednake i u rangu sa kontrolom. Folijarnom aplikacijom Fe+Zn, te folijarnom maplikacijom Fe značajno je povećan postotak mase Fe u ostalom listu (za 23,34 % i 14,22 %) i listu zastavičaru (za 28,17 % i 19,18 %), dok utjecajem ostalih tretmana, postotak ukupne mase Fe u ostalom listu također je bio veći, no u istom rangu sa kontrolom, dok je u listu zastavičaru utjecaj ostalih tretmana čak bio i negativan (nakon aplikacije Zn u tlo).Tretmani mikroelementima su imali negativan utjecaj na postotak ukupne mase Fe u slami, pri čemu je postotak ukupne mase Fe u slami nakon folijarne aplikacije Fe+Zn bio najmanji, za 28,81 % manji nego u kontroli, nakon folijarne aplikacije Fe za 18,98 % manji, te nakon aplikacije Fe u tlo za 13,99 % manji od postotka ukupne mase Fe u kontroli. Aplikacija Zn folijarno i u tlo je također rezultirala smanjenjem postotka ukupne mase Fe u slami, no razlika je bila mala i u rangu sa kontrolom.

4.3.3. Masa Zn u zrnu, listovima i slami pšenice

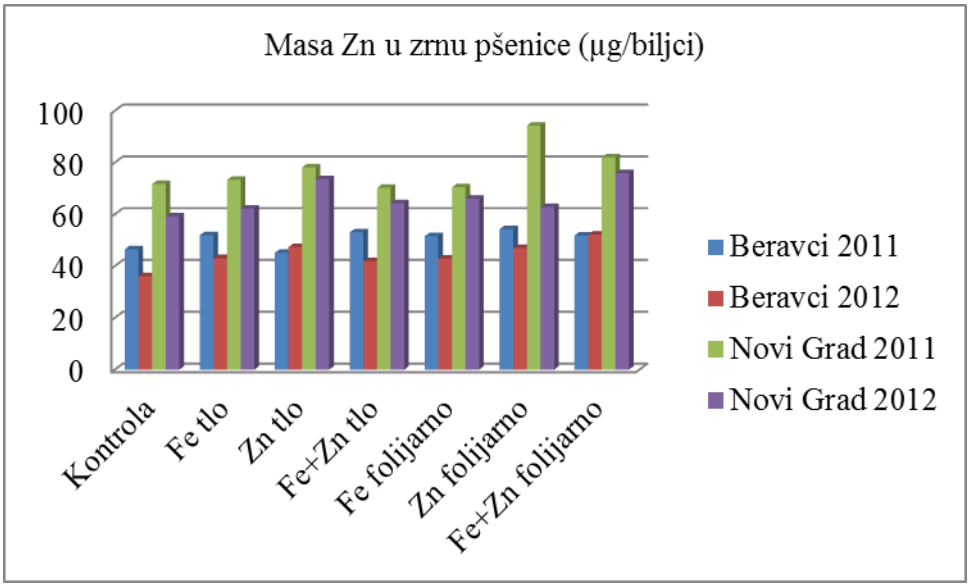
Količina ili masa mikroelemenata u zrnu ovise o količini mikroelemenata koju korijen usvoji tijekom razvoja zrna i količini koju remobilizira iz vegetativnih tkiva kroz floem. Količina svakog elementa elementa koji je remobiliziran floemom u velikoj mjeri ovisi o njegovoj mobilnostri u floemu (Garnett i Graham 2005). Al-Niemi i sur. 2013. prema Kochian (1991.), Pearson i Rengel (1994.) su istaknuli umjerenu mobilnost Fe u floemu, dobru remobilizaciju Zn, te slabu remobilizacija Mn. Sukladno tome, ostvarene

razlike u masi Zn u zrnu i vegetativnim dijelovima su očekivane zbog značajnog utjecaja vegetacije, lokaliteta, okoline, sorte i gnojidbe mikroelementima Fe i Zn na dinamiku usvajanja Zn i mobilizaciju u zrno.

U prvoj vegetaciji provedenih istraživanja ostvarena je za 10,16 % veća ukupna masa Zn u nadzemnom dijelu biljke nego u drugoj vegetaciji. Sukladno tome, ostvarena je za 15,5 % veća masa Zn u zrnu (63,902 μg biljka^{-1}). To je očekivano jer je u drugoj vegetaciji istraživanja ostvarena značajno manja ukupna masa Zn u nadzemnim organima te za 8,25 % veća masa Zn u vegetativnim dijelovima pšenice (tablica 9). Pri tome je najveća masa Zn je u zrnu, prosječno 78,86 % Zn, dok je u vegetativnim dijelovima 21,14 % Zn (najviše u slami, zatim u ostalom listu, a najmanje u listu zastavičaru).

Lokaliteti provedenih istraživanjasu se također značajno razlikovali po ostvarenoj masi Zn u zrnu i vegetativnim dijelovima pšenice (tablica 9.), pri čemu je na lokalitetu Novi Grad ostvarena za 51,02 % veća masa Zn u zrnu, za 54,84 % u ostalom listu, za 25 % u slami te za 22,37 % u listu zastavičaru, nego na lokalitetu Beravci. To je očekivano jer je na lokalitetu Novi Grad ostvrena i značajno veća ukupna masa Zn u nadzemnim organima te veća translokacija Zn u zrno. Ostvaren je i veći prinos te veća koncentracija Zn u zrnu što ukazuje na pozitivnu korelaciju mase Zn i koncentracije Zn. Pozitivnu korelaciju koncentracije Zn i mase Zn prikazali su i Velu i sur. (2011.). Značajne razlike između lokaliteta u koncentraciji Zn, a time i mase Zn vjeroratno su rezultat utjecaja čimbenika okoliša na raspoloživost Zn za biljku te sposobnosti biljke da usvoji i translocira Zn u zrno. Pri tome je vrlo značajan utjecaj okoline (lokalitet x vegetacija istraživanja) na masu Zn u zrnu i vegetativnim dijelovima. Najveća ukupna masa Zn u nadzemnim organima, a time i zrnu pšenice, očekivano je ostvarena (obzirom na kemijsko - fizikalna svojstva tla, tablica 1.) u okolini Novi Grad 2011., te okolini Novi Grad 2012., Beravci 2011., a najmanja u okolini Beravci 2012. gdje je pokus postavljen na blago lužnatom, karbonatnom tlu. Ostvarena masa Zn u zrnu u okolini Novi Grad 2011. i 2012. nije u pozitivnoj korelaciji sa prinosom zrna i koncentracijom Zn jer je okolini Novi Grad 2012. ostvarena veća koncentracija zrna i veći prinos, no manja masa zrna (tablica 3. i tablica 6.). Ostvareni rezultati potkrjepljuju tvrdnju Graham i sur. (1999.) da u pšenici ne postoji uvijek negativna veza između visine prinosa i koncentracije mikronutrijenata u sjemenu. Detaljnijom analizom aplikacije Fe i Zn po okolinama na masu Zn, utvrđen je značajan utjecaj folijarne aplikacije Zn te folijarne aplikacije Fe+Zn u okolini Novi grad 2011., te

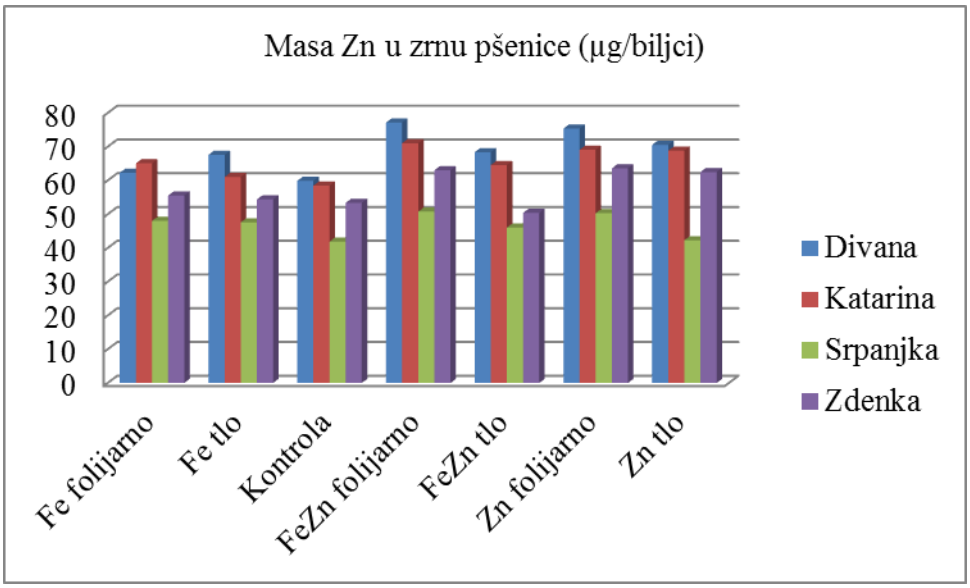
okolini Novi Grad 2012., dok utjecaj aplikacije Fe i Zn u okolini Beravci 2012. nije bio značajan (grafikon 10.).



Grafikon 10. Utjecaj aplikacije Fe i Zn po okolinama (lokalitet x godina istraživanja) na masu Zn u zrnu pšenice

Istraživane sorte (grafikon 11.) su se također razlikovale po ostvarenoj masi Zn u nadzemnim dijelovima biljke, pri čemu je najveću ukupnu masu Zn u nadzemnim organima, a time i zrnu, ostvarila sorta Divana te u istom rangu sorta Katarina. Sorta Divana je ostvarila za 47,20 % veću masu Zn u zrnu od najniže plasirane sorte Srpanjke, te za 19,46 % veću masu Zn od sorte Zdenke. Sorta Divana je uz najveću masu Zn u zrnu, ostvarila najveću koncentraciju Zn ali najmanji prinos, no istorangirana sorta Katarina je ostvarila malo manju koncentraciju Zn u zrnu, ali najveći prinos zrna. Ostvareni rezultati potvrđuju tvrdnju Velu i sur. (2011). da koncentracije i masa Zn i Fe u zrnu nisu nužno povezane s malom veličinom zrna ili težinom. Također je potvrđena tvrdnja Cakmak (2000.) koji ističe da u slučaju kultiviranih suvremenih pšenica, varijacije u koncentraciji cinka i željeza u sjemenu su relativno male. Štoviše, čimbenici okoliša i agrotehnike imaju veći utjecaj na varijaciju koncentracije mikronutrijenta suvremenih kultiviranih pšenica nego genetski čimbenici. Ostvarena masa Zn u zrnu ispitivanih sortata je u rasponu (46,704 µg biljka^{-1} – 68,749 µg biljka^{-1}) te koncentracija Zn u zrnu (34,960 mg kg^{-1} – 48,598 mg kg^{-1}) u skladu sa rezultatima Velu i sur. (2011.) koji su ispitivanjem 600 genotipova mekih i tvrdih pšenica u 25 zemalja dokazali značajne razlike u masi Zn (0,91 – 2,01 µg sjeme^{-1}) i koncentraciji Zn (30,60 – 60,77 mg kg^{-1}). Slične rezultate mase i koncentracije Zn u zrnu (

0,3 – 3,1 µg zrnu^{-1}, 8 ‑ 61 mg kg^{-1} Zn) modernih pšenica prikazao je Cakmak (2000.). Zasijane sorte su se razlikovale i po akumuliranoj masi Zn u vegetativnim organima pri čemu je najveću masa Zn u vegetativnim organima ostvarila sorta Katarina, a najmanju sorta Srpanjka. Najveća masu Zn ostvarena je u slami, ostalom listu te listu zastavičaru. Najveću masu Zn u slami zabilježili su i Velu i sur. (2011.), te istaknuli da je stabljika značajan izvor Zn za zrno. Eđed (2011.) je utvrdila najviši koeficijent translokacije Zn u stabljiku i list zastavičar te istaknula da se zbog dobre pokretljivosti relativno lako transportira u zrno.



Grafikon 11. Utjecaj aplikacije Fe i Zn na masu Zn u zrnu ispitivanih sorata pšenice.

Aplikacija Fe i Zn u tlo i folijarno značajno je utjecala na masu Zn u zrnu i vegetativnim organima pri čemu je u odnosu na kontrolu, najveća ukupna masa Zn u nadzemnim organima ostvarena nakon folijarne aplikacije Fe+Zn (za 36,54 %) te folijarne aplikacije Zn (za 35,53%) i aplikacije Zn u tlo (15,67 %). Folijarna aplikacija Zn i Fe+Zn značajno je povećala masu Zn u u vegetativnim organima (102,20 %, 99,93 %), najviše u ostalom listu (306,22%, 270,85%) te listu zastavičaru (152,50 %, 144,02 %) i slami (27,54 %, 16,35 %). Slijedom toga, najveća masa Zn u zrnu (u odnosu na kontrolu, tablica 8) ostvarena je nakon folijarne aplikacije Fe+Zn, zatim folijarne aplikacije Zn te aplikacije Zn u tlo (za 22, 67 %, 20,94 %, 14, 35 %). Aplikacija Fe u tlo i folijarno također je povećala masu Zn, no povećanje je bilo malo i u rangu sa kontrolom (tablica 9.). Detaljnijom analizom dokazan je značajana interakcija sorte i tretmana (grafikon 11., Prilog, tablica XVIII.) pri čemu je ostvarena najveća interakcija sorte Divane i folijarne aplikacije Fe+Zn,

te folijarne aplikacije Zn pri čemu je ostvarena najveća masa Zn u zrnu pšenice (77,142 μg biljka^{-1}), dok je ostvarena masa Zn sorte Srpanjke bila u ragu kontrole.

4.3.4. Postotak ukupne mase Zn u zrnu, listovima i slami pšenice

U provedenim istraživanjima postotak ukupne mase Zn u zrnu i vegetativnim organima očekivano je bio pod utjecajem vegetacije, lokaliteta i okoline provedenih istraživanja. Zn je vrlo pokretan u biljci pa je očekivano najveći postotak ukupne mase Zn je u zrnu (prosječno 78, 69245 %), slami (11,41825 %), ostalom listu (6,13153 %) te listu zastavičaru (3,574 %). Ostvareni rezultati su slični rezultatima Garnett i Graham (2005.) no pokazuju veću mobilnost Zn i bolju distribuciju u zrno. Autori su istaknuli slabiju mobilnost Zn (42 %) zbog veće akumulacije Zn u slami. U prvoj vegetaciji provedenih istraživanja očekivano je ostvaren veći postotak ukupne mase Zn u zrnu (za 6,3 %) nego u drugoj vegetaciji (tablica 10.) jer je u prvoj vegetaciji ostvarena i veća ukupna masa Zn u nadzemnim organima i zrnu (tablica 9.), pri čemu je od ukupno usvojene mase Zn u nadzemne organe, u zrno se translociralo više (81, 1136 %). U drugoj vegetaciji ukupno je usvojena značajno manja masa Zn u nadzemne organe, te zbog slabije mobilnosti Zn, u vegetativnim organima je ostvareno 23,7287 % mase Zn što je za 25,64 % više nego u prvoj vegetaciji istraživanja (tablica 10.). Lokalitet provedenih pokusa je manje utjecao na distribuciju Zn. Pri tome je na lokalitetu Novi Grad postotak mase Zn u zrnu bio za 2,41 % veći nego na lokalitetu Beravci. Razlog tome je vjerovatno bolje translokacija Zn iz slame na lokalitetu Novi Grad jer se lokaliteti nisu razlikovali po postotku mase Zn u ostalom listu i listu zastavičaru. Okolina (lokalitet x godina istraživanja) je značajno utjecala na distribuciju Zn. Pri tome je najveći postotak mase Zn u zrnu ostvaren je u okolini Novi Grad 2011., jer je od ukupno usvojene mase Zn u nadzemne organe pšenice najveći postotak Zn translociran u zrno (81,155 %). Najmanji postotak mase Zn je ostvaren u okolini Beravci 2012. To je očekivano jer je pokus postavljen na blago lužnatom, karbonatnom tlu. U takvim uvjetima biljka je akumulirala značajno manju masu Zn u nadzemne organe te zbog utjecaja okoline i slabije mobilnosti Zn, iz vegetativnih organa u zrno se translociralo 74,441 %. Nadalje, iako je u okolini Beravci 2011. usvojeno značajno manje Zn u nadzemne organe nego u okolini Novi Grad 2011., zbog dobre pokretljivosti Zn, u zrno se translociralo 81,072 %, dok je suprotno, u okolini Novi Grad 2012. usvojena značajno veća masa Zn u nadzemne organe biljke nego u okolini Beravci 2011., no zbog slabe mobilnosti Zn, iz vegetativnih organa u zrno se translociralo 78,101 % (tablica 10.).

Istraživane sorte su se razlikovale u distribuciji Zn i ostvarenom postotku ukupne mase Zn u zrnu i vegetativnim dijelovima biljke. Genetska varijacija modernih tetraploidnih i heksapoloidnih vrsta pšenice je vrlo niska u usporedbi sa varijacijom divljih diploidnih i tetraploidnih pšenica (Cakmak i sur. 2000., Cakmak i sur. 2004.) te čimbenici okoliša i uzgoja imaju veći utjecaj na varijacije koncentracije i mase mikrohraniva modernih kultiviranih pšenica nego genetski čimbenici Rengel i sur. (1999.), Cakmak i sur. (2004.). U provedenim istraživanjima sorta Divana ostvarila je najveći postotak mase Zn u zrnu (79,984 %). To je očekivano jer je ostvarila i najveću ukupnu masu Zn u nadzemnim organima biljke. U istom rangu su sorte Katarina (79,100 %) te Zdenka (79,227 %). Sorta Zdenka je ostvarila značajno manju ukupnu masu Zn u nadzemnim organima biljke od Divane i Katarine, no zbog dobre pokretljivosti Zn i translokacije iz vegetativnih organa u zrno ostvarila je veći postotak mase Zn. Sorta Srpanjka je očekivano ostvarila najmanji postotak mase Zn u zrnu jer je uz najmanje ostvarenu ukupnu masu Zn u nadzemnim organima, ostvarila i najslabiju translokaciju iz vegetativnih organa u zrno (76,458 %).

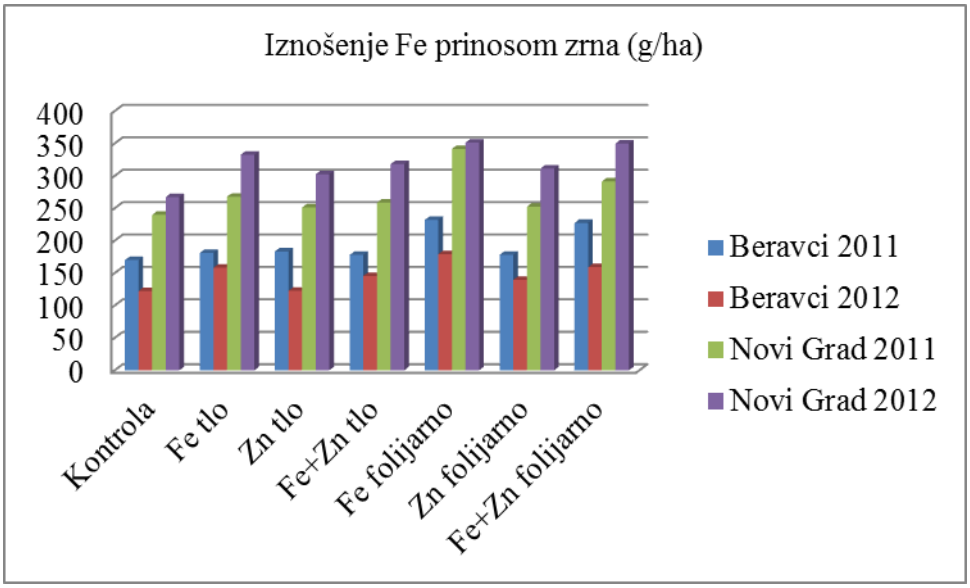
Aplikacija mikroelemenata Fe i Zn u tlo i folijarno nije utjecala na distribuciju Zn u zrno, ostvareni rezultati su bili u rangu kontrole pri čemu je folijarna aplikacija Zn te folijarna aplikacija Fe + Zn čak imala negativan utjecaj na postotak mase Zn u zrnu. Folijarna aplikacija Zn te Fe + Zn također je imala negativan utjecaj na postotak mase Zn u slami. Utjecaj ostalih tretmana bio je u rangu sa kontrolom. Suprotno, folijarna aplikacija Zn te folijarna aplikacija Fe+Zn značajno su povećale postotak mase Zn u ostalom listu (188,95 %, 151,44%) i listu zastavičaru (za 80,31 %, 67,47 %), dok je utjecaj ostalih tretmana bio u rangu sa kontrolom, čak i negativan nakon aplikacije Fe u tlo. Sukladno tome, folijarna aplikacija Zn te Fe + Zn je imala pozitivan učinak na postotak mase Zn u vegetativnim organima pšenice (slijedom za 46,54 %, 40,26 %). Razlog slabe distribucije Zn u zrno kod dobre opskrbljenosti Zn vjerojatno je interakcija između mikrohraniva koja prema Imtiaz i sur. (2003.) značajno utječe na unos, distribiciju i iskorištavanje u biljci. Zhao i sur. (2011.) su također izvijestili o značajnom antagonizmu Fe i Zn, dok Alloway (2008.) također ističe antagonizam Fe i Zn pri čemu prema podatcima ranijih studija, Zn ometa uzimanje Fe i translokaciju, dok Fe ometa translokaciju Zn samo kada je koncentracija Zn visoka. Navode i razloge: konkurencija između Fe^{2+} i Zn^{2+} prilikom usvajanja, ometanje u kelatnom procesu prilikom usvajanja i translokacije (Kabata – Pendias (2001.), te konkurentna inhibicija između Fe i Zn prilikom prolaska i izlaska iz ksilema.

4.4. Iznošenje Fe i Zn prinosom zrna i prirodom vegetativne mase

4.4.1. Iznošenje Fe prinosom i prirodom

Ukupno iznošenje hraniva prinosom podrazumjeva ukupno usvojenu količinu hraniva iz tla i/ili preko lista koja je sadržana u sveukupnom biološkom prirodu po jednom hektaru (Vukadinović i Vukadinović 2011.). Vegetacija provedenih istraživanja značajno je utjecala na iznošenje Fe vegetativnom masom, no nije utjecala na iznošenje Fe prinosom zrna. Pri tome je u prvoj vegetaciji istraživanja ostvareno veće ukupno iznošenje Fe ukupnom nadzemnom masom (za 49,89 %), te veće iznošenje Fe prirodom vegetativne mase (za 96,89 %) nego u drugoj vegetaciji (tablica 11.). To je očekivano jer je u prvoj vegetaciji uz veću masu zrna ostvarena i veća koncentracija Fe u zrnu i vegetativnim organima pšenice. Prosječno je najviše Fe izneseno prirodom ostalog lista, prnosom zrna, prirodom lista zastavičara, a najmanje prirodom slame (silaznim slijedom 247,87 g ha^{-1}, 232,605 g ha^{-1}, 90,0445 g ha^{-1}, 30,549 g ha^{-1}. Utjecaj vegetacije na iznošenje Fe prikazala je i Eđed (2011.) istraživanjem iznošenja Fe, Zn i Cd na nekontaminiranom i kontaminiranom tlu Cd. Na lokalitetu Novi Grad je ostvareno veće iznošenje Fe prinosom zrna, za 74,02 % nego na lokalitetu Beravci, no lokalitet nije utjecao na iznošenje Fe prirodom vegetativne mase.

Okoline (interakcija lokaliteta i vegetacije istraživanja) provedenih istraživanja su vrlo značajno utjecale na iznošenje Fe. Pri tome je u okolini Beravci 2012. ostvareno je najmanje iznošenje Fe prinosom zrna i prirodom vegetativnih organa, a time i ukupno iznošenje Fe prinosom zrna i prirodom vegetativnih organa. To je očekivano jer je pokus postavljen na blago lužnatom, karbonatnom tlu pa je uz najmanji prinos ostvarena i najmanja koncentracija Fe. Suprotno, u okolini Novi Grad 2012. ostvaren je najveći prinos te je prinosom zrna izneseno najviše, za 117,49 % više Fe nego u okolini Beravci 2012., te opadajućim slijedom u okolini Novi Grad 2011. te okolini Beravci 2011. Ipak, u okolini Beravci 2011. izneseno je najviše Fe prirodom vegetativne mase, a time je ostvareno i najveće ukupno iznošenje Fe nadzemnim organima. To je očekivano jer u okolini Beravci 2011. ostvarena najveća koncentracija Fe u vegetativnim organima (tablica 11., tablica 5.). Detaljnija analiza utjecaja tretmana Fe i Zn po okolinama na iznošenje Fe prinosom zrna, dokazala je značajan utjecaj okoline na iznošenje Fe. Pri tome, u okolini Novi Grad najviše Fe je izneseno nakon folijarne aplikacije Fe, a zatim folijarne aplikacije Fe+Zn, najmanje u okolini Beravci 2012. (grafikon 12.).

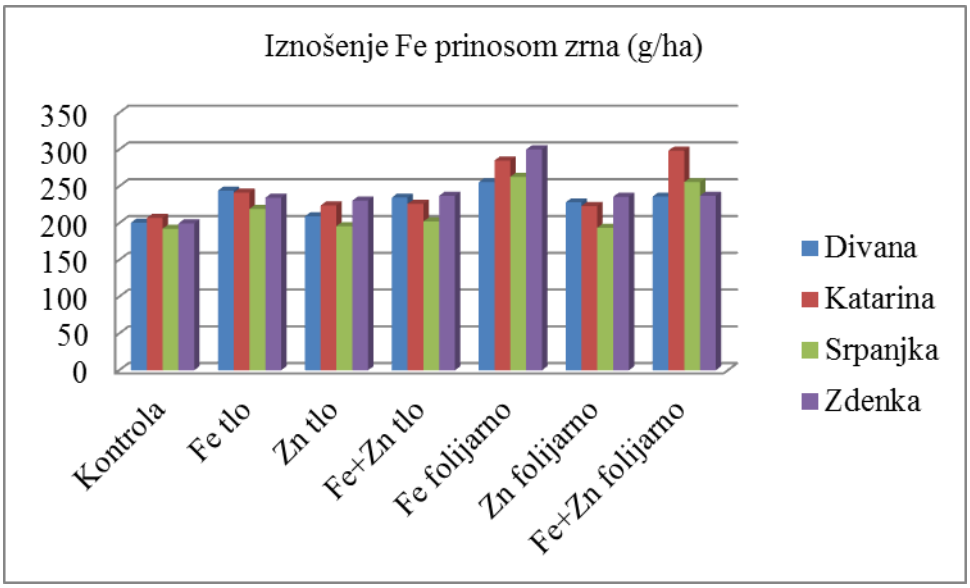


Grafikon 12. Utjecaj taplikacije Fe i Zn po okolinama (lokacija x godina istraživanja) na iznošenje mase Fe.

Sorta nije značajno utjecala na iznošenje Fe prinosom zrna, no ipak prinosom zrna sorte Katarine izneseno za 12 % više Fe nego prinosom najniže rangirane sorte Srpanjke. Sorta Katarina je ostvarila najveći prinos, najveću masu zrna ali najmanju koncentraciju Fe u zrnu, no najveću koncentraciju Fe u vegetativnim organima, te je zbog toga ostvarila najveće iznošenje Fe prirodom vegetativnih organa, ali i najveće ukupno iznošenje Fe prirodom nadzemnih organa. Sorta Divana je ostvarila najmanji prinos zrna i najveću koncentraciju Fe u zrnu te najmanju koncentraciju Fe u vegetativnim organima, a time i najmanje iznošenje Fe prirodom vegetativnih organa te ukupno iznošenje Fe prirodom nadzemnih organa (tablica 4., tablica 5.). Sortnu specifičnost u iznošenju Fe prinosom zrna prikazala je i Eđed (2011.), iznošenje Fe je bilo u rasponu (66,987 – 295,309 µg/10 vlati). Wojtkowiak i sur. (2017.) su dobili slične rezultate iznošenja Fe kod dvije istraživane sorte (159,3 g ha^{-1}, 173,8 g ha^{-1}).

Aplikacija Fe i Zn u tlo i folijarno značajno je utjecala na iznošenje Fe, pri čemu je folijarna aplikacija Fe imala najveći utjecaj na iznošenje Fe prinosom zrna (za 38,07 % veće iznošenje Fe od kontrole), te folijarna aplikacija Fe+Zn, (za 28,51 % veći iznošenje Fe od kontrole) dok je utjecaj ostalih tretmana bio manji i u rangu sa kontrolom (tablica 11.). Folijarna aplikacija Fe je imala i najveći utjecaj na iznošenje Fe prirodom slame (za 19,98 % veće iznošenje nego u kontroli). Rezultat je očekivan jer je nakon folijarne aplikacije ostvaren i najveći prinos zrna te najveća koncentracija Fe u zrnu, te najveći prirod i koncentracija Fe u slami. Suprotno, folijarna aplikacija Fe+Zn je imala najveći

utjecaj na iznošenje Fe prirodom lista zastavičara i ostalog lista, a time i ukupno iznošenje Fe vegetativnom masom (slijedom 100,94 %, 89,40 %, 83,18 % veće iznošenje od kontrole) te manji utjecaj je imala folijarna aplikacija Fe (slijedom 96,92 %, 85,26 %, 81,20 %). Utjecaj ostalih tretmana je bio u rangu kontrole. Ostvareni rezultat je također očekivan jer je najveća koncentracija Fe ostvarena nakon folijarne aplikacije Fe +Zn , te manje, ali u istom rangu nakon folijarne aplikacije Fe. Najviše ukupno iznošenje Fe prinosom zrna i prirodom vegetativnih organa je izneseno nakon folijarne aplikacijae Fe i u istom rangu folijarne aplikacije Fe+Zn te nakon aplikacije Fe u tlo (slijedom za 63,13 %, 60,28 %, 21,72 % više nego u kontroli). Detaljnijom analizom, najviše Fe prinosom zrna iznijela je sorta Zdenka nakon folijarne aplikacije Fe te folijarne aplikacije Fe+Zn, slijedi sorta Katarina koja je ipak više Fe iznijela prinosom zrna nakon folijarne aplikacije Fe+Zn (grafikon 13.).



Grafikon 13. Utjecaj aplikacije Fe i Zn na iznošenje Fe prinosom zrna ispitivanih sorti pšenice.

4.4.2. Postotak iznošenja Fe prinosom i prirodom

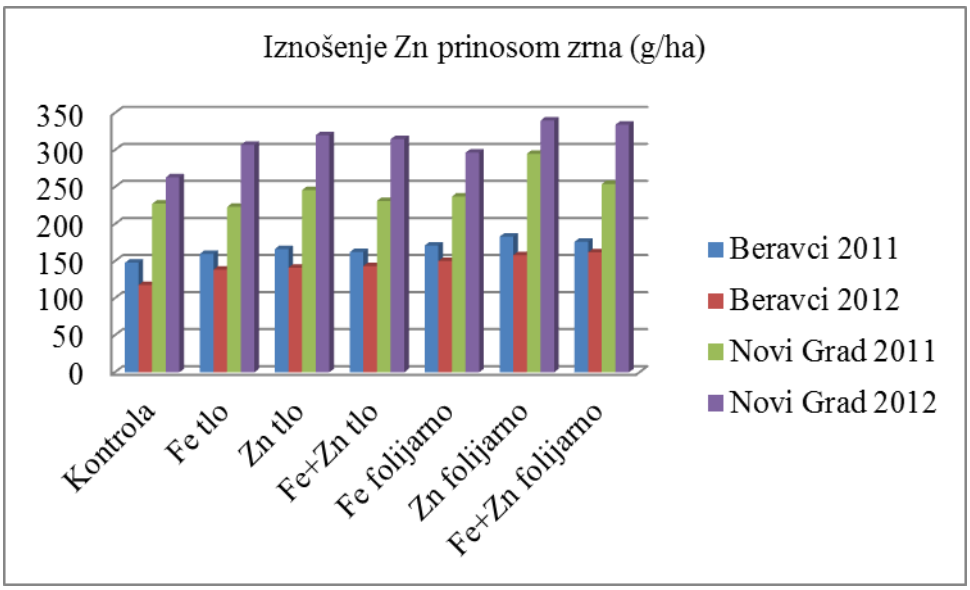
U drugoj vegetaciji istraživanja iako je koncentracija Fe u zrnu bila manja, prinos zrna je bio veći te je prinosom zrna izneseno značajno više Fe (za 45,53 % više) nego u prvoj vegetaciji, dok je suprotno, u prvoj vegetaciji izneseno više (za 30,39 %) prirodom vegetativne mase. Na lokalitetu Novi Grad ostvaren je veći prinos zrna, veća masa zrna, veća koncentracija Fe u zrnu te je očekivano i izneseno više Fe (za 21,45 %) nego na lokalitetu Beravci gdje je više Fe izneseno prirodom vegetativne mase. Slijedom toga, u okolini Beravci 2011. ostvarena je najveća koncentracija Fe u ostalom listu i listu

zastavičaru te je prirodom vegetativne mase izneseno je čak 72,842 %, što je za 47,54 % više nego u okolini Novi Grad 2012. gdje je prirodom vegetativne mase izneseno najmanje Fe, 49,371 % (tablica 12.). Nadalje, u okolini Novi Grad 2012. ostvarena je manja koncentracija Fe u zrnu (razlika nije značajna) te manja masa zrna nego u okolini Novi Grad 2011., no ostvaren je najveći prinos zrna te je očekivano, prinosom zrna iznijela najviše, 50,629 %. U okolini Beravci 2012. pokus je postavljen na blago lužnatom, karbonatnom tlu, ostvaren je najmanji prinos, najmanja masa zrna i najmanja koncentracija Fe u zrnu, no od ukupno usvojenog Fe, prinosom zrna je izneseno 47,925 %, što je za 5 % manje od prvoplasirane okoline Novi Grad 2012. Sorta Divana je ostvarila najmanji prinos, manju masu zrna od sorte Katarine, no uz najveću koncentraciju Fe u zrnu, ostvarila je najveće iznošenje Fe prinosom zrna. Sorta Srpanjka je uz najmanji prinos i najmanju masu zrna te nižu koncentraciju Fe u zrnu očekivano ostvarila najmanje iznošenje Fe prinosom zrna, za 12,65 % manji od sorte Divane (tablica 12., 4.). Aplikacija Fe te Fe+Zn folijarno i u tlo nisu značajno utjecale na postotak iznošenja Fe prionosom zrna, čak je aplikacija Fe folijarno te folijarna aplikacija Fe + Zn imala negativan učinak na postotak iznošenja Fe prinosom zrna i prirodom slame (tablica 12.). Značajan utjecaj su imale na iznošenje Fe prirodom lista zastavičara i ostalog lista. Pri tome je postotak iznošenja Fe prirodom vegetativne mase bio najveći kod folijarne aplikacije Fe+Zn (veći za 14,58% od kontrole) te nakon folijarne aplikacije Fe (veći za 8,90 % od kontrole).

4.4.3. Iznošenje Zn prinosom i prirodom

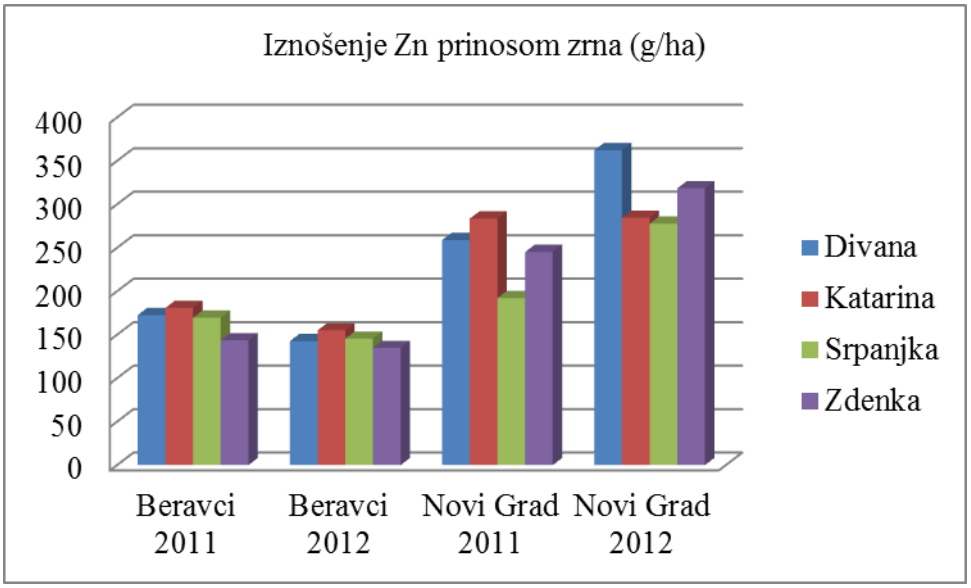
U drugoj vegetaciji istraživanja koncentracija Zn i prinos su bili veći pa je iznošenje Zn prinosom zrna očekivano bilo veće (za 10,60 %) u drugoj nego u prvoj vegetaciji provedenih istraživanja. Vegetacija nije značajno utjecala na iznošenje Zn prirodom vegetativnih organa (tablica 13.). Značajan utjecaj vegetacije na iznošenje Zn prikazali su Xue i sur. (2012.). Prosječno je najviše Zn izneseno prinosom zrna, prirodom ostalog lista i lista zastavičara, te prirodom slame. Ostvareni rezultat je u skladu sa rezultatima (Eđed 2011.). Sukladno većem prinosu i koncentraciji Zn, na lokalitetu Novi Grad očekivano je izneseno značajno više Zn prinosom zrna (78,56 %) i prirodom vegetativne mase (66,80 %), te ukupnim prirodom (75,31 %). Detaljnijom analizom, okoline (lokalitet x vegetacija istraživanja) očekivano je najviše Zn izneseno prinosom zrna u okolini Novi Grad 2012., za 115 % više, te ukupnim prirodom za 101,25 % više nego u okolini Beravci 2012. gdje je izneseno najmanje Zn. Također je zabilježena značajna interakcija tretmana Fe i Zn i

okoline (grafikon 14.) pri čemu su svi tretmani značajno utjecali na iznošenje Zn prinosom zrna u okolinama Novi Grad 2011. i Novi Grad 2012.



Grafikon 14. Utjecaj aplikacije Fe i Zn po okolinama (lokacija x vegetacija istraživanja) na iznošenje Zn prinosom zrna

Sorta Divana je ostvarila najmanji prinos ali najveću koncentraciju Zn u zrnu pa je očekivano prinosom zrna iznijela najviše, za 19,28 % više od sorte Srpanjke koja je uz niži prinos i manju koncentraciju Zn, te najmanju ostvarenu masu zrna iznijela najmanje Zn prinosom zrna. Sorta Katarina je ostvarila najviši prinos, najveću masu zrna, no uz nižu koncentraciju Zn u zrnu, iznošenjem Zn bila je u rangu sa sortom Divanom. Sorta Zdenka je ostvarila najnižu koncentraciju Zn u zrnu, te uz viši prinos, iznošenjem Zn prinosom zrna bila je u rangu sa sortom Srpanjkom (tablica 6., tablica 13.). Iznošenje Zn prinosom zrna bilo je u rasponu 46,704 gha^{-1} do 68,749 g ha^{-1}. Sorta Srpanjka je najviše Zn iznijela prirodom vegetativne mase, za 24,26 % više od sorte Divane koja je iznijela najmanje. Razlike u iznošenju Zn prinosom zrna prikazali su Wojtowiak i sur. (2017.), (204,0 g ha^{-1} – 226,0 g ha^{-1}). Slične rezultate je prikazala i Eđed (2011.). Detaljnijom analizom dokazana je značajna interakcija sorti i okoline. Sorte su očekivano, prinosom zrna, najviše Zn iznijele u okolinama gdje je ostvaren najveći prinos, Novi Grad 2011., 2012., pri čemu je sorta Divana ipak uz najniži prinos i najvišu masu Zn u zrnu, iznijela najviše Zn prinosom zrna u okolini Novi Grad 2012., dok je u ostalim okolinama dominantnija bila sorta Katarina (grafikon 15.), te ipak najviše iznijela u okolini Novi grad 2012.



Grafikon 15. Utjecaj sorte po okolinama (lokacija x vegetacija istraživanja) na iznošenje Zn prinosom zrna.

Aplikacija Fe i Zn u tlo i folijarno značajno je utjecala na iznošenje Zn, pri čemu je folijarna aplikacija Zn imala najveći utjecaj na iznošenje Zn prinosom zrna (za 28,99 % veće iznošenje Fe od kontrole), te folijarna aplikacija Fe+Zn (za 22,47 % veće iznošenje Fe od kontrole) dok je utjecaj aplikacije Zn u tlo i ostalih tretmana bio manji i u rangu sa kontrolom. Rezultat je očekivan jer je nakon folijarne aplikacije ostvaren i veći prinos zrna te najveća masa i koncentracija Zn u zrnu (tablica 6., tablica 9.). Folijarnom aplikacijom Zn izneseno je za 110,50 % više Zn prirodom vegetativne mase, te 98 % više folijarnom aplikacijom Fe + Zn u odnosu na kontrolu. Sukladno tome, najviše ukupno iznesenog Zn je folijarnom aplikacijom Zn (47,96 %) i Fe+Zn (40,04 %), (tablica 13.). Detaljnijom analizom utjecaja aplikacije Fe i Zn na iznošenje Zn prinosom zrna različitih sorti utvrđeno je odstupanje kod Divane, ono nije bilo statistički značajno (Prilog, tablica XXXV.).

4.4.4. Postotak iznošenja Zn prinosom i prirodom

U drugoj vegetaciji provedenih istraživanja i lokalitetu Novi Grad ostvaren je veći postotak iznošenja Zn prinosom zrna i prirodom vegetativnih organa, no razlike nisu bile statistički značajne (tablica 14.). Detaljnijom analizom utjecaja okoline (lokalitet x vegetacija provedenih istraživanja), ipak, uz veći ostvareni prinos i veću koncentraciju Zn u zrnu, očekivano je u okolini Novi Grad 2012. izneseno više Zn prinosom zrna, (za 5,40 % više) nego u okolini Beravci 2012., gdje je izneseno najmanje. Pri tome je očekivano sorta Divana prinosom zrna iznijela najviše Zn, za 8,23 % više od sorte Srpanjke koja je

iznijela najmanje, no suprotno, prirodom vegetativne mase iznijela je najviše, za 25,02 % više od sorte Divane. Sorta Katarina je bila u rangu sorte Divane, dok je sorta Zdenka bila u rangu sorte Srpanjke. Aplikacija Fe i Zn u tlo i folijarno nisu značajno utjecale na postotak iznošenja Zn prinosom zrna, čak je aplikacija Zn u tlo i folijarno imala negativan utjecaj na iznošenje Zn (tablica 14). Aplikacija Fe bila je u rangu s kontrolom, no čak je imala i blagi pozitivan učinak (0,48%).

4.5. Učinkovitost aplikacije Fe i Zn

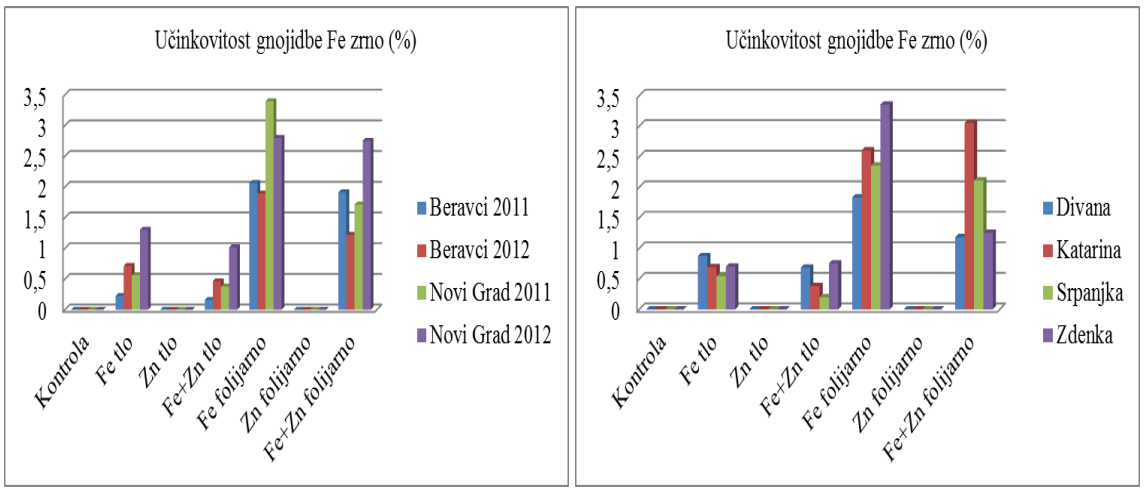
4.5.1. Učinkovitost aplikacije Fe

Prosječno je u pokusima ostvarena učinkovitost gnojidbe koja je prikazana kao % gnojidbom dodanog Fe koji je iznesen vegetativnom masom 3,322 %, ukupnom nadzemnom mmasom 2,516 %, te zrnom 0,806 %.

Vegetacija provedenih istraživanja nije statistički značajano utjecala na učinkovitost gnojidbe koja je prikazana kao % gnojidbom dodanog Fe koji je izneseno ukupnom nadzemnom masom, iako je u prvoj vegetaciji ostvarena veća učinkovitost (za 47,06 %) nego u drugoj. Utjecaj također nije bio statistički značajan na učinkovitost gnojidbe prikazanu kao % gnojidbom dodanog Fe koji je iznesen zrnom, iako je u drugoj vegetaciji učinak bio veći za 16,84 %. Ipak u prvoj vegetaciji je ostvarena značajano veća (za 76,39 %) učinkovitost gnojidbe prikazane kao % gnojidbom dodanog Fe koje je izneseno vegetativnom nadzemnom masom (tablica 15.). Ostvareni rezultat je očekivan jer je u drugoj vegetaciji ostvaren veći prinos zrna, veći postotak mase Fe te veće iznošenje Fe prinosom zrna, dok je suprotno u prvoj vegetaciji ostvaren veći prirod vegetativne mase, veći postotak mase Fe u vegetativnim organima te veće iznošenje Fe. Na lokalitetu Novi Grad je očekivano ostvarena značajno veća učinkovitost gnojidbe prikazane kao % gnojidbom dodanog Fe koji je iznesen ukupnom nadzemnom masom i ukupnom vegetativnom masom te zrnom (slijedom za 74,03 % i 78,53 %, 60,88 %) nego na lokalitetu Beravci, no detaljnijom analizom, najveća učinkovitost je ostvarena u okolini Novi Grad 2011. (veća za 188 %, 279 %), najmanja u okolini Beravci 2012. Gnojidba Fe i Zn je bila najučinkovitija kod sorte Katarine pri čemu je učinkovitost prikazana kao % gnojidbom dodanog Fe koji je iznesen ukupnom nadzemnom masom bio veći za 84,45 % nego kod sorte Divane koja je najmanje ragirala na gnojidbu. Nadalje, kod sorte Katarine bio je veći za 47,21 % (učinak nije značajan) te veći za 97,90 %, od sorte Divane. Učinkovitost gnojidbe prikazana kao % gnojidbom dodanog Fe koji je iznesen ukupnom

nadzemnom masom, vegetativnom masom te zrnom sorte Zdenke i Srpanjke bila je manja i u rangu sa sortom Divanom (tablica 15.).

Najveći učinak gnojidbe koji je na prikazan kao % gnojidbom dodanog Fe koji je bio akumuliran u zrnu i iznesen zrnom i ukupnom nadzemnom masom je ostvaren nakon folijarne aplikacije Fe te u istom rangu folijarne aplikacije Fe+Zn. Ostvareni učinak je bio veći za 549,68 %, te za 520,31 % u odnosu na aplikaciju Fe+Zn u tlo gdje je utjecaj bio najmanji, te za 384,28 % i 362,39 % u odnosu na aplikaciju Fe u tlo. Najveći utjecaj na učinkovitost gnojidbe prikazane kao % gnojidbom dodanog Fe koji je akumuliran u zrnu i iznesen zrnom također je bio nakon folijarne aplikacije Fe (2,5367 %), što je veći za 403,31 %, te folijarne aplikacije Fe+Zn (1,9000%) što je za 276,98 % od najmanje utjecajne aplikacije Fe+Zn u tlo (0,5040 %), te za 261,82 % od aplikacije Fe u tlo (0,7001 %). Najveći pak utjecaj na učinkovitost gnojidbe kao % Fe dodanog gnojidbom koji je iznesen vegetativnom masom imala je folijarna aplikacija Fe+Zn (7,6903 %), te u istom rangu, gotovo jednako, folijarna aplikacija Fe (7,5071 %) te je učinkovitost gnojidbe bila veća za 638,03 % te 620,45 %, od aplikacije Fe+Zn u tlo (1,0420 %). Učinkovitost aplikacije Fe u tlo je bila u rangu aplikacije Fe+Zn (tablica 15.). Očekivano, folijarna aplikacija Fe te u istom rangu folijarna folijarna aplikacija Fe+Zn su značajne metode kojima se povećava postotak Fe koji je akumuliran u zrnu i postotak koji je iznesen nadzemnom masom pšenice. Detaljnijom analizom dokazana je značajna interakcija aplikacije Fe i Zn po okolinama i zasijanim sortama (grafikon 16), no ipak je folijarna aplikacija Fe te aplikacija Fe + Zn imala najveći utjecaj na učinkovitost % gnojidbom dodanog Fe koji je iznesen zrnom.



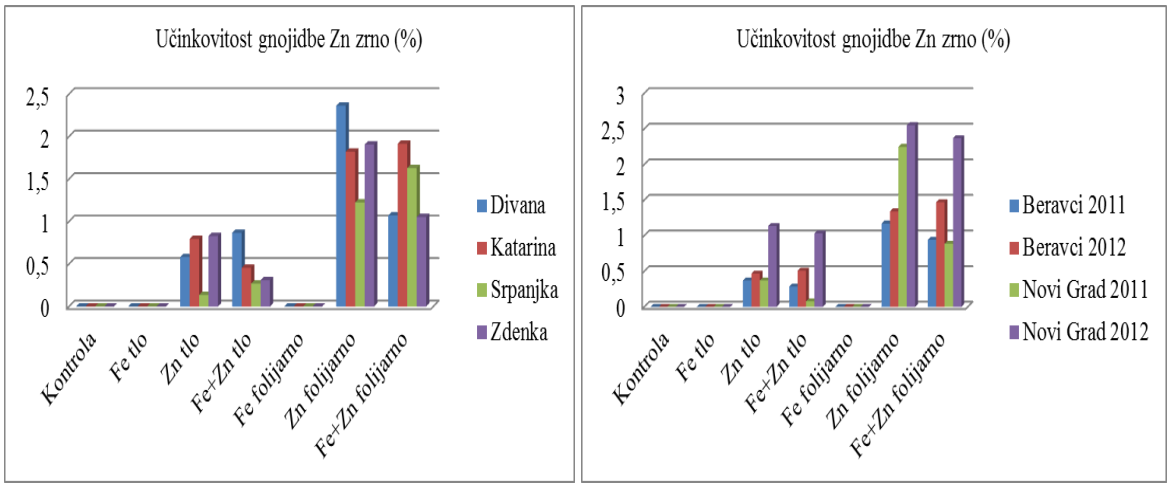
Grafikon 16. Utjecaj biofortifikacije Fe i Zn po okolinama i sortama na % gnojidbom dodanog Fe koji je iznesen zrnom

Ali (2012.) je također zaključio da folijarna primjena Fe ima više prednosti u odnosu na aplikaciju u tlo zbog specifičnih uvjeta u tlu gdje se hranjive tvari mogu izgubiti ispiranjem ili vezanjem sa nekim spojevima. Rawashdeh, H. M., Florin, S. (2015.) su prema raspoloživim podatcima iz literature zaključili da je aplikacija Fe folijarno ili u tlo značajna metroda za obogaćivanje zrna pšenice Fe. Slično su zaključili Narwal i sur. (2010.), Habib (2009.). Gupta (1991.) je istaknuo da je aplikacija Fe u tlo na kiselim tlima neučinkovita metoda za povećanje Fe u biljci, jer je Fe teško dostupno biljkama. Prema dostupnoj literaturui Aciksoz i sur. (2011.) navode da postoje kontraverzni rezultati o učinkovitosti folijarnih Fe gnojiva u poboljšanju koncentracije Fe u zrnu žitarica. Folijarna primjena FeSO4 kod pšenice poboljšava koncentraciju Fe u zrnu za 28% u Kini (Zhang i sur. 2010.), 21% u Iranu (Pahlavan – Rad i Pessarakli, 2009.), dok u Kanadi, folijarna aplikacija Fe gnojivom nije utjecala na koncentraciju Fe (Gupta, 1991.).

4.5.2. Učinkovitost aplikacije Zn

Prosječno je aplikacija Fe i Zn imala najveći utjecaj na učinkovitost gnojidbe prkazane kao % gnojidbom dodanog Zn koji je iznesen ukupnom nadzemnom masom (1,24555 %), zatim vegetativnom masom (0,63035 %) te zrnom (0,6152 %). Vegetacija provedenih istraživanja je značajno utjecala samo na učinkovitost gnojidbe prikazane kao % gnojidbom dodanog Zn koji je iznesen zrnom, te je učinak gnojidbe u drugoj vegetaciji bio veći za 71,31 %. Lokaliteti su se također razlikovali po učinkovitosti gnojidbe te je na lokalitetu Novi Grad učinkovitost gnojidbe kao % Zn dodanog gnojidbom bila značajno veća nego na lokalitetu Beravci (tablica 16.). Detaljnijom anlizom, u okolini Novi Grad 2012. učinkovitost gnojidbe prkazane kao % gnojidbom dodanog Zn koji je iznesen zrnom je bila najveća (1,0126 %), što je za 155,97 % više nego u okolini Beravci 2011., gdje je učinkovitost bila najmanja. Također je u okolini Novi Grad 2012. učinkovitost gnojidbe bila veća za 184,99 % nego u okolini Beravci 2011. Ipak, učinkovitost gnojidbe prikazane kao % gnojidbom dodanog Zn koji je iznesen vegetativnom masom bila je veća u okolini Novi Grad 2011., za 64,75 % nego u okolini Beravci 2011. gdje je učinkovitost bila najmanja. Sorte se nisu značajno razlikovale iako je učinak gnojidbe kod sorte Divane bio veći za 53,18 % nego kod sorte Srpanjke gdje je učinkovitost bila najmanja, no razlike nisu bile statistički značajne. Nadalje, najveća učinkovitost gnojidbe prikazane kao % gnojidbom dodanog Zn koji je iznesen ukupnom nadzemnom masom, ostvarena je nakon folijarne aplikacije Zn (3,9409 %), te Fe+Zn folijarno, Zn u tlo te najmanja Fe+Zn u tlo (slijedom manje za 19,76 %, 382,60 %, 487,57 %). Najveća učinkovitost gnojidbe kao %

Zn dodanog gnojidbom koji je iznesen zrnom, ostvarena je nakon folijarne aplikacije Zn, te Fe+Zn folijarno, Zn u tlo te najmanja Fe+Zn u tlo (slijedom 29,02 %, 212,09 %, 284,64 %). Najveća učinkovitost gnojidbe kao % Zn dodanog gnojidbom koji je iznesen vegetativnom masom također je ostvrena nakon folijarne aplikacije Zn te istim slijedom, aplikacije Fe+Zn folijarno, Zn u tlo te najmanja Fe+Zn u tlo. Yilmaza i sur. (1997.) smatraju da je kombinirana primjena Zn u tlo i folijarno može biti kratkoročno rješenja nedostatka Zn kod biljka i ljudi, no treba ju smatrati učinkovitom metodom, ako se želi dobiti visoki prinos zrna, zajedno s visokom koncentracijom Zn u zrnu. Detaljnijom analizom utjecaja aplikacije Fe i Zn po sortama najveća učinkovitost gnojidbe kao % Zn dodanog gnojidbom koji je iznesen zrnom ostvarena je kod sorte Divane (2,3624 %) nakon folijarne aplikacije Zn te sorte Zdenke (1,9049 %), dok je kod sorte Katarine 1,9160 % te sorte Srpanjke (1,6283 %) učinkovitost bila veća nakon folijarne aplikacije Fe+Zn (grafikon 17.). Razlike između genotipa su prikazali El-Nasharty i sur. (2013.), Maqsood i sur. (2009.). Najveća učinkovitost Zn je ostvarena nakon folijarne aplikacije Zn u svim okolinama te folijarne aplikacije Fe+Zn u okolini Novi Grad 2012. (grafikon15.). Martens i Westerman (1991.) smatraju kako je najučinkovitija metoda za ispravljanje nedostatka Zn primjena Zn u tlo + folijarno. Cakmak (2008.), Cakmak i sur. (2010.b) su istaknuli da kod pšenice folijarna aplikacija Zn povećava koncentraciju Zn u zrnu dva do tri puta. Aciksoz i sur. (2011.) su prema Yilmaz i sur. (1998.), Cakmak i sur. (2010b), Zhang i sur.(2010.) istaknuli da je aplikacija Zn u tlo, a posebno folijarna aplikacija Zn gnojiva značajna metoda za povećanje koncentracije Zn u zrnu žitarica.



Grafikon 17. Utjecaj biofortifikacije po okolinama i sortama na % gnojidbom dodanog Zn koji je iznesen zrnom

4.6. Pokazatelji bioraspoloživosti Fe i Zn u cjelovitom zrnu pšenice

Kvalitet brašna, reološke i funkcionalne karakteristike tijesta ovise o međusobnom odnosu biokemijskih osobina pšeničnog zrna, kao što su proteini, škrob, neškrobni polisaharidi, arabinoksilani, lipidi, kao i fenolni spojevi (Janković, 2016.). Fenolni spojevi imaju izraženu antioksidacijsku aktivnost i važni su u prevenciji različitih bolesti uzrokovanih djelovanjem slobodnih radikala (Špoljarić i sur., 2013.).

Prosječno je u pokusima ostvareno 1,384775 mg g^{-1} fenola. Sadržaj fenola u zrnu pšenice na lokalitetu Novi Grad je bio za 17,36 % veći nego na lokalitetu Beravci. Nadalje, sorta Zdenka je ostvarila najveći sadržaj fenola u zrnu (1,49927 mg g^{-1}), dok su ostale sorte ostvarile značajno manje i bile su u istom rangu (tablica 17.). Karakaš (2017.) je prikazala maseni udio ukupnih fenolnih tvari u ekstraktima brašna pšenice u rasponu od 0,45 do 3,87 mgGAE/gs.t. Sadržaj fenola ovisi o mnogim čimbenicima kao što su klimatski i agrotehnološki uvjeti u uzgoju i berbi, zrelost zrna, vrijeme žetve, uvjeti skladištenja, učinak genetskih čimbenika i sorta (Leskošek-Čukalović, 2002.).

Aplikacija Fe i Zn nije značajno utjecala na sadržaj fenola u zrnu iako je nakon folijarne aplikacije Fe te folijarne aplikacije Zn i aplikacije Fe+Zn u tlo ostvaren veći sadržaj fitata u zrnu u odnosu na kontrolu, ostvarena razlika je bila mala (cca 4%) i nije bila statistički značajna. Aplikacija Fe i Zn u tlo, te Fe+Zn folijarno imale su čak i negativan utjecaj na sadržaj fenola u zrnu (tablica 17.). Detaljnijom analizom, ipak je sorta Zdenka ostvarila veći sadržaj fenola u zrnu nakon folijarne aplikacije Fe (1,6211 mg g^{-1}) te aplikacije Fe+Zn u tlo (1,6186 mg g^{-1}) u odnosu na ostale ispitivane sorte (Prilog, tablica L.).

Fitati su soli fitinske kiseline, a služe kao skladišni oblik fosfora i drugih minerala. Značajan je antinutritient jer u probavnom traktu inhibira apsorpciju nekih esencijalnih minerala, kao Fe, Zn, Ca, što može dovesti do njihovog nedostatka. Sadržaj fitata u zrnu je bio značajno veći na lokalitetu Beravci, nego na lokalitetu Novi Grad što ukazuje na značajan utjecaj agroekoloških čimbenika. Sorte su se također značajno razlikovale po sadržaju fitata u zrnu. Najveći sadržaj fitata u zrnu ostvarila je sorta Divana, te Zdenka, Katarina, a najmanji sorta Srpanjka pri čemu je ostvaren raspon koncentracija fitata 12,6733 mg g^{-1} – 17,1529 mg g^{-1}. Slične rezultate su dobili Erdal i sur. (2002.) u sjemenu četiri vrste pšenice sa 55 lokacija (5,8 mg g^{-1} – 14,3 mg g^{-1}). Branković i sur. (2011.) su prema Dodig i sur. (2007.) također istaknuli značajan utjecaj genotipa, lokaliteta i njihove interakcije na sadržaj fitinske kiseline. Aplikacija Fe i Zn nije značajno utjecala na sadržaj

fitata u zrnu iako je nakon aplikacije Fe i Zn u tlo, sadržaj fitinske kiseline bio manji, no razlika je bila mala i nije statistički značajna. Erdal i sur. (2002.) su dokazali da je gnojidba Zn smanjila koncentraciju P i fitinske kiseline u svim sortama, u prosjeku od 3,9 do 3,5 mg g^{-1} za P i od 10,7 do 9,1 mg g^{-1} za fitinsku kiselinu. Detaljnijom analizom utjecaja sorte i tretmana Fe i Zn, u provedenim istraživanjima dokazano je smanjenje sadržaja fitata u zrnu sorte Srpanjke u svim tretmanima u odnosu na kontrolu (raspon sadržaja fitata 13,4386 mg g^{-1} na 11,7570 mg g^{-1}), (Prilog, tablica L.).

Fitinska kiselina u žitaricama i proizvodima na bazi žitarica smanjuje biološku iskoristivost esencijalnih minerala te se prema Gruner i sur. (1996.) kao pokazatelj biološke iskoristivosti Zn može poslužiti molarni omjer fitinske kiseline i Zn. Sukladno tome, molarni omjer, Fitat/Fe može se koristiti za procjenu utjecaja na apsorpciju Fe. Negativan učinak fitata na apsorpciju Fe je veći pri nižim koncentracijama fitata, 2-10 mg/obroku (Hurrell, 1992., Hurrell i Egli, 2010.). Prosječno je u provedenim pokusima molarni omjer Fitat/Fe bio 30,0485 mg g^{-1}, a Fitat/Zn 38,93305 mg g^{-1}. Na lokalitetu Beravci uz nižu koncentraciju Fe i veći sadržaj fitata u zrnu ostvaren je i veći molarni omjer Fitat/Fe. Nadalje, sorta Divana uz najveću koncentraciju Fe u zrnu te najveći sadržaj fitata u zrnu imala je najveći molarni omjer Fitat/Fe, dok je uz nižu koncentraciju Fe u zrnu i najmanji sadržaj fitata, molarni omjer Fitat/Fe sorte Srpanjke bio najmanji (tablica 16). Prema Hallberg i sur. (1989.) molarni omjer fitat/Fe bi trebao bi biti < 1. Aplikacija Fe i Zn je značajno je smanjila molarni omjer Fitat/Fe, pri čemu je najveći učinak imala Folijarna aplikacija Fe+Zn te folijarna aplikacija Fe koja je značajno smanjila molarni omjer sa 33,713 mg g^{-1} na 26,145 mg g^{-1} i 26,596 mg g^{-1}.

Na lokalitetu Beravci uz veći sadržaj fitata i nižu koncentraciju Zn u zrnu, ostvareni molarni omjer Fitat/Zn je bio veći nego na lokalitet Novi Grad. Prosječno je ostvaren molarni omjer Fitat/Zn od 38,93305 mg g^{-1}. Istraživane sorte su se značajno razlikovale prema sadržaju fitata i koncentraciji Zn u zrnu, a time i molarnom omjeru Fitat/Zn što je u skladu sa rezultatima Tavajjoh i sur. (2011.). Pri tome, uz značajno niži sadržaj Fitata od sorte Divane i najmanju koncentraciju Zn u zrnu, sorta Zdenka je ostvarila najveći molarni omjer Fitat/Zn u zrnu (40,948 mg g-1), dok je sorta Divana uz najveću koncentraciju Zn u zrnu i najveći sadržaj fitata u zrnu, ostvarila ipak manji molarni omjer Fitat/Zn, dok je najmanji ostvarila sorta Katarina (tablica 16.). Slične rezultate prikazali su Tavajjoh i sur. (2011.), vrijednosti molarnog omjera Fitat/Zn ispitivanih sorata su bile u rasponu 23,4 – 41,4 mol kg^{-1}). Aplikacija Fe i Zn značajno je smanjila molarni omjer Fitat/Zn, pri čemu je

folijarna aplikacija te aplikacija Fe+Zn smanjile molarni omjer fitat/Zn za 21,46 % i 19,14 %. Utjecaj aplikacije Zn na smanjenje molarnog omjera Fitat/Zn (Cakmak i sur. (2010.) pri čemu je najmanji molarni omjer ostvaren nakon kombinirane aplikacije Zn u tlo i folijarno, čak za 73,21 %.

Zabilježen je značajan utjecaj lokaliteta na ukupnua antioksidativnu aktivnost (UAA) u zrnu pšenice pri čemu je na lokalitetu Beravci zabilježena za veća UAA (8,77 %) nego na lokalitetu Novi Grad. Zabilježen je i značajan utjecaj genotipa, pri čemu je sorta Zdenka ostvarila najveću UAA u zrnu, zatim manje i u istom rangu sorte Katarina i Divana, dok je najmanju UAA zabilježila sorta Srpanjka, u rasponu 0,8821 do 0,74245 μmol g^{-1}. Antioksidansi štite organizam od štetnog djelovanja slobodnih radikala. Mulitifunkcionalni antioksidansi poput tokotrienola, selena, fenolna kiselina u pšenici se nalaze u obliku koji im omogućava brzo otpuštanje te su dostupni kroz cijeli probavni kanal tijekom dužeg vremena. Antioksidativni kapacitet glutena različitih genotipova pšeničnog brašna iznosio je ovisno o godini uzgoja 85,88 i 93,68 mmol Trolox Eq/kg (Janković, Marijana Z., 2016.). Žilić i sur. (2012.b) su dokazali značajan utjecaj genotipa na antioksidativni potencijal bijelog brašna ZP genotipova krušne i durum pšenice, a raspon se kretao od 8,13 do 19,55 mmol Trolox Eq./kg. Aplikacija Fe i Zn nisu značajno utjecali na UAA u zrnu pšenice, čak je imala i negativan utjecaj (tablica 17.).

5. ZAKLJUČCI

Rezultati istraživanja upućuju na 6 osnovnih zaključaka:

(1) Biofortifikacija pšenice aplikacijom Fe i Zn nije utjecala na prinos zrna, prirod nadzemne mase, niti na komponente prinosa, ali su sorte ostvarile različite prinose.

(2) Svojstva tla su utjecala na koncentracije Fe i Zn u nadzemnim organima pšenice, utvrđene su veće koncentracije Fe nego Zn, osim u slami, a razlikovale su se po organima pšenice i po sortama. Sorte su značajno utjecale na učinkovitost biofortifikacije kojom je ostvaren cilj povećanja koncentracija Fe i Zn iznad 40 mg kg^{-1}, a učinkovitije su bile folijarne aplikacije Fe i Zn nego aplikacije u tlo.

(3) Sorte i biofortifikacija su značajno utjecali na distribucije Fe i Zn u zrno, listove i slamu koje su se razlikovale i po navedenim organima pšenice.

(4) Sorte su iznosile različite količine Fe i Zn, biofortifikacijom je povećano iznošenje oba mikroelementa, prinosom zrna i prirodom nadzemne mase pšenica je iznijela više Fe nego Zn, a udio vegetativne mase i zrna u ukupnom iznošenju bio je različit za Fe i Zn.

(5) Najbolji odnos nadzemnom masom iznesenih i gnojidbom apliciranih količina Fe i Zn ostvaren je folijarnom aplikacijom Fe, a najmanji aplikacijom Zn u tlo.

(6) Utvrđena je sortna specifičnost pokazatelja bioraspoloživosti, biofortifikacijom nije smanjena koncentracije fitata u zrnu već su smanjeni molarni odnosi fitat/Fe i fitat/Zn, ali ipak ne do poželjnih odnosa 15-20.

Detaljniji prikaz obuhvaća više zaključaka:

(1) Biofortifikacija pšenice aplikacijom Fe i Zn nije utjecala niti na prinos zrna, niti na prirod nadzemne mase, niti na komponente prinosa.

(2) Sorte su ostvarile različite prinose.

2.1. Razlike u prinosima posljedica su najvećeg i najmanjeg broja zrna po vlati kod sorata Katarina i Divana.

2.2. Najveći prinos ostvarile su sorte Katarina i Zdenka, a najmanji sorta Divana (na razini ¾ prinosa sorte Katarina).

(3) Prosječno je u biljkama pšenice utvrđena veća koncentracija Fe nego Zn

3.1. Koncentracije u zrnu su slične, ali je ipak 7 % veća koncentracija Fe, u listovima je 7 – 10 puta veća, ali je u slami koncentracija Zn 31 % veća od koncentracije Fe.

(4) Koncentracije Fe i Zn značajno su se razlikovale po sortama.

4.1. Divana je sorta sa značajno najvećim koncentracijama Fe i Zn u zrnu, 20-ak i 35-40 % većim nego u zrnu sorata Zdenka, Srpanjka i Katarina.

(5) Svojstva tla, tj. raspoloživost mikroelementa i pH vrijednost i/ili organska tvar tla, značajno su utjecala na prosječne koncentracije Fe i Zn.

5.1. Najmanje koncentracije Fe su u zrnu i listovima u okolini s najvećom pH vrijednosti i s najmanje raspoloživog Fe u tlu, a najveće u zrnu u okolinama s najmanjim pH vrijednostima i s najviše raspoloživog Fe u tlu.

5.2. Najmanje koncentracije Zn su u zrnu u okolinama s najvećim pH vrijednostima i s najmanje raspoloživog Zn ili najmanje organske tvari u tlu, a najviše Zn u zrnu u okolinama s najmanjim pH vrijednostima, s najviše organske tvari u tlu ili s najviše raspoloživog Zn u tlu.

(6) Koncentracije Fe i Zn značajno su se razlikovale u nadzemnim organima pšenice.

6.1. Najveće su koncentracije Fe u listovima, a Zn u zrnu pšenice.

6.2. Koncentracije Fe u nadzemnim organima pšenice rastu u nizu slama < zrno < list zastavičar < ostali listovi.

6.3. Prosječna koncentracija Fe u slami je skoro 4 puta manja nego u zrnu, a u listovima je 2-3 puta veća nego u zrnu.

6.4. Koncentracije Zn u nadzemnim organima pšenice rastu u nizu list zastavičar < ostali listovi < slama < zrno.

6.5. Prosječna koncentracija Zn u zrnu je 2,5-3 puta veća nego u nadzemnim vegetativnim organima pšenice.

(7) Biofortifikacijom pšenice aplikacijom Fe ili Zn, odnosno njihove smjese, ostvaren je cilj povećanja koncentracija Fe i Zn do razine 40-60 mg kg^{-1}.

7.1. Koncentracije Fe i Zn u zrnu bez biofortifikacije bile su manje od ciljnih 40-60 mg kg^{-1}.

7.2. Biofortifikacija aplikacijom u tlo prosječno je povećala koncentracije Fe i Zn na graničnu vrijednosti oko 40 mg kg^{-1}.

7.3. Biofortifikacija folijarnom aplikacijom prosječno je povećala koncentracije Fe i Zn značajno iznad granice 40 mg kg^{-1}.

(8) Sortna specifičnost značajno je utjecala na učinkovitost biofortifikacije Fe i Zn.

8.1. Najniže koncentracije Fe (33,2) i Zn (31,4) utvrđene su za kontrolni tretman kod sorte Katarina, a najveća koncentracija Fe (52,9 mg kg^{-1}) i Zn (54,6 mg kg^{-1}) nakon folijarnih aplikacija kod sorte Divana.

8.2. Koncentracije Fe u zrnu iznad 50 mg kg^{-1} utvrđene su samo kod sorte Divana nakon folijarne aplikacije Fe, a u istom tretmanu kod svih ostalih sorata bile iznad 40 mg kg^{-1}

8.3. Koncentracije Zn u zrnu iznad 40 mg kg^{-1} utvrđene su samo kod sorte Divana u svim tretmanima i kod sorte Srpanjka nakon folijarne aplikacije Zn

(9) Folijarna aplikacija je bila učinkovitija od aplikacije u tlo jer je intezivnije povećala koncentracije Fe i Zn.

9.1. Folijarna aplikacija rezultirala je povećanjem koncentracije Fe u zrnu za ¼, a Zn za ⅕ - ¼ u odnosu na kontrolu, dok su aplikacije u tlo rezultirale dvostruko manjim povećanjem.

9.2. Folijarna aplikacija rezultirala je dvostrukim i trostrukim povećanjem koncentracija Fe i Zn u listovima, a aplikacija u tlo vrlo slabim (Fe) ili bez povećanja (Zn) koncentracija u listovima.

(10) Aplikacije Fe i Zn nisu jednako utjecale na promjene koncentracija u nadzemnim organima.

10.1. Folijarna aplikacija Fe povećava koncentracije Fe u listovima, ali ne u slami, a aplikacija Fe u tlo ne povećava koncentracije Fe niti u zastavičaru niti u slami.

10.2. Folijarna aplikacija Zn povećava koncentracije Zn u listovima, a aplikacija Zn u tlo ne povećavaju koncentracije Zn u listovima. Aplikacije Zn u tlo i folijarnu povećavaju koncentracije Zn u slami.

(11) Fe i Zn su se razlikovali u distribuciji po organima pšenice.

11.1. Prosječno je podjednaka distribucija Fe u listove (48 % ukupne količine) i zrno (47 %), a najmanja u slamu (samo 5 %).

11.2. Prosječno je u zrnu pšenice akumulirano čak 79 % Zn, u slamu 11 %, a u listovima samo 10%.

(12) Biofortifikacija je promijenila distribucija Fe i Zn, tj. raspodjelu ukupnih količina po nadzemnim organima.

12.1. Biofortifikacija pšenice folijarnom aplikacijom povećala je ukupnu distribucija Zn i Fe u zrno do 23 (Zn) i 33 % (Fe) u odnosu na kontrolu, a aplikacijom u tlo do 8 (Zn) ili 16 % (Fe).

12.2. Folijarna aplikacija Fe i Zn značajno je povećala distribuciju u listove (93 i 240 %), a aplikacija u tlo samo do 33 (Fe) i 20 % (Zn).

12.3. Distirbuciju Fe (21 %) i Zn (27%) u slamu povećava folijarna aplikacija, ali aplikacija u tlo povećava samo distribuciju Zn (22 %) u slamu, a ne utječe na distribuciju Fe u slamu.

(13) Sorte su značajno utjecale na distribuciju Fe i Zn po nadzemnim organima pšenice.

13.1. Sorta Katarina distribuirala je u zrno i listove više Fe, a sorta Divana u slamu više Fe nego ostale sorte.

13.2. Sorte Divana, Zdenka i Katarina distribuirale su u zrno više Zn, dok je sorta Divana distribuirala više Zn u slamu, a manje u listove nego ostale sorte.

(14) Pšenica je prinosom zrna i prirodom nadzemne mase iznosila više Fe nego Zn.

14.1. Prosječno je iznošenje Fe prirodom 601 g/ha, a iznošenje Zn 296 g/ha.

14.2. Prinosom zrna pšenica je prosječno iznijela 233 g/ha Fe i 217 g/ha Zn.

(15) Biofortifikacija je povećala iznošenje Fe i Zn.

15.1. Folijarna aplikacija povećava iznošenje Fe (do 38 %) i Zn (do 48 %) zrnom u odnosu na kontrolu.

15.2. Aplikacija u tlo značajno manje povećava iznošenje Fe (do 17 %) i Zn (do 15 %) zrnom u odnosu na kontrolu.

(16) Sorte su iznosile različite količine Fe i Zn.

16.1. Nije bilo razlike između sorata u iznošenju Fe zrnom, a ukupnom masom najviše Fe iznosi sorta Katarina, a najmanje sorta Divana.

16.2. Najviše Zn zrnom iznose sorte Divana i Katarina, a vegetativnom masom sorta Srpanjka.

(17) Udio vegetativne mase i zrna u ukupnom iznošenje Fe i Zn bio je različit.

17.1. Odnos iznošenja Fe vegetativnom masom i zrnom je 58:42, a Zn 26:74 %.

17.2. Listovima je izneseno čak 53 % Fe, a samo 12 % Zn.

17.3. Folijarna aplikacija povećava udio iznošenja Fe vegetativnom masom na 65 % ukupnih količina, a Zn na samo 33 %.

(18) Najbolji odnos iznesenih i apliciranih količina ostvaren je folijarnom aplikacijom Fe, a najmanji aplikacijom Zn u tlo.

18.1. Nakon folijarnih aplikacija izneseno je 6 % apliciranog Fe i samo 2,4, % Zn.

18.2. Nakon aplikacije u tlo izneseno je samo 2 % apliciranog Fe i još manje (0,8 %) apliciranog Zn.

(19) Utvrđena je sortna specifičnost pokazatelja bioraspoloživosti.

19.1. Najveća koncentracija fitata utvrđena za sortu Divana (15-35 % više od ostalih sorata), a najmanja za sortu Srpanjka (8-26 % manje od ostalih sorata).

19.2. Najlošiji (najveći) odnos fitat/Fe utvrđen za sortu Divana, a odnos fitat/Zn za sortu Divana i Srpanjka.

19.3. Ukupno su najbolji odnosi fitata prema Fe i Zn utvrđšeni za sortu Katarina.

(20) Biofortifikacija nije smanjila koncentracije fitata, ali je smanjila molarne odnose fitat/Fe i fitat/Zn.

20.1. Folijarna aplikacija smanjila je molarne odnose fitat/Fe za 22 % i fitat/Zn za 20%.

(21) Biofortifikacijom nije ostvaren cilj smanjivanja molarnog odnosa fitat/Fe i fitat/Zn na 15-20.

21.1. Najniži odnos fitat/Fe (22,7) ostvaren je nakon folijarne aplikacije Fe+Zn kod sorte Srpanjka, a najniži odnos fitat/Zn (29,9) nakon folijarne aplikacije Zn kod sorte Katarina.

6. LITERATURA

1. Abbas, G., Khan, M.Q., Jamil, M., Tahir, M., Hussain, F. (2009.): Nutrient uptake, growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by zinc application rates. International J.Agri & Biol., 11 (4): 389 – 396.
2. Abdoli, M., Esfandiari, E., Mousavi, S.B., Sadeghzadeh, B. (2014.): Effects of foliar application of zinc sulfate at different phenological stages on yield formation and grain zinc content of bread wheat (cv. Kohdasht). Azarian Journal of Agriculture, Aja.vol.(1) iissue 1, 2014:11 - 17.
3. Aciksoz, B.S., Yazici, A., Ozturk, L., Cakmak, I. (2011.): Biofortification of wheat with iron through soil and foliar application of nitrogen and iron fertilizers. Pl. Soil 349: 215 -225
4. Aciksoz, S.B., Yazici, A., Ozturk, L., Cakmak, I., (2011.a): Biofortification of wheat with iron through soil and foliar application of nitrogen and iron fertilizers. Pl. Soil 349, 215 -225.
5. Aciksoz, S.B., Ozturk, L., Yazici, A., Cakmak, I.(2014.): Inclusion of urea in a ^{59}FeEDTA solution stimulated leaf penetration and translocation of ^{59}Fe within wheat plant, https://doi.org/10.1111/ppl.12198
6. Alam, S.M., Latif, A., Sharif, M. (1988.): Effect of Zn, B and Mn application on the yield and nutrient composition of wheat and triticale. In: Proc. National Sem. on Micronutrient in Soil and Crops in Pakistan". Dec., 13 - 15, 1987. North Western Frontier Province, Agricultural University, Peshawar, Pakistan.
7. Al-Niemi, S.N., Rekani, S.I., Gunes, A. (2013.): Seed quality (Zn and Fe concentrations) of wheat varieties JAAS journal, Vol. 1 (1), pp.5 - 8, 5, jass.blue-ap.org, 3.07.2017.
8. Ali, E.A. (2012.): Effect of iron nutrient care sprayed on foliage at different physiological growth stages on yield and quality of some durum wheat (Triticum durum L.) varieties in sandy soil. Asian, J. Crop Sci. 4 (4): 139 - 149. DOI: 10.3923/ajcs.2012.139.149, http://scialert.net/abstract/?doi=ajcs.2012.139.149.
9. Alloway, B.J. (2008.): Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Fertilizer Industry Association, International Zinc Association. Brussels, Belgium; Paris, France.
10. Anglani, C. (1998.): Wheat minerals – a review. Plant Foods Hum. Nutr. 52: 177 – 186.
11. Ascher, J.S., Graham, R.D., Elliott, D.E., Scott, J.M., Jessop, R.S. (1994.): Agronomic value of seed with high nutrient content. In: Saunders, D.A., Hettel, G.P. (Eds.). Wheat in Heat-Stressed Environments: Irrigated, Dry Areas and Rice-Wheat Farming Systems. CIMMYT, Mexico, D.F., pp. 297 – 308.
12. Badakhshan, H., Moradi, N., Mohammadzadeh, H., Zakeri, Reza M., (2013.): genetic Variability analysis of grains Fe, Zn and Beta- carotene of prevalent wheat varieties i Iran. Intl. J. Agri. Crop Sci., 6: 57 - 62.
13. Bansal, R.L., Singh, S.P., Nayyar, V.K.(1990.): The critical Zinc deficiency level and response to zinc application of wheat on typic ustochrepts. Exp.Agric.26 (3): 303 - 306.
14. Bagci, S.A., Ekiz, H., Yilmaz, A., Cakmak, I. (2007.): Effects of zinc deficiency and trought on grain yield of field-grown wheat cultivars in Centr. Anatol. J.Agr. Crop Sci 193:198 -206.

15. Baize, D. (1997.): Teneurs totales en elements traces metalligues dans les sols (France), INRA Editions, Paris. 409 pp.

16. Bahat, Z., Stepinac, D. (2011.): Nedostatak željeza kod biljaka s različitim mehanizmima usvajanja željeza, „case study“: kukuruz i uljana repica, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.

17. Barak, P., Helmke, P.A. (1993.): The chemistry of zinc.Chap 1 in Robson, A.D. (ed.) Zinc in solis and plants, Kluwer Acamemic Publishers, Dordrecht. pp 90 -106.

18. Bassiri, A., Nahapetisan, A. (1979.): Influence of irrigation regimes on phytate and mineral contents of wheat grain and Estimates of Genetic parameters. J.Agri. Food chem., 27: 984 - 989.

19. Bertrand, L.J., Holloway, R.E., Armstrong, R.D., McLaughlin, M.J. (2002.): The rapid assessment of concentrations and solid phase associations of macro and micro nutrients in alkaline soils by mid-infrared diffuse reflectance spectroscopy. Australian Journal of Soil Research, 41: pp 61 - 76, 2003.

20. Biswas, A., Mukhopadhyay, D., Biswas, A. (2015.): Effect of solil Zinc and Boron on the yield uptake of wheat in an acid solil of west Bengal, India. International journal of Plant, soil science 6 (4): 203 - 217, article no IJPSS.2015.111. ISSN: 2320 - 7035.

21. Bouis, H. E., Welch, R. M. (2010.): Biofortification a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the Global South. Crop Sci. 50: S20S32.

22. Borg, S., Brinch - Pedersen, H., Tauris, B., Holm, P.B. (2009.): Iron transport, deposition and bioavailability in the wheat and barley grain. Plant Soil 325: 15 – 24

23. Borrill, P., Connorton, J.M., Balk J., Miller, A.J.,Sanders, D., Uauy, C. (2014.): Biofortification of wheat grain with iron and zinc: integrating novel genomic resources and knowledge from model crops, Frontiersin Plant Science | Plant Nutrition, 5:53. doi: 10.3389/fpls.2014.00053, dostupno http://www.frontiersing.org

24. Branković, G., Knežević, D., Dodig, D., Dragičević, V. (2011): Oplemenjivanje pšenice na nizak sadržaj fitinske kiseline: stanje i perspektive, Ratar.Povrt./Field Veg.Crop Res. 48 (2011) 7 - 14.

25. Brennan, R.F. (1991.): Effectiveness of zinc sulphate and zinc chelate as foliar Spray in alleviating zinc deficiency of wheat grown on zinc-deficiency soils in Western Australia. Aust.J.Exp.Agric., 31: 831 - 834.

26. Brown, A.E. (1986.): Ferrous complexes and chelating compounds in suppression of fungal diseases of cereals. Pages 233-241 in T.R.Swinburne ed. Iron siderophores and plant diseases. Nato of Adv. Sci. Institute Series A: Life Sc.Vol. 117, plenum pres, N.York

27. Brinch-Pedersen, H., Borg, S., Tauris, B., Holm, P.B. (2007.): Molecular genetic approaches to increasing mineral availability and vitamin content of cereals. J. Cereal Sci. 46: 308 – 326. doi: 10.1016/j.jcs.

28. Cakmak, I., Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Erenoglu, B., Braun, H. J. (1996.): Zinc deficiency as a critical nutritional problem in wheat production in Central Anatolia. Plant Soil 180.165 – 172.

29. Cakmak, I., Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Köleli, N., Gültekin, i., Alkan, A., Eker, S. (1997.): Differential response of rye, triticale, bread and durum wheats to zinc deficiency in calcarous soils. Plant Soil 188: 1 - 10.

30. Cakmak, I., Ozkan, H, Braun, H.J, Welch, R.M, Romheld, V. (2000.): Zinc and iron concentrations in seeds of wild, primitive, and modern wheats. Food Nutr Bull 21: 401– 403.

31. Cakmak, I. (2007.): Enrichment of cereals grains with zinc: Agronomic and genetic biofortification. Plant and Soli 302 (1 - 2): 1 – 17.

32. Cakmak, I., Torun, A., Millet, E., Feldman, M., Fahima, T., Korol, A., Nevo, E., Braun, H.J., Özkan, H. (2004.): Triticum diccoides: An important genetic resource for increasing Zinc and Iron concentration in modern cultivated wheat, Soil Sci. Plant Nutr., 50 (7), 1047 - 1054.

33. Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? Plant Soil (2008) 302: 1–17, DOI 10.1007/s11104-007-9466-3.

34. Cakmak, I. (2010.): Biofortification of cereals with zinc and iron through fertilization strategy, 19th World Congress of Soil Science, Soil solutions for a Changing World, 1-6 august 2010, Brisbane, Australia.

35. Cakmak, I., Kalayci, M., Kaya, Y., Torun, A., Aydin, N., Wang, Y., Arisoy, Z., Erdem, H., Yazici, A., Gokmen, O., Ozturk, L., Horst, W. J., (2010a.): Biofortification and localization of zinc in wheat grain. J. Agric. Food Chem. 58, 9092 - 9102. doi: 10. 1021/jf101197h.

36. Cakmak, I., Pfeiffer, W.H., McClafferty, B. (2010b.) Biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chem. 87, 10 - 20.

37. Chan, D.Y., Hale, B.A. (2004.): Differential accumulation of Cd in durum wheat cultivars: uptake and retranslocation as sources of variation. Journal of Experimental Botany 55 (408) : 2571 - 2579.

38. Chaney, R.L., Brown, C.J., Tiffin, L.O. (1972.): Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake soybeans, Plant Physiol, 50: 208 - 213.

39. Chandra, R., Bharagava, R.N., Yadav, S., Mohan, D. (2009.): Accumulation and distribution of toxic metals in wheat (*Triticum aestivum* L.) and Indian mustard (*Brassica campestris* L.) irrigated with distillery and tannery effluents. Journ of Hazardous Materials 162: 1514-1521.

40. Distelfeld, A., Cakmak, I., Peleg, Z., Ozturk, L., Yazici, A.M., Budak, H., Saranga, Y., Fahima, T. (2007.): Multiple QTL-effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations. Physiol Plant 129: 635 - 643.

41. Dodig, D, Zorić, M., Knežević, D., Dimitrijević, B., Šurlan-Momirović, G. (2007.) Assessing wheat performance using environmental information, genetika 39: 413 - 425.

42. Eđed, A. (2011.): Sortna specifičnost akumulacije kadmija, cinka i željeza u zrnu ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.). Doktorski rad. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Osijek.

43. Ekiz, H., Bagci, S.A., Kiral, A.S., Eker, S., Gültekin, I., Alkan, A., Cakmak, I. (1998.): Effects of zinc fertilization and irrigation on grain yield and zinc concentration of various cereals grown in zinc- deficient calcareous solis, Journal of Plant Nutrition, Volume 21, Issue 10, pages 2245 - 2256, DOI: 10.1080/01904169809365558.

44. El-Fouly, M.M. (1983.): Micronutrients in arid and semi arid areas: Level in soils and plants and the need for fertilizers with reference to Egypt.Proc 1th Colloquium of the International Potash Institute (IPI), Bern, Switzerland, pp: 163 - 173.

45. El- Magid, A.A., Knany, R.E., El-Fotoh H.G.A. (2000.): Effect of foliar application of some micronutrients on wheat yield and quality. Annals . Agric. Sci (Cairo). 1: 301-313.

46. El-Nasharty, A.B., Rezk, A.I., Abou El-Nour, E.A.A. i Nofal, O.A. (2013): Utilization Efficiency of Zinc by Some Wheat Cultivars Under Stress Condition of Zinc Deficiency, World Applied Sciences Journal 25 (10): 1485-1489, 2013, ISSN 1818-4952 DOI: 10.5829/idosi.wasj. 2013.25.10.13451

47. Erdal, I. (1998.): Effects of various zinc application methods on grain zinc and phytic acid concentration of different cereal species and wheat cultivars grown in Central Anatolia. PhD thesis. (In Turkish) Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences: Ankara.

48. Erdal, I., Yilmaz, A., Kalayci, M., Cakmak, I., Hatipoglu, F. (1998a): Effect of Zinc Fertilization on Phytic Acid-zinc Molar Ratios in Different Wheat Cultivars Grown in Central Anatolia, GAP Regions. The First National Zinc Congress, Ankara, Turkey.

49. Erdala, I., Yilmazb, A., Tabanc, S., Ekerd, S., Torund, B., Cakmake, I. (2002): Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization, Journal of Plant Nutrition, Volume 25, Issue 1, pages 113-127. DOI: 10.1081/PLN - 100108784, http://www.tandfonline.com/.

50. Erenoglu, E.B., Kutman, U.B., Ceylan, Y., Yildiz, B., Cakmak, I. (2011.): Improved nitrogen nutrition enhances root uptake, root-to-shoot translocation and remobilization of zinc (65Zn) in wheat. New Phytol. 189: 438 – 448. doi: 10. 1111/j.1469-8137.2010.03488.x

51. Fan, M.S, Zhao, F.J., Fairweather-Tait, S. J., Poulton, P.R., Dunham, S.J., McGrath, S.P. (2008.): Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over last 160 years. Journal Trace Elements in Medicine and Biology 22: 315-324.

52. FAO 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food insecurity in the world (http://faostat.fao.org. 29.5.2018.).

53. FAOSTAT / © FAO Statistics Division 2008, http://faostat3.fao.org, 23.8.2015.

54. Fardet, A., Rock, E., Remesy, C. (2008.): Is the in vitro antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected in vivo? J. Cereal Sci. 48: 258 – 276.

55. Farhan, H.N, Al-Dulaemi, T.M.B. (2011.): The effect of foliar application of some microelements on growth and productivity of Wheat (*Triticum aestivum* L.). Jordan, J.Agrc. Sci. 7 (1): 105 - 118.

56. Febles, C., Arias, A., Hardisson, A., Rodrigues – Alvarez, C., Sierra, A. (2002.): Phytic Acid Level in Wheat Flours, J. Cereal Sci., 36: 19 – 23.

57. Fenner, M. (1992.): Environmental influences on seed size and composition. Hort.Rev., 13: 183 - 213.

58. Fernandez, V., Ebert, G. (2005.):Foliar iron fertilization: a critical review. J. Plant Nutr. 28: 2113 - 2124.

59. Fernandez, V. Orera, I., Abadia, J., Abadia, A. (2009.): Foliar iron – fertilization of fruit trees: present knowledge and future perspectives – a review. J. Hort Sci Biotech 84: 1 - 6.

60. Ficco, D.B.M., Riefolo, C., Nicastro, G., De Simone, V., Di Gesu, A.M., Beleggia, R., Platani, C., Cattivelli, L., De Vita, P. (2009.): Phytate and mineral elements concentration in a collection of Italian durum wheat cultivars. Field Crops Res. 111, 235 - 242.

61. Frossard, E., Bucher, M., Machler, F., Mozafar, A., Hurrell, R. (2000.): Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. J. Sci. Food Agric. 80: 861 – 879.

62. Gao, X., Mohr, R.M., McLaren, D.L., Grant, C.A. (2011.): Grain cadmium and zinc concentration in wheat as affected by genotipic variation and potassium chloride fertilization. Field Crops Research 122 (2): 95 - 103.

63. Garnett Trevor, P. i Graham Rob In, D. (2005.): Distribution and Remobilization of Iron and Copper in Wheat, Annals of Botany 95: 817–826, doi: 10.1093/aob/mci085, www.aob.oupjournals.org, 18. 07. 2014.

64. Garvin, D.F., Welch, R.M., Finlay, J.W. (2006.): Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of U.s. hard red winter wheat germplasm. J.Sci.Food Agr. 86: 2213 – 2220.

65. Gibson, R.S, Donovan, U.M, Heath, A.L.M. (1997.): Dietary strategies to improve the iron and zinc nutriture of young women following a vegetarian diet. Plant Food Hum. Nutr. 51: 1 - 16.

66. Gill M.S., Tarlok S, Rana D.S., Bhandari A., Singh T. (1994.), Response of maize and wheat to different levels od fertilization. Indian J. Agron. 39: 168 - 170.

67. Gorny, A., Uterman, J., Eckelmann, W. (2000.): Heavy Metal (Trace Element) and Organic Matter Contents of European Soils. European Comission, CEN Soil Team N 30, Secretariat, Nederlands Normalisatie-institute (NEN) Delft, The Netherlands.

68. Graham R., Senadhira D., Beebe S., Iglesias C., Monasterio I., (1999.): Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. Field Crops Res; 60: 57 – 80.

69. Graham, R.D., Welch, R.M., Saunders, D.A., Ortiz-Monasterio, I.,Bouis, H.E.,Bonierbale, M., de Haan, S., Burgos, G., Thiele, G., Liria, R., Meisner, C.A., Beebe, S.E., Potts, M.J., Kadian, M., Hobbs, P.R., Gupta, R.K., Twomlow, S. (2007.): Nutritious subsistence food systems. Adv. Agron 92: 1 - 74.

70. Grotz, N., Guerinot, M.L. (2006.):Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants. Biochimica et Biophysica Acta 1763: 595 - 608.

71. Grüner, M., Horvatić, M., Gačić, M., Banović, M. (1996.): Molar ratio of phytic acid and zinc during cereal flake production. J. Sci. Food Agric. 70: 355 – 358.

72. Grusak, M.A. (1994.): Iron transport to developing ovules ofPisum sativum, 1:Seed import characteristics and phloem iron-loading capacity of source regions. Pl. Phys., 104, 649 – 655.

73. Gupta, U.C. (1991.): Iron statues of crop in Prince - Edward – Island and effect of solil –pH on plant iron concentration. Can J. Soil Sci. 71: 197 - 202.

74. Guttieri, M.J., Peterson, K.M., Souza, E.J. (2006.): Agronomic performance of low phytic acid wheat. Crop Science. 46: 2623 - 2629.

75. Habib, M. (2009.): Effect of foliar application of Zn and FE on wheat yield and quality. African Journal of Biotechnology 8 (24): 6795 - 6798.

76. Habib, M. (2012.): Effect of supplementary nutrition with Fe, Zn chelates and urea on wheat quality and quantity. African Journal of Biotechnology 11 (11): 2661-2665.

77. Hall, J.L.,Williams, L.E. (2003.):Transition metal transporter sin plant. J.Exp.Bot 54.2610 - 386.

78. Hallberg L, Brune M, Rossander L. (1989.): Iron absorption in man: ascorbic acid and dose-dependent inhibition by phytate. Am J Clin Nutr 1989.; 49:140 – 4.

79. Haslett, B.S., Reid, R.J., Rengel, Z. (2001.): Zinc mobility in wheat: uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. Ann. Bot 87, 379 - 386.

80. Havlin, J.L., Beaton, J.D, Tisdale, S.L., Nelson, W.L. (1999.): Soil fertility and fertilizers – An introduction to nutrient managment, 6th edn, Prentice Hall, New Jersey.

81. Hurrell, R.F., Juillerat, M.A., Reddy, M.B., Lynch, S.R., Dassenko, S.A., Cook, J.D. (1992.): Soyprotein, phytate, andiron - absorptioninhumans.Am J Clin Nutr, 1992; 56: 573 – 8.

82. Hurrell, R i Egli, I. (2010.): Iron bioavailability and dietary reference values, Am J Clin Nutr 2010;91 (suppl): 1461S –7 S.

83. Hurrell, R.F., Lynch, S., Bothwell, T., Cori, H., Glahn, R., Hetramph, E., Kratky, Z., Miller, D., Rodenstein, M., Streekstra, H, Teucher, b., Turner, E., Yeung, C.K, Zimmerman, M.B. (2004.): Enhancing the absorption of fortification iron – a sustain task force report. Int. J.Vitam.Nutr.Res 74: 387 - 401.

84. Hussain, S., Maqsood, M.A., Rengel, Z., Aziz, T. (2012.): Biofortification and estimated human bioavailability of zinc in wheat grains as influenced by methods of zinc application. Plant Soil 361, 279 - 290.

85. Ivezić, V., Singh, B.R., Almas, A.R., Lončarić, Z. (2011.): Water extractable concentrations of Fe, Mn, Ni, Co, Mo, Pb and Cd under different land uses of Danube basin in Croatia. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Plant Soil Science. 61 (8): 747-759.

86. Imtiaz, M., Alloway, B.J., Shah, K.H., Siddiqui, S.H., Memon, M.Y., Aslam, M. (2003.): Zinc nutrition of wheat: I: Growth and zinc uptake Asian J. Plant Sciences 2 (2), 152-15

87. Jama, E., Sajeda, K., Ebadib, A., Farjaminejadc, R., Ghasempourd, F. (2011): Effect of Fe and Zn micronutrients spray on grain yield of autumn wheat in Ardabil Region, Iran, Plant Ecophysiology 3 (2011) 101-107.

88. Janković, M. (2016.): Proteinski profili pšenice i njihov uticaj na tehnološka svojstva brašna, doktorska disertacija, UDK: 664.641.12:577.112.82 (043.3), https//fedorabg.bg.rs, 6.5.2019.

89. Jug, D., Krnjaić, S., Stipešević, B. (2005.): Prinos ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.) na različitim varijantama obrade tla, UDK = 633.11 "324": 631.51, ISSN 1330-7142, hrcak.srce.hr/file/ 9174, 29.06.2017.

90. Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1992.): Trace Elements in Soils and Plants (2nd edn.) CRC Press, Boca Raton. 365 pp.

91. Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2001.): Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, Florida

92. Kalayci, M. (1993.): Field experiments with micronutrients in wheat (in Turkish). In. Transitional Agr. Research Institute Annual Report 1993., Eskiyehir, Turkey, pp: 25 - 31.

93. Karakaš, M. (2017): Optimiranje procesa kruto-tekuće ekstrakcije fenolnih tvari iz pšenice metodom odzivnih površina, https://repozitorij.ptfos.hr 3.8.2017.

94. Kastori, R. (1983.): Fiziologija biljka. Beograd: Naučna knjiga, 1. izd. 1985. - Bibliografija uz pojedina poglavlja, str.166 - 175, 21 5 - 227. UDK: 581.1 (075.8), ISBN 86-23-23024-8.

95. Khan, M. B., Farooq, M., Hussain, M., Shanawaz, Shabir, G. (2010.): Foliar application of micronutrients improves the wheat yield and net economic return. Int. J. Agric. Biol. 12 (6): 953-956.

96. Kholdebarin, B., Esslamzadeh, T. (Translators) (2001.): Mineral nutrition of higher plants, Vol I. First edition. Shiraz University.

97. Khoshgoftarmanesh, A. H., R. Shulin, R. Chaney, B. Daneshbakhsh, and M. Afyuni. (2010.): Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. 30: 83 – 107. doi: 10.1051/agro/2009017.

98. Kiekens, L. (1995.): Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Professional, London, pp 284 - 305.

99. Kim, S.A, Punshon, T., Lanzirotti, A., Li, L.T, Alonso, J.M, Ecker, J.R, Kaplan, J., Guerinot, M.L. (2006.): Localization of iron in Arabidopsis seed requires the vacuolar membrane transporter VIT1. Science 314: 1295 – 1298.

100. Kochian, L.V. (1991.): Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plants. In: Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM, Welch RM, eds. Micronutrients in agriculture. Madison: Soil Science Society of America, 229 – 296.

101. Kochian, L.V. (1993.): Zinc absorption from hydroponic solution by plant roots. Chap 4 in Robson, (ed.). zinc in soils and plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 45 - 58.

102. Kovačević, V., Kadar, I., Rastija, M., Iljkić, D. (2013.): Response of maize and winter wheat to liming with hydratized lime. Novenytermeles. In press.

103. Kruger, C., Berkowitz, O., Stephan, U.W., Hell, R. (2002.): A metal-binding member of the late embryogenesis abundant protein family transports iron in the phloem of Ricinus communis L. J Biol Chem 277: 25062 – 25069.

104. Kutman, U.B., Yildiz, B., Ozuturk, L., Cakmak, I. (2010.): Biofortification of durum wheat with zinc through soil and foliar applications of nitrogen. Cereal Chem 87:1.

105. Kutman, U.B., Yildiz, B., Cakmak, I., (2011.) Effect of nitrogen on uptake, remobilization, and partitioning of zinc and iron throughout the development of durumwheat. Plant Soil 342, 149 - 164.

106. Kutman, U.B., Kutman, B.Y., Ceylan, Y., Ova, E.A., Cakmak, I. (2012.): Contributions of root uptake and remobilization to grain zinc accumulation in wheat depending on post-anthesis zinc availability and nitrogen nutrition. Plant Soil 361: 177 – 187.
doi: 10.1007/s11104-012- 1300-x.

107. Leskošek-Čukalović, I. (2002.): Tehnologija piva - slad i nesladovane sirovine. Poljoprivredni fakultet, Beograd.

108. Lemanceau, P., Bauer, P., Kraemer, S., Briat, J.F. (2009.): Iron dynamics in the rhizosphere as a case study for analyzing interaction between soils plants and microbes. Plant and Soil 321: 513 – 535.

109. Li, M., Yang1, X.W., Tian, X.H., Wang, S.X., Chen, Y.L. (2013.): Effect of nitrogen fertilizer and foliar zinc application at different growth stages on zinc translocation and utilization efficiency in winter wheat, Cereal Research Communications 2014, Volume 42, Number 1: 81 - 90

110. Lindsay, W. L. (1979.): Chemical equilibria in soils. Wiley & Sons, New York. ISBN 0 - 4 71 - 02704 - 9.

111. Lindsay, W.L., Schwab, A.P. (1982.): The chemistry of iron in soils and its availability to plants. J. Plant Nutr. 5 (4 - 7): 821 - 840.

112. Liu, Z.H., H.Y. Wang, X.E. Wang, G.P. Zhang, P.D. Chen, and D. J. Liu. (2006.) Genotypic and spike positional difference in grain phytase activity, phytate, inorganic phosphorus, Fe, and Zn contents in wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Cereal Sci. 44:212–219. doi: 10.1016/j.jcs. 2006.06.001.

113. Lončarić, Z., Popović, B., Karalić, K., Rékási, M., Kovačević, V. (2010.): Regression model for prediction availability of essential heavy metals in soils. In: Gilkes, RJ., Prakongkep, N. (ed.) Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. ISBN 978-0-646-53783-2. IUSS (International Union of Soil Sciences). Brisbane, Australia. Published on DVD: http://www.iuss.org: 92-95.

114. Lončarić, Z. (2011.): Proizvodnja povrća i prijenos teških metala iz tla u prehrambeni lanac. Završno izvješće. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. 2011: 18.

115. Lončarić, Z., Popović, B., Karalić, K., Jurković, Z., Nevistić, A., Engler, M. (2012.): Soil chemicals properties and wheat genotype impact on micronutrient and toxic elements content in wheat integral flour, Med Glas (Zenica), 9 (1): 97 – 103 http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22634916.

116. Lucena, J.J. (2000.): Effects of bicarbonate, nitrate and other enviromental factors on iron deficiency chlorosis. J. Plant Nutr. 23 (11 - 12): 1591 - 1606.

117. Maralian, H. (2009.): Effect of Foliar Application of Zn and Fe on Wheat Yield and Quality. African Journal of Biotechnology, 8, 6795 - 6798.

118. Martens, D.C., Westermann, D.T. (1991.): Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. Chap. 15 in Mortvedt, J.J., F.R. Cox, L.M. Shuman, and R.M. Welch (eds) Micronutrients in Agriculture (2nd edn.) Soil Science Society of America, Madison, Wisc. pp 549 - 592.

119. Maqsood, M.A., Arif, M., Khan, M.A. (2009.): Evaluation of Zn distribution among graand straw of twele indigenous wheat (*Tritic. aestivum* L.) genotypes. Pak. J. Bot., 41(1):225-231.

120. Marschner, H., Römheld, V. (1994.): Strategies of plants for acquisition of iron. Plant and Soil. 165: 261 - 274.

121. McDonald, G.K., Genc, Y., Graham, R. D. (2008.): A simple metoda to evaluate genetic variation in grain zinc concentration by correcting for differences in grain yield, P. Soil 306: 49 - 55.

122. McLaughlin, M.J, Parker, D.R., Clarke, J.M. (1999.): Metals and micronutrients - food safety issues. Field Crops Research 60. 143 - 163.

123. Miller , R.O., Jacobsen, J.S., Skogley, E.O. (1993.): Aerial accumulation and partitioning of nutrients by hard red spring wheat. Communications i Soil Science and Plant Analysis 24: 2389 - 2407.

124. Mlinar, R., Tomasović, S., I, Ikić, (2005.): Stabilnost kvantitativnih svojstava Bc sorata ozime pšenice, Sjemenarstvo 22 (2005) 1 - 2 UDK: 633.111.1;631.523.4;631.526.32(045) = 862, Izvorni znanstveni rad.

125. MPRRR (2010.): pravilnik o zaštiti poloprivrednog zemljišta od onečišćenja. Narodne novine 32/10, NN 34/91.

126. Morgounov, A., Gomez-Becerra, H.F., Abugalieva, A., Dzhunusova, M., Yessimbekova, M., Muminjanov, H., Zelenskiy, Y., Ozturk, L., Cakmak, I. (2007.): Iron and zinc grain density in common wheat grown in central Asia. Euphytica. 155: 193 - 203.

127. Mortvedt, J.J., Gilkes, R.J. (1993.): Zinc fertilisers. Chap. 3 in Robson, A.D. (ed) Zinc in Soils and Plants, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, pp 3 3- 44.

128. Moussavi-Nik, S.M., Kiani, Z. (2012.):Considering interaction effects of micro nutritions elements (Fe, Zn, Mo) on qualitative yield of wheat varieties, Scholars Research Library, annals of Biological Research, 2012, 3 (3): 1467 - 1472.

129. Narwal, R. P., Malik, R. S., Dahiya, R. R. (2010.): Addressing variations in status of a few nutritionally important micronutrients in wheat crop, 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 3, 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia. http://iuss.org/19th%20WCSS/Symposium/pdf/1078.pdf Published on DVD.

130. Nubé, M., Voortman, R. L. (2006.): P. 48 in Simultaneously addressing micronutrient deficiencies in soils, crops, animal and human nutrition: opportunities for higher yields and better health. Stichting Onderzoek Wereldvoedselvoorziening van de Vrije Universiteit, Centre for World Food Studies, Amsterdam, The Nederlands. Staff Working P., WP -06-02.

131. Oury, F. X., Leenhardt, F., Rémésy, C., Chanliaud, E., Duperrier, B., Balfouriera, F., Charmet, G. (2006.): Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentration in bread wheat. Eur. J. Agron. 25, 177 - 185.

132. Ozturk, L., Yazici, M.A., Yucel, C., Torun, A., Cekic, C., Bagci, A., Ozkan, H., Braun, H.J., Sayers, Z., Cakmak, I., (2006.): Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. Physiol. Plant 128: 144 - 152.

133. Ozturk, L., Altintas, G. Erdem, H., Gokmen, O.O., Yazici, A., Cakmak, I. (2009.): Localization of iron, zinc, and protein in seed of spelt (triticum aestivum ssp.Spelta) genotypes with low and high protein concentration. The Proceedings of the International plant Nutrition Colloquium XVI, Department of Plant Sciences, US Davis, UC Davis.

134. Pahlavan – Rad, Pessarakli, M. (2009.): Response of wheat plants inc, iron and manganese applications and uptake and concentration of zinc, iron and manganese in wheat grains. Commun Soil Sci Plant Anal 40: 1322 - 1332.

135. Pearson, J. N., Rengel, Z., (1994.): Distribution and remobilization of Zn and Mn during grain development in wheat, J. Exp. Bot. 45, 1829 – 1835.

136. Pervaiz, Z., Hussain, K., Kazmi S.S.H., Gill, K.H., Sheikh, A.A. (2003.): Iron requirement of Barani wheat. Int. J. Agric. Biol. 5 (4): 608 – 610.

137. Pfiffer, W.H., McClafferty, B. (2007.): Biofortifiocation: breeding micronutrient – dense crop. In: Kang M.S. Priyadarshan P.M. (eds) Breeding major food staples. Blackwell Science, New York, pp 61 – 91.

138. Pospišil, A. (2010.): Ratarstvo I. dio, Čakovec: Zrinski d.d., 2010 (sveučilišni udžbenik). ISBN 9789531551144.

139. Rahaman, M.A., Meisner, C.A., Duxbury, J.M., Lauren, J., Hossain, A.B. S. (2012.): Yield response and change in soil nutrient availability by application of lime, fertilizer and micronutrients ina n acidic soil in a rice-wheat cropping system, Symposium no.05, Paper no.773, poster.

140. Raboy V, Noaman MM, Taylor GA, Pickett SG (1991.): Grain phytic acid and protein are highly correlated in winter wheat. Crop Sci. 31: 631– 635.

141. Ranjbar, G.A., Bahmaniar, M.A. (2007): Effects of Soil and Foliar Application of Zn Fertilizer on Yield and Growth Characteristics of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars, Asian Journal of Plant Scien., 6: 1000-1005., DOI: 10.3923/ajps.2007.1000.1005.

142. Rashid, V., Noaman, M.M., Taylor, G.A., Picket, S.G. (1991.): Cooperative researh programme on micronutrient status of Pakistan solis and itsrole in crop production. NARC. Ishlamabad - Pakistan, Anual report.

143. Ravlić, M. (2010.): Utjecaj kalcizacije i gnojidbe fosforom na koncentraciju Zn i Cd u listu i zrnu pšenice. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek.

144. Rawashdeh, H. M. and Sala, F. (2014.): Influence of iron foliar fertilization on some growth and physiological parameters of wheat at two growth stages. Romania Scientific papers. Series A. Agron. 57: 306 - 309.

145. Rawashdeh, H. M., Florin, S. (2015.): Foliar application with iron as a vital factor of wheat crop growth, yield quantity and quality : A Review, International Journal of Agricultural Policy and Research Vol.3 (9), pp. 368-376, September 2015, ISSN 2350-1561, http://www.journalissues.org

146. Rebekić, A., Lončarić, Z. (2014.): Međuodnos cinka i kadmija – sinergija ili antagonizam? // Zbornik radova 49. hrvatski i 9. međunarodni simpozij agronoma. Dubrovnik, Hrvatska. / Marić, Sonja ; Lončarić, Zdenko - Osijek : Sveučilište J.J.Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 2014, 17 - 25 ISBN 978 – 953 – 7871 – 22 – 2.

147. Rengel, Z., Batten, G. D., Crowley, D. E. (1999.): Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. Field Crops Res. 60: 27 – 40.

148. Rengel, Z., Graham, R. D. (1995.): Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil, II. Grain yield, plant and soil 173: 267 - 274.

149. Roach, D.A., Wulf, R.D. (1987.): Maternal effects in plants. Ann. Rev.Ecol.Syst., 18: 209 - 235.

150. Romić, M., Romić, D. (2003.): Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area. Enviromental Geology 43, 795 - 805.

151. Römheld, V., Marschner, H. (1986.): Mobilization of iron in the rhizosphere of different plants species. Iz: Tinker A., Läuchli A. "Advances in Plant Nutrition" Vol. 2 B. Prager Scientific, New York, 155 - 204.

152. Savithri P, Perumal R, Nagarajan R. (1999.): Soil and crop management technologies for enhancing rice production under micronutrient constraints. Nutrient Cycl. Agroecosyst. 53: 83 – 92.

153. Schonherr, J., Fernandez, V., Schreiber, L. (2005.): Rates of cuticular penetration of chelated Fe-III: role of hymidity, concentration, adjuvants , temperature, and type of chelate. J. Agr. Food Chem 53: 4484 - 4492.

154. Seadh, S.E., EL-Abady, M.I., El-Ghamry, A.M., Farouk, S. (2009.): Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. J. Biol. Sci. 9 (8): 851 - 858.

155. Seilsepour, M. (2007.): The study of Fe and Zn effects on quantitative and qualitative parameters of winter wheat and determination of critical levels of these elements in Varamin plain soils. Iranian J. Pajouhesh &Sazandegi, 76 in Agron. Horticult, 20 (3): 123 – 133.

156. Shi, R., Zhang, Y., Chen, X., Sun, Q., Zhang, F., Römheld, V. (2010.): Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Cereal Sci. 51:165–170. doi: 10.1016/j.jcs. 2009.11.008.

157. Singh, B. and Reddy, N.R. (1977.): Phytic acid and mineral compositions of triticales. J.Food Sci., 42: 1077 - 1083.

158. Sperotto, R. A., Ricachenevsky, F.K., Waldow, V.D., Fett, J.P. (2012.): Iron biofortification in rice: it's along way to the top. Plant Sci. 190, 24-39. Doi: 10.1016/j.plantsci. 2012.03.004.

159. Statistički ljetopis 1509/2014. (2014): Državni zavod za statistiku, ISSN 1333 - 3518 http://www.dzs.hr, 23.8.2015.

160. Stephan, U.W., Scholz, G. (1993.): Nicotianamine - Mediator of Transport of Iron and Heavy-Metals in the Phloem. Physiol Plant 88: 522 – 529.

161. Špoljarić Marković, S., Ledenčan, T., Sudar, R., Šimić, D., Mijić, Z. (2013.): Učinak genotipa na antioksidacijsku aktivnost i sadržaj ukupnih fenola u zrnu kukuruza šećerca, Izvornik: Zbornik sažetaka 6. međunarodni kongres Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo / Matotan, Z. ; Haramija, J. (ur.)Zagreb : Hrvatsko agronomsko društvo, ISBN: 978 – 953 - 6485 - 31 - 4.

162. Swaine, D. J. (1955): The Trace-Element Content of Soils. (Der Gehalt der Böden an Mikroelementen.) Veröffentl. vom Commonwealth Bureau of Soil Science, Rothamstedt Exp. Stat., Technical Communication No. 48,157 S. Halbleinen, Preis 25 sh (etwa 15,— DM). Commonwealth Agricultural Bureaux Farnham Royal, Bucks., England

163. Šramkova, Z., Gregova, E. and Sturdik., E. (2009.): Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. Acta Chim. Slovaca 2: 115 – 138.

164. Tavajjoh, M., Yasrebi, J., Karimian, N., Olama, V. (2011.): Phytic Acid Concentration and Phytic Acid: Zinc Molar Ratio in Wheat Cultivars and Bread Flours, Fars Province, Iran, J. Agr. Sci. Tech. (2011) Vol. 13: 743 - 755.

165. Teklić, T., Rastija, M., Lončarić, Z. (1993.): Dinamika suhe tvari i elementarnog sastava pšenice pod utjecajem sorte, lokaliteta i godine. Znan.prak.poljopr.tehnolog. 23(3) 340 - 350, ISSN 0352 - 1346.

166. Teklić, T., Lončarić, Z., Kovačević, V., Bal Ram Singh, (2013.): Metalic trace elements in cereal grain – a rewiev: how much metal do we eat? Food and Energy Security. Published by John Wiley & Sons Ltd. and the Association of Applied Biologists, Pages 81 – 95: 165, doi: 10.1002/fes3.24.

167. Tisdale, S.L., Nelson, W.L. (1975.): Accounting principles fifth canadian edition. In soil fertility and fertilizer, third ed., vol.1 McMillan Publishin Company, USA.

168. Torun, A., ltekin, I.G.Ã., Kalayci, M., Yilmaz, A., Eker, S. and Cakmak, I. (2001) Effects of Zinc Fertilization on Grain Yield and Shoot Concentrations of Zinc, Boron and Phosphorus of 25 Wheat Cultivars Grown on a Zinc-Deficient and Boron-Toxic Soil. Journal of Plant Nutrition, 24, 1817 - 1829. http://dx.doi.org/10.1081/PLN-100107314

169. Velu, G., Ortiz-Monasterio, I., Singh, R.P., Payne, T. (2011.): Variation for Grain Micronutrients Concentration in Wheat Core-collection Accessions of Diverse Origin. Asian Journal of Crop Science, 3: 43 - 48., DOI: 10.3923/ajcs.2011.43.48,

URL: http://scialert.net/abstract/?doi=ajcs.2011.43.48 8.7.2017

170. Velu, G., Singh, R., Huerta-Espino, J., Pena, J., Ortiz- Monasterio, I. (2011.): Breeding for enhanced Zn and Fe concentration in CIMMYT spring wheat germplasm. Proceedings of the 8th International Wheat Conference and BGRI 2010 Technical Workshop, 2010. St. Petersburg, Russia. Czech J. Genet. Plant Breed. 47: S174 – S177. http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/48976.pdf.

171. Velu, G., Ortiz-Monasterio, I., Cakmak, I., Hao, Y., Singh, R.P. (2013.): Biofortification strategies to in crease grain zinc and iron concentrations in wheat, Journal of Cereal Science xxx, Pages 365 – 372, DOI: 10.1016/j.jcs.2013.09.001 , http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521013001495 21.06. 2014

172. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

173. Vukadinović, V., Koce, Š., Muminović, O., Teklić, T. (1989.): Analiza utjecaja sortne osobenosti i tipa tla na komponente uroda elementari sastav pšenice u 1988. Na „Belju“, Poljoprivredne aktualnosti, 3 - 4, 375 - 390.

174. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja.Poljoprivredni fakultet u Osijeku. CIP:130318081; ISBN 978 – 953 – 6331 – 24 - 1.

175. Wallace, G.A., Wallace, A., (1982.): Micronutrient uptake by leaves from foliar sprays of EDTA chelated metals. In: Nelson, S.D. (Ed.). Iron Nutrition and Interactions in Plants. Marcel Dekker, Basel, pp. 975 ± 978.

176. Welch, R.M., Allaway, W.H., House, W.A., Kudata, J. (1991.): Geographic Distribution of trace Element Problems. In: Micronutrient in Agriculture, Mortvent, J.J.,F.R..Cox, L.M. shuman and R.M Welch (Eds.). SSSA, Madison, WI.USA, pp: 31 - 57.

177. Waters, Brian M., Sankaran, Renuka, P., (2011): Moving micronutrients from the soil to the seeds: Genes and physiological processes from a biofortification perspective, Plant Science 180, 562 – 574, doi: 10.1016/j.plantsci. 2010.12.003.

178. Welch, R. M. (2003.): Pp. 1 – 24 in Farming for nutritious foods: agricultural technologies for improved human health. IFA - FAO Agriculture Conference "Global food security and the role of sustainable fertilization", 26 – 28 March, Rome, Italy.

179. Welch, R.M., Graham, R.D. (2002.): Breeding crops for enhanced micronutrient content. Plant Soil 245, 205 – 214.

180. Welch, R.M., Graham, R.D. (2004.): Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. J. Exp. Bot. 55, 353 – 364.

181. White, P.J., Broadley, M. R. (2005.): Biofortifying crops with essential mineral elements. Trends Plant Sci. 10: 586593.

182. White, P.J., Broadley, M.R., (2009.): Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets: iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine, New Phytol. 182, 49 – 84.

183. White, P. J., and Broadley, M. R. (2011.): Physiological limits to Zn biofortification of edible crops. Front. Plant Sci. 2:80. doi: 10.3389/fpls.2011.00080.

184. White, P.J., Broadley, M.R. (2012.): Biofortifying edible crops with Zn. P. 17 in Workshop: "Improving the composition of plant foods for better mineral nutrition". Mineral-improved crop production for healthy food and feed. Food and Agriculture COST Action FA0905. June 4 – 5.

185. Wise, A. (1995): Phytate and zinc bioavailability. Int. J. Food Sci. Nutr.46: 53 – 63.

186. WHO, 2002. World Health Report 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

187. Wojtkowiak, K., Warechowska, M., Stepien, A., Raczkowski, M. (2017.): Crop yield and micronutrient contents (Cu, Fe, Mn, Zn) in spring wheat grain depending on the fertilization metoda, Jurn. Of Central Eur. Agri., 2017., 18(1),p.135-149,DOI:10.5513/JCEA0/18.11872.

188. Xu, Y., An, D., Li, H., Xu, H. (2011.): Review: breeding wheat for enhanced micronutrients. Can.J.Plant Sci. 231 - 237, doi: 10.4141/CJPS10117.

189. Xu, Y., An, D., Li, H., Xu, H. (2010.): Review: Breeding wheat for enhanced micronutrients, Can. J. Plant Sci. (2011) 91: 231 - 237 doi:10.4141/CJPS10117.

190. Xue, Y.F., Yue, S.C., Zhang, Y.Q., Cui, Z.L., Chen, X.P., Yang, F.C. i sur. (2012.): Grain and shoot zinc accumulation in winter wheat affected by nitrogen management. Plant Soil 361: 153 – 163. doi: 10.1007/s11104-012-1510-2.

191. Yang, X., Tian, X., Lu, X., Gale William, J., Cao, Y., (2011.): Foliar Zn fertilization improves the Zn nutritional value of wheat (Triticum aestivum L.) grain. Afr. J. Biotechnol. 10: 14778 – 14785. doi: 10.5897/AJB11.780.

192. Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gultekin, I., Karanlik, S., Bagci, S.A., Cakmak, I. (1997.): Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat grown on zinc-deficient calcareous soils in Central Anatolia. J. Plant Nu. 20: 461 - 471.

193. Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gültekin, I., Karanlik, S., Bagci S.A., Cakmak, I. (1998.): effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat grown on zinc-deficient calcareous soils in Central Anatolia. J. Plant Nutr 20: 461 - 471.

194. Ziaeian, A.H., Malakouti, M.J. (2001.): Effects of Fe, Mn, Zn and Cu fertilization on the yield and grain quality of wheat in the calcareous soils of Iran. Plant Nutr., 92: 840 - 841.

195. Zeidan, M.S., Mohamed, M. F., Hamouda, H. A. (2010): Effect of Foliar Fertilization of Fe, Mn and Zn on Wheat Yield and Quality in Low Sandy Soils Fertility. World Journal of agricultural Sciences 6 (6): 696 - 699.

196. Zhang, Y.Q, Shi, R.L., Karim, M.R, Zhang, F.S, Zou, C.Q. (2010.): Iron and zinc concentrations in grain and flour of winter wheat as affected by foliar application. J Agric Food Chem 58:12268 – 12274.

197. Zhao, F.J., Su, Y. H., Dunham, S.J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S.P, Shewry P.R. (2009.): Variation in mineral micronutrient concentrations in grain wheat lines of diverse origin. Journal of Cereal Science 49: 290 - 295.

198. Zhao, A.O., Bao, Q.L., Tian, X.H., Lu, X.C.,William, J.G. (2011.): Combined effect of iron and zinc on micronutrient levels in wheat (Triticum aestivum L.), J. Environ. Biol., 32, 235 - 239 (2011), ISSN: 0254-8704, CODEN: JEBIDP

199. Zou, C.Q., Zhang, Y.Q., Rashid, A., Ram, H., Savasli, E., Arisoy, R.Z., Ortiz-Monasterio, I., Simunji, S., Wang, Z.H., Sohu, V., Hassan, M., Kaya, Y., Onder, O., Lungu, O., Mujahid, Y. M., Joshi, A.K., zelenskiy, Y., Zhang, F.S., Cakmak, I. (2012.): Biofortification of wheat with zinc through zinc fertilization in seven countries. Plant Soil 361: 119 - 130.

200. Žilić, S., Serpen, A., Akillioğlu, G., Gökmen, V., Vančetović, J. (2012.b): Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. J. Agric. Food Chem. 60, 1224 - 1231.

201. ISO 10390,1994. Kakvoća tla – Određivanje pH reakcija uzorka tla

202. ISO 14235,1994. Kakvoća tla - Određivanje sadržaja organske tvari

203. ISO 10693,1994. Kakvoća tla - Određivanje hidrolitičke kiselosti tla

204. ISO 10693, 1995. Kakvoća tla - Određivanje sadržaja karbonata u tlu

205. AL metoda (Egner i sur. 1960.) Kakvoća tla - Određivanje koncentracije AL- P_2O_5 i AL-K_2O

206. Metoda po Riehmu: Kakvoća tla- Određivanje nitratnog dušika

207. Metoda po Nessleru: Kakvoća tla - Određivanje amonijskog dušika

208. Metoda Buchi B-324 Kjeldahl jedinica za destilaciju: Analiza biljne tvri -Određivanje koncentracije ukupnog N

209. ICP-OES: Analiza biljne tvari – Određivanje koncentracija Fe i Zn

7. SAŽETAK

Pšenica kao najzastupljenija kultura na svijetu često se uzgaja na siromašnim tlima ili tlima sa nedostatkom jednog ili više hraniva neophodnih za njezin optimalni rast i razvoj što rezultira niskim sadržajem tih hraniva u jestivim dijelovima biljke. To je naročito problematično kod ljudi kojima su biljke, zbog siromaštva, glavni izvor esencijalnih minerala. U svijetu je više od 3 milijarde ljudi izloženo nedostatku važnih mikroelemenata zbog isključivog konzumiranja hrane na bazi žitarica, pri čemu je nedostatak Fe vrlo čest u zemljama u razvoja dok je nedostatak Zn detektiran kao globalni problem. Najjednostavniji i najbrži način povećanja koncentracije deficitarnih hraniva u zrnu je agronomska biofortifikacija gdje se gnojidbom povećava koncentracija hraniva u jestivom dijelu biljke. Ciljevi istraživanja su utvrditi utjecaj aplikacije željeza i cinka u tlo ili folijarno na povećanje koncentracije u zrnu pšenice, utvrditi utjecaj sorte na učinkovitost aplikacije Fe i Zn te, posljedično, utjecaj na povećanje njihovog unosa u prehrambeni lanac.

Poljski pokus s 4 sorte ozime pšenice (Srpanjka, Divana, Katarina i Zdenka) proveden je tijekom dvije vegetacije (2010./2011. i 2011./2012.) na dva lokaliteta u Brodsko – posavskoj županiji (Novi grad i Beravci) uz 7 različitih tretamana aplikacije Fe i Zn (1. kontrola bez aplikacije, 2. aplikacija Fe u tlo, 3. Zn u tlo, 4. folijarno Fe, 5. folijarno Zn, 6. Fe+Zn u tlo i 7. Fe+Zn folijarno).

Najveći prosječni prinos zrna ostvarile su sorte Katarina i Zdenka, a zatim slijedi Srpanjka te Divana sa značajno najnižim prinosom. Aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno, nisu značajno utjecale niti na prinose zrna, niti na prirode slame, niti na ukupne biološke prirode.

Aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno značajno su utjecale na promjenu koncentracije Fe u zrnu, listu zastavičaru i ostalim listovima pšenice. Najveća koncentracija Fe u zrnu pšenice je ostvarena nakon folijarne aplikacije Fe, zatim folijarne aplikacije Fe + Zn, no aplikacija Fe u tlo, te aplikacije Zn u tlo i folijarno nisu utjecale na koncentracije Fe u zrnu. Folijarna aplikacija Fe + Zn te folijarna aplikacija Fe rezultirale su višom koncentracijom Fe u listu zastavičaru i ostalim listovima pšenice, no niti jedan tretman nije imao značajan utjecaj na koncentraciju Fe u slami.

Najveća koncentracija Zn u zrnu ostvarena je nakon folijarne aplikacije Zn, te folijarne aplikacije Fe+Zn. Nešto niže koncentracije Zn u zrnu ostvarene su nakon aplikacije Zn u tlo te aplikacije Fe+Zn u tlo. Najniže koncentracije Zn u zrnu pšenice ostvarene su na kontrolnim tretmanima. Folijarna aplikacija Zn te Fe+Zn je značajno

utjecala na koncentracije Zn u listu zastavičaru i ostalim listovima dok utjecaj ostalih tretmana nije bio značajan. Značajno veća koncentracija Zn u slami ostvarena je nakon folijarne aplikacije Fe+Zn te aplikacije Zn u tlo u odnosu na kontrolu.

Provedenim istraživanjima dokazan je značajan utjecaj aplikacije Fe i Zn u tlo ili folijarno na iznošenje Fe prinosom zrna i vegetativnom masom pšenice. Pri tome je prinosom zrna najviše Fe iznešeno nakon folijarne aplikacije Fe, a najmanje u kontroli. Najviše Zn prinosom zrna izneseno je nakon folijarne aplikacije Zn, manje nakon folijarne aplikacije Fe+Zn, zatim aplikacije Zn i Fe+Zn u tlo, te najmanje prinosom zrna kontrolnog tretmana.

U provedenim istraživanjima sorte pšenice su se značajno razlikovale po sadržaju fenola u zrnu, pri čemu je sorta Zdenka ostvarila značajno veću koncentraciju fenola u odnosu na Srpanjku, Divanu i Katarinu. Sorta Divana je imala značajno veću koncentraciju fitata u zrnu nego sorte Zdenka, Katarina i Srpanjka. Pri tome je u sorti Divana utvrđen i značajno veći molarni omjer fitat/Fe nego u sorti Katarina, Zdenka ili Srpanjka. Najveći fitat/Zn omjer su imale Zdenka i Divana te Srpanjka, a najmanji sorta Katarina. Najveću ukupnu antiaksidativnu aktivnost je ostvarila sorta Zdenka, zatim sorte Divana i Katarina, a najmanju sorta Srpanjka.

Aplikacije Fe i Zn nisu statistički značajno utjecale na koncentraciju fenola i fitata u zrnu pšenice, no dokazan je značajan utjecaj na molarni odnos fitata/Fe i fitat/Zn u zrnu pšenice. Pri tome je najveći molarni odnos fitat/Fe zabilježen u kontrolnom tretmanu, manji nakon aplikacije Fe+Zn u tlo, još manji nakon aplikacije Fe u tlo dok je najniži odnos fitat/Fe ostvaren nakonn folijarne aplikacije Fe i folijarno aplikacije Fe+Zn. Također, najviši molarni odnos fitat/Zn ostvaren je u kontrolnom tretmanu te manji nakon folijarne aplikacije Fe+Zn u tlo i aplikacije Zn u tlo, dok je najniži odnos fitat/Zn ostvaren nakon folijarne aplikacije Zn i Fe+Zn.

8. SUMMARY

Biofortification of wheat with iron and zinc

Wheat as the most common crop in the world is often grown on poor soils or soils with the lack of one or more nutrients necessary for its optimal growth and development resulting in the low content of these foods in edible parts of the plant. This is especially problematic for people whose plants, due to poverty, are the main source of essential minerals. More than 3 billion people in the world are exposed to the lack of important microelements due to the exclusive consumption of cereal-based foods, whereby the lack of Fe is very common in developing countries while the lack of Zn is detected as a global problem. The simplest and fastest way to increase the concentration of nutritional deficiencies in the grain is the agronomic fortification where fertilization increases the nutrient concentration in the edible part of the plant. The objectives of the study are to determine the influence of iron and zinc application in soil or foilar application on increasing the concentration in grain, to determine the effect of varieties on the efficacy of Fe and Zn applications and, consequently, to increase their intake into the food chain.

The field experiment with 4 winter wheat varieties (Srpanjka, Divana, Katarina and Zdenka) was carried out during two vegetation (2010/2011 and 2011/2012) in two locations in Brod - Posavina County (Novi grad and Beravci) with 7 various treatments of Fe and Zn application (1. control without application, 2. application of Fe in soil, 3. Zn in soil, 4. foliar Fe appliaction, 5. foliar Zn application, 6. Fe + Zn in soil and 7. Fe + Zn foilar).

The highest average yield of grain was achieved by varieties Katarina and Zdenka, followed by Srpanjka and Divana with the lowest yield. Fe and Zn applications in soil or foliar have no significant effect on grain yield, straw or on the overall biological yield.

Fe and Zn applications in soil or foliar have significantly influenced the change of Fe concentration in the grain, flag leaf and other leaves. The highest concentration of Fe in wheat grain was achieved after the Fe foliar application, Fe + Zn foliar application, but Fe application in soil, and Zn application in soil and did not affect Fe concentration in the grain. The Fe + Zn foliar application and the Fe foliar application resulted in a higher concentration of Fe in the flag leaf t and other wheat leaves, but none of the treatments had a significant effect on the Fe concentration in the straw.

The highest concentration of Zn in the grain was achieved after the Zn foliar application and the Fe + Zn foliar application. Some lower concentrations of Zn in the

grain were achieved after application of Zn to soil and Fe + Zn application to soil. The lowest concentration of Zn in wheat grain was achieved by control treatments. The Zn and Fe + Zn foliar applications significantly influenced the Zn concentrations in the flag leaf and other leaves, while the effect of other treatments was not significant. Significantly higher concentration of Zn in the straw was achieved after Fe + Zn foil application and Zn application in soil compared to control.

Research has been shown to have a significant effect on the Fe and Zn application in soil or foliar for Fe uptake ba yield of grain and vegetative parts. In this case, the highest uptake of Fe was found after the foliar application of Fe and at least in the control. The most Zn uptake by grain was presented after the Zn foliar application, less after the Fe + Zn application, then the Zn and Fe + Zn application in the soil, and the least in control.

In the researches of wheat cultivars, there was a significant difference in the content of phenol in grain, where Zdenka varieties had a significantly higher concentration of phenol compared to Srpanjka, Divana and Katarina. Divana had a significantly higher concentration of phytate in grain than the varieties of Zdenka, Katarina and Srpanjka. Divana varieties also have a significantly higher molar ratio of phytate/Fe than in the varieties of Katarina, Zdenka or Srpanjka. The largest phytate/Zn ratio was in varities Zdenka, Divana and Srpanjka, and the smallest Katarina. The largest total antioxidant activity was made by the Zdenka variety, followed by Divana and Katarina varieties, and the smallest varieties of Srpanjka.

Fe and Zn applications did not statistically significantly influence the concentration of phenol and phytate in wheat grains, but there was a significant influence on molar ratio of phytate/Fe and phytate/Zn in wheat grain. At this point, the highest molar ratio of phytate/Fe was observed in control treatment, lower after Fe + Zn application in soil, even lower after application of Fe in soil, while the lowest ratio of phytate/Fe was achieved after Fe and Fe + Zn foliar applications. Also, the highest molar ratio of phytate/Zn was achieved in the control treatment and lower after the Fe + Zn or Zn application in soil, while the lowest ratio of phytate/Zn was achieved after the Zn and Fe+Zn foliar application.

9. PRILOG

Tablica I. Utjecaj sorte po okolinama (Beravci 2011., Beravci 2012., Novi Grad 2011., Novi Grad 2012.) na koncentraciju Fe u zrnu, listu zastavičaru, ostalim listovima i slami

	Koncentracija Fe (mg kg^{-1})			
	Zrno	Ostali listovi	List zastavičar	Slama
Beravci 2011.				
Divana	37,892 b	182,18 b	118,12 ab	12,043 c
Katarina	41,412 ab	**286,90 a**	137,05 ab	**18,088 a**
Srpanjka	**43,708 a**	216,00 b	**149,49 a**	14,971 b
Zdenka	40,294 ab	192,85 b	106,49 b	10,624 c
P	*0,0324*	*<0,0001*	*0,0858*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*3,8828*	*44,298*	*35,761*	*2,0413*
Beravci 2012.				
Divana	**42,619 a**	**105,673 a**	62,887	**14,629 a**
Katarina	33,876 bc	52,022 b	**77,782**	9,236 b
Srpanjka	34,884 b	**98,190 a**	70,824	**14,129 a**
Zdenka	31,30 c	50,962 b	61,721	8,490 b
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,2544*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*2,748*	*15,404*	***ns***	*2,1974*
Novi Grad 2011.				
Divana	43,227 b	129,23 ab	75,48 b	10,6626 b
Katarina	44,630 b	**164,16 a**	90,84 ab	**12,3991 a**
Srpanjka	38,724 b	157,16 ab	**114,62 a**	10,4779 b
Zdenka	**52,995 a**	122,85 b	79,35 ab	10,7744 b
P	0,0038	0,0910	0,1370	0,0442
$LSD_{0,05}$	7,6247	38,36	36,017	1,49
Novi Grad 2012.				
Divana	**65,771 a**	86,89	48,853 c	6,006 c
Katarina	35,772 c	**117,55**	62,675 b	9,768 ab
Srpanjka	41,133 b	93,52	**77,731 a**	**11,820 a**
Zdenka	35,627 c	103,58	57,105 bc	8,142 bc
P	*<0,0001*	*0,3308*	*0,0004*	*0,0008*
$LSD_{0,05}$	*4,2891*	*ns*	*13,245*	*2,7955*

Tablica II. Utjecaj sorte po tretmanima Fe i Zn na koncentraciju Fe u zrnu, listu zastavičaru, ostalim listovima i slami

	Koncentracija Fe (mg kg^{-1})			
	Zrno	Ostali listovi	List zastavičar	Slama
Fe folijarno				
Divana	**52,933a**	151,35a	96,47a	11,708ab
Katarina	44,847a	**211,43a**	136,22a	**15,413a**
Srpanjka	45,135a	177,60a	**143,34a**	13,161ab
Zdenka	45,495a	161,26a	104,12a	10,343b
P	0,3529	0,4864	0,1960	0,1881
$LSD_{0,05}$	ns	ns	ns	4,7877
Fe tlo				
Divana	**48,038a**	122,59a	77,80a	11,057ab
Katarina	39,550a	**159,61a**	84,81a	**12,697a**
Srpanjka	40,242a	139,94a	96,03a	10,328ab
Zdenka	40,144a	113,82a	70,00a	9,573b
P	0,1860	0,6060	0,7103	0,1918
$LSD_{0,05}$	ns	ns	ns	2,9618
Kontrola				
Divana	**43,291a**	91,83a	56,99a	11,482a
Katarina	33,213b	**108,88a**	66,41a	10,254a
Srpanjka	35,970b	102,98a	75,47a	13,120a
Zdenka	35,251b	92,06a	57,62a	9,347a
P	0,0068	0,7964	0,3188	0,2777
$LSD_{0,05}$	5,829	ns	ns	ns
FeZn Folijarno				
Divana	**50,332a**	167,08ab	119,61a	10,716b
Katarina	46,408a	**229,14a**	142,38a	11,408ab
Srpanjka	43,892a	197,52ab	148,11a	**13,073a**
Zdenka	42,182a	158,94b	105,12a	9,616b
P	0,5815	0,1463	0,2148	0,0164
$LSD_{0,05}$	ns	66,394	ns	2,1149
FeZn Tlo				
Divana	**47,084a**	119,39a	64,74a	10,203bc
Katarina	36,783b	**132,33a**	75,45a	**13,708ab**
Srpanjka	39,254ab	133,40a	94,20a	14,815a
Zdenka	40,261ab	95,51a	68,57a	8,922c
P	0,1217	0,5864	0,4514	0,0131
$LSD_{0,05}$	8,791	ns	ns	3,9828
Zn Folijarno				
Divana	**45,615a**	120,03a	59,88a	9,734b
Katarina	35,927b	118,58a	70,38a	11,388ab
Srpanjka	36,804b	119,96a	84,08a	**13,546a**
Zdenka	38,852b	102,31a	66,10a	9,505b
P	0,0056	0,9116	0,3389	0,0687
$LSD_{0,05}$	5,7013	ns	ns	3,3411
Zn tlo				
Divana	**44,349a**	109,71a	58,86a	10,946a
Katarina	35,732b	126,14a	68,94a	11,741a
Srpanjka	35,989b	117,10a	80,93a	11,904a
Zdenka	38,199ab	99,01a	61,62a	9,249a
P	0,0384	0,7454	0,3367	0,3605
$LSD_{0,05}$	6,5457	ns	ns	ns

Tablica III. Utjecaj tretmana Fe i Zn po sortama na koncentraciju Fe u zrnu, listu zastavičaru, ostalim listovima i slami

	Koncentracija Fe (mg kg^{-1})			
	Zrno	Ostali listovi	List zastavičar	Slama
		Divana		
Kontrola	43,291	91,83c	56,99c	11,482
Fe tlo	48,038	122,59bc	77,80bc	11,057
Zn tlo	44,349	109,71bc	58,86c	10,946
Fe+Zn tlo	47,084	119,39bc	64,74c	10,203
Fe folijarno	**52,933**	**151,35ab**	96,47ab	11,708
Zn folijarno	45,615	120,03bc	59,88c	9,734
Fe+Zn folijarno	50,332	**167,08a**	**119,61a**	10,716
P	*0,5387*	*0,0189*	*0,0006*	*0,9275*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*43,277*	*31,403*	*ns*
		Katarina		
Kontrola	33,213b	108,88c	66,41b	10,254b
Fe tlo	39,550ab	159,61abc	84,81b	12,697ab
Zn tlo	35,732b	126,14bc	68,94b	11,741ab
Fe+Zn tlo	36,783b	132,33bc	75,45b	13,708ab
Fe folijarno	**44,847a**	**211,43ab**	**136,22a**	**15,413a**
Zn folijarno	35,927b	118,58c	70,38b	11,388ab
Fe+Zn folijarno	**46,408a**	**229,14a**	**142,38a**	11,408ab
P	*0,0046*	*0,0624*	*<0,0001*	*0,3067*
$LSD_{0,05}$	*7,536*	*92,136*	*38,317*	*4,4112*
		Srpanjka		
Kontrola	35,970b	102,98c	75,47c	13,120ab
Fe tlo	40,242ab	139,94bc	96,03bc	10,328b
Zn tlo	35,989b	117,10c	80,93c	11,904ab
Fe+Zn tlo	39,254ab	133,40bc	94,20bc	**14,815a**
Fe folijarno	**45,135a**	**177,60ab**	**143,34ab**	13,161ab
Zn folijarno	36,804b	119,96c	84,08c	13,546ab
Fe+Zn folijarno	**43,892a**	**197,52a**	**148,11a**	13,073ab
P	*0,0143*	*0,0094*	*0,0184*	*0,3912*
$LSD_{0,05}$	*6,2116*	*55,041*	*51,038*	*3,8311*
		Zdenka		
Kontrola	35,251b	92,06b	57,62b	9,347
Fe tlo	40,144ab	113,82ab	70,00b	9,573
Zn tlo	38,199ab	99,01b	61,62b	9,249
Fe+Zn tlo	40,261ab	95,51b	68,57b	8,922
Fe folijarno	**45,495a**	**161,26a**	**104,12a**	10,343
Zn folijarno	38,852ab	102,31b	66,10b	9,505
Fe+Zn folijarno	42,182ab	**158,94a**	**105,12a**	9,616
P	*0,5094*	*0,0104*	*0,0011*	*0,9051*
$LSD_{0,05}$	*9,6276*	*48,338*	*27,409*	*ns*

Tablica IV. Utjecaj tretmana Fe i Zn po okolinama (Beravci 2011., 2012., Novi Grad 2011., Novi Grad 2012.) na koncentraciju Fe u zrnu, listu zastavičaru, ostalim listovima i slami

	Koncentracija Fe (mg kg^{-1})			
	Zrno	Ostali listovi	List zastavičar	Slama
Beravci 2011.				
Kontrola	35,824b	168,66c	102,50b	15,120a
Fe tlo	39,625b	**247,93ab**	144,25ab	13,209a
Zn tlo	38,568b	191,01bc	109,81b	14,394a
Fe+Zn tlo	38,955b	207,88bc	127,75ab	13,869a
Fe folijarno	**46,361a**	**277,31a**	**162,49a**	**15,122a**
Zn folijarno	39,949b	202,46bc	113,91b	13,812a
Fe+Zn folijarno	**46,505a**	**241,13ab**	133,79ab	11,995a
P	*<0,0001*	*0,0144*	*0,1688*	*0,6035*
$LSD_{0,05}$	*4,5209*	*62,473*	*47,458*	*ns*
Beravci 2012.				
Kontrola	31,860d	57,05c	50,809c	11,690a
Fe tlo	37,231ab	71,77bc	66,790bc	9,892a
Zn tlo	32,403cd	68,94bc	54,011c	11,491a
Fe+Zn tlo	36,763abc	71,98bc	57,222c	12,699a
Fe folijarno	**39,443a**	85,12ab	81,438b	12,159a
Zn folijarno	34,382bcd	72,78bc	54,313c	11,073a
Fe+Zn folijarno	37,610ab	**109,34a**	**113,542a**	12,345a
P	*0,0116*	*0,0111*	*<0,0001*	*0,8017*
$LSD_{0,05}$	*4,6461*	*26,949*	*17,426*	*ns*
Novi Grad 2011.				
Kontrola	38,792c	99,75b	54,94b	9,5638c
Fe tlo	45,511abc	130,78b	59,78b	12,0608ab
Zn tlo	40,986bc	111,44b	54,99b	10,1226c
Fe+Zn tlo	43,345bc	109,73b	60,68b	10,6099bc
Fe folijarno	**53,807a**	209,38a	163,59a	**13,0763a**
Zn folijarno	41,019bc	119,80b	58,16b	11,1800abc
Fe+Zn folijarno	50,800ab	**222,56a**	**178,36a**	10,9363bc
P	*0,0426*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0092*
$LSD_{0,05}$	*10,297*	*36,292*	*25,052*	*1,8979*
Novi Grad 2012.				
Kontrola	41,249a	70,29c	48,235c	7,830a
Fe tlo	45,607a	85,48c	57,823bc	8,495a
Zn tlo	42,312a	80,57c	51,538c	7,832a
Fe+Zn tlo	44,319a	91,03c	57,319bc	10,470a
Fe folijarno	**48,799a**	129,84b	72,638b	10,267a
Zn folijarno	41,848a	65,84c	54,058c	8,109a
Fe+Zn folijarno	47,898a	**179,64a**	**89,527a**	9,537a
P	*0,8003*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,7153*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*35,879*	*16,385*	*ns*

Tablica V. Utjecaj sorte po okolinama (Beravci 2011., 2012.; Novi Grad 2011., 2012.) na koncentraciju Zn u zrnu, listu, zastavičaru i slami

	Koncentracija Zn (mg kg^{-1})			
	Zrno	Ostali listovi	List zastavičar	Slama
		Beravci 2011.		
Divana	**38,199a**	7,829b	8,904	12,030
Katarina	35,838ab	**12,223a**	**11,363**	12,212
Srpanjka	33,701b	5,962b	7,924	12,831
Zdenka	34,298b	8,322b	9,624	11,751
P	*0,0075*	*0,0069*	*0,6493*	*0,8454*
$LSD_{0,05}$	*2,7317*	*3,5504*	*ns*	*ns*
		Beravci 2012.		
Divana	**47,780a**	12,187	11,562b	13,921b
Katarina	30,653c	14,414	14,472ab	12,014bc
Srpanjka	34,548b	**18,606**	**17,349a**	**19,365a**
Zdenka	30,222c	18,132	12,245ab	11,622c
P	*<0,0001*	*0,4508*	*0,1116*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*2,4701*	*ns*	*5,113*	*2,0613*
		Novi Grad 2011.		
Divana	**46,775a**	16,339	9,735b	13,9474bc
Katarina	42,669b	18,718	**17,149a**	**18,0481a**
Srpanjka	33,533d	**21,830**	**16,347a**	13,4170c
Zdenka	39,243c	17,526	10,930ab	15,8426b
P	*<0,0001*	*0,7909*	*0,0441*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*3,1659*	*ns*	*6,2837*	*1,949*
		Novi Grad 2012.		
Divana	**61,639a**	8,942b	6,462c	14,631c
Katarina	33,935c	13,426ab	14,939b	18,430b
Srpanjka	41,086b	**17,027a**	**21,350a**	**24,079a**
Zdenka	36,075c	12,418ab	8,367c	15,199c
P	*<0,0001*	*0,0236*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*2,8851*	*5,1296*	*3,1157*	*2,1632*

Tablica VI. Utjecaj sorte po tretmanima Fe i Zn na koncentractraciju Zn u zrnu, listu, zastavičaru i slami pšenice

	Koncentracija Zn (mg kg^{-1})			
	Zrno	List	List zastavičar	Slama
		Fe folijarno		
Divana	**45,135a**	5,210b	7,707b	12,576ab
Katarina	34,660b	**9,157a**	11,173ab	**15,506a**
Srpanjka	34,026b	**9,323a**	**13,240a**	**15,284a**
Zdenka	32,922b	**7,510a**	7,523b	11,775b
P	<0,0001	0,0012	0,0838	0,0797
$LSD_{0,05}$	4.89	2,1773	5,1563	3,4689
		Fe tlo		
Divana	**46,573a**	6,174b	7,965	13,781
Katarina	33,387b	7,309ab	9,493	13,654
Srpanjka	33,919b	7,741ab	9,466	15,931
Zdenka	33,968b	**8,505a**	7,364	12,732
P	<0,0001	0,1566	0,5374	0,3500
$LSD_{0,05}$	4,7479	2,0549	ns	ns
		Kontrola		
Divana	**43,738a**	5,641c	5,555b	12,502b
Katarina	31,428b	8,218ab	9,316a	13,610ab
Srpanjka	32,947b	**8,614a**	**10,201a**	**16,312a**
Zdenka	31,993b	6,488bc	6,285b	11,885b
P	<0,0001	0,0148	0,0002	0,0435
$LSD_{0,05}$	4,9206	2,0342	2,2517	3,2552
		FeZn folijarno		
Divana	**50,919a**	22,220	14,499b	14,521b
Katarina	38,283b	28,367	23,332ab	16,560ab
Srpanjka	38,283b	33,224	**27,981a**	**19,927a**
Zdenka	37,708b	25,626	15,284b	14,988b
P	<0,0001	0,4129	0,0120	0,0275
$LSD_{0,05}$	5,3655	ns	9,1636	3,8121
		FeZn tlo		
Divana	**49,492a**	7,208	6,385b	12,772b
Katarina	35,473b	9,639	**10,887a**	15,632ab
Srpanjka	36,358b	9,418	**11,791a**	**18,775a**
Zdenka	32,873b	8,328	8,381ab	13,075b
P	<0,0001	0,4713	0,0473	0,0126
$LSD_{0,05}$	5,3342	Ns	4,1302	3,9475
		Zn folijarno		
Divana	**54,551a**	25,704	14,140b	14,334b
Katarina	39,725b	29,995	**25,119a**	14,875ab
Srpanjka	40,178b	33,765	**26,042a**	**18,533a**
Zdenka	38,970b	33,208	18,782ab	15,162ab
P	<0,0001	0,6560	0,0131	0,1624
$LSD_{0,05}$	6,5215	ns	7,9813	4,0492
		Zn tlo		
Divana	**49,780a**	7,113	7,908	14,941
Katarina	37,460b	10,182	12,044	16,394
Srpanjka	34,308b	8,909	11,479	17,200
Zdenka	36,283b	9,031	8,420	15,607
P	< 0,0001	0,3334	0,1819	0,6932
$LSD_{0,05}$	5,9628	ns	ns	ns

Tablica VII. Utjecaj tretmana mikroelementima Fe i Zn po sorti na koncentraciju Zn u zrnu, listu, zastavičaru i slami

	Koncentracija Zn u zrnu (mg kg^{-1})	Koncentracija Zn u listu (mg kg^{-1})	Koncentracija Zn u listu zastavičaru (mg kg^{-1})	Koncentracija Zn slami (mg kg^{-1})
Divana				
Kontrola	43,738b	5,641b	5,555b	12,502
Fe tlo	46,573ab	6,174b	7,965b	13,781
Zn tlo	49,780ab	7,113b	7,908b	14,941
Fe+Zn tlo	49,492ab	7,208b	6,385b	12,772
Fe folijarno	45,135b	5,210b	7,707b	12,576
Zn folijarno	**54,551a**	**25,704a**	**14,140a**	14,334
Fe+Zn folijarno	50,919ab	**22,220a**	**14,499a**	14,521
P	*0,1464*	*<0,0001*	*0,0059*	*0,3382*
$LSD_{0,05}$	*8,1552*	*6,5111*	*5,6198*	*ns*
Katarina				
Kontrola	31,428d	8,218b	9,316b	13,610
Fe tlo	33,387cd	7,309b	9,493b	13,654
Zn tlo	37,460abc	10,182b	12,044b	16,394
Fe+Zn tlo	35,473abcd	9,639b	10,887b	15,632
Fe folijarno	34,660bcd	9,157b	11,173b	15,506
Zn folijarno	**39,725a**	**29,995a**	**25,119a**	14,875
Fe+Zn folijarno	38,283ab	**28,367a**	**23,332a**	16,560
P	*0,0045*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,5359*
$LSD_{0,05}$	*4,4055*	*6,3663*	*5,543*	*ns*
Srpanjka				
Kontrola	32,947b	8,614b	10,201b	16,312
Fe tlo	33,919b	7,741b	9,466b	15,931
Zn tlo	34,308b	8,909b	11,479b	17,200
Fe+Zn tlo	36,358ab	9,418b	11,791b	18,775
Fe folijarno	34,026b	9,323b	13,240b	15,284
Zn folijarno	**40,178a**	**33,765a**	**26,042a**	18,533
Fe+Zn folijarno	**38,283a**	**33,224a**	**27,981a**	19,927
P	*0,0025*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,5155*
$LSD_{0,05}$	*3,8718*	*8,6354*	*6,9238*	*ns*
Zdenka				
Kontrola	31,993d	6,488b	6,285b	11,885b
Fe tlo	33,968bcd	8,505b	7,364b	12,732ab
Zn tlo	36,283abc	9,031b	8,420b	**15,607a**
Fe+Zn tlo	32,873cd	8,328b	8,381b	13,075ab
Fe folijarno	32,922cd	7,510b	7,523b	11,775b
Zn folijarno	**38,970a**	**33,208a**	**18,782a**	**15,162a**
Fe+Zn folijarno	37,708ab	**25,626a**	**15,284a**	**14,988a**
P	*0,0012*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0286*
$LSD_{0,05}$	*3,7421*	*8,8131*	*4,2723*	*2,8754*

Tablica VIII. Utjecaj tretmana Fe i Zn po okolinama (Beravci 2011., 2012.; Novi Grad 2011., 2012.) na koncentraciju Zn u zrnu, listu, zastavičaru i slami

	Koncentracija Zn u zrnu (mg kg^{-1})	Koncentracija Zn u listu (mg kg^{-1})	Koncentracija Zn u listu zastavičaru (mg kg^{-1})	Koncentracija Zn slami (mg kg^{-1})
Beravci 2011.				
Kontrola	31,285c	6,055b	5,688b	12,287
Fe tlo	34,948b	6,216b	8,758ab	10,986
Zn tlo	34,942b	8,090ab	7,797ab	13,546
Fe+Zn tlo	35,275b	8,632ab	7,813ab	12,184
Fe folijarno	34,584b	7,625ab	10,177ab	11,570
Zn folijarno	**40,624a**	**11,926a**	**13,876a**	11,173
Fe+Zn folijarno	36,903b	**11,544a**	12,066ab	13,697
P	*<0,0001*	*0,0950*	*0,3114*	*0,5149*
$LSD_{0,05}$	*3,2968*	*4,8248*	*7,1719*	*ns*
Beravci 2012.				
Kontrola	31,209c	7,300b	9,044b	12,464b
Fe tlo	33,033bc	7,555b	8,541b	12,906ab
Zn tlo	37,866ab	8,546b	12,522b	14,877ab
Fe+Zn tlo	36,631abc	8,267b	8,962b	13,496ab
Fe folijarno	33,366abc	7,138b	9,177b	13,301ab
Zn folijarno	**39,694a**	**39,108a**	**24,213a**	**16,091a**
Fe+Zn folijarno	38,806ab	**32,929a**	**24,890a**	**16,478a**
P	*0,0685*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,1763*
$LSD_{0,05}$	*6,4083*	*6,2024*	*4,1819*	*3,6123*
Novi Grad 2011.				
Kontrola	37,152c	7,624b	6,939b	12,969c
Fe tlo	38,259c	8,229b	7,443b	14,521abc
Zn tlo	40,279bc	8,669b	7,310b	16,174ab
Fe+Zn tlo	38,379c	8,420b	8,631b	**16,557a**
Fe folijarno	37,938c	8,033b	9,245b	13,588bc
Zn folijarno	**47,470a**	**46,000a**	**28,833a**	**17,153a**
Fe+Zn folijarno	44,409ab	**43,248a**	**26,381a**	**16,235ab**
P	*0,0004*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0203*
$LSD_{0,05}$	*5,0823*	*6,1899*	*4,6601*	*2,7738*
Novi Grad 2012.				
Kontrola	40,459	7,982b	9,687b	16,588
Fe tlo	41,607	7,730b	9,547b	17,685
Zn tlo	44,745	9,930b	12,222ab	19,545
Fe+Zn tlo	43,910	9,273b	12,038ab	18,018
Fe folijarno	40,854	8,405b	11,044b	16,682
Zn folijarno	45,636	**25,636a**	**17,160a**	18,487
Fe+Zn folijarno	45,075	**21,717a**	**17,760a**	19,585
P	*0,8944*	*<0,0001*	*0,0274*	*0,6789*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*4,4253*	*5,9551*	*ns*

Tablica IX. Utjecaj sorte po okolini na masu Fe u dijelovima jedne biljke (µg biljci^{-1}), masu Fe u vegetativnim dijelovima biljke i ukupnu masu Fe u nadzemnim dijelovima biljke

	Masa (µg biljci^{-1})				Masa Fe vegetativnih dijelova (µg biljci^{-1})	Ukupna masa Fe nadzemnih dijelova (µg biljci^{-1})
	Zrno	List	Listu Zastavičaru	Slama		
Beravci 2011.						
Divana	49,824b	68,128b	25,413ab	**8,9325a**	102,47b	152,30b
Katarina	**64,639a**	**99,581a**	**30,725a**	**9,0485a**	**139,35a**	**203,99a**
Srpanjka	**62,407a**	62,519b	25,786ab	6,6543b	94,96b	157,37b
Zdenka	57,775ab	77,093b	19,327b	6,5999b	103,02b	160,80b
P	*0,0170*	*0,0003*	*0,0479*	*<0,0001*	*0,0013*	*0,0005*
$LSD_{0,05}$	*9,7155*	*17,421*	*7,9159*	*1,1933*	*23,42*	*26,299*
Novi Grad 2011.						
Divana	42,251b	**31,661a**	12,062b	**10,1964a**	**53,919a**	**96,170a**
Katarina	**51,447a**	17,365c	**19,297a**	4,8161b	41,478b	**92,925a**
Srpanjka	35,794c	24,503b	12,094b	5,3980b	41,996b	77,789b
Zdenka	49,535a	17,587c	13,653b	5,4223b	36,662b	86,197ab
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0039*	*<0,0001*	*0,0007*	*0,0125*
$LSD_{0,05}$	*6,0033*	*4,8973*	*4,3986*	*1,2582*	*8,2698*	*11,658*
Beravci 2012.						
Divana	81,166b	58,021ab	15,975bc	8,6442a	82,64ab	163,81b
Katarina	**98,942a**	**68,849a**	**25,735a**	6,6253b	**101,21a**	**200,15a**
Srpanjka	65,145c	40,076c	22,207ab	4,5862c	66,87b	132,01b
Zdenka	93,035ab	50,527bc	13,136c	6,1405b	69,80b	162,84b
P	0,0003	0,0052	0,0099	< 0,0001	0,0131	0,0013
$LSD_{0,05}$	15,952	15,977	8,0338	1,2849	22,536	32,718
Novi Grad 2012.						
Divana	**94,959a**	41,319ab	7,722b	4,9045	53,945b	**148,90a**
Katarina	68,616b	**55,115a**	**18,988a**	4,8981	**79,001a**	**147,62a**
Srpanjka	47,466c	29,296b	**17,219a**	4,5232	51,038b	98,50b
Zdenka	63,134b	**48,798a**	9,742b	4,398	62,939ab	126,07a
P	*<0,0001*	*0,0219*	*<0,0001*	*0,8651*	*0,0210*	*0,0002*
$LSD_{0,05}$	*8,8436*	*16,956*	*3,8741*	*ns*	*19,126*	*24,114*

Tablica X. Utjecaj sorte po tretmanima Fe i Zn na masu Fe u dijelovima jedne biljke, masu Fe u vegetativnim dijelovima biljke i ukupnu masu Fe u nadzemnim dijelovima biljke

	Masa Fe (µg biljci^{-1})				Masa Fe vegetativnih dijelova (µg biljci^{-1})	Ukupna masa Fe nadzemnih dijelova (µg biljci^{-1})
	Zrnu	Listu	Listu Zastavičaru	Slami		
Fe Folijarno						
Divana	74,66	59,51ab	20,198b	**9,126a**	88,83ab	163,49ab
Katarina	**82,94**	**82,40a**	**37,119a**	8,171ab	**127,69a**	**210,62a**
Srpanjka	65,92	50,33b	27,018ab	5,494b	82,84b	148,76b
Zdenka	77,75	66,91ab	19,564b	6,246ab	92,71ab	170,46ab
P	*0,5431*	*0,2303*	*0,0166*	*0,0540*	*0,1360*	*0,0984*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*31,652*	*11,933*	*2,8868*	*41,243*	*50,526*
Fe Tlo						
Divana	68,896	48,46	17,101	**8,940a**	74,50	143,39ab
Katarina	**72,118**	**63,95**	**20,905**	6,607b	91,46	**163,58a**
Srpanjka	57,117	37,38	17,783	4,413c	59,58	116,69b
Zdenka	62,987	46,29	12,445	5,795bc	64,53	127,52ab
P	*0,3860*	*0,3035*	*0,4082*	*0,0012*	*0,2992*	*0,1575*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*2,1524*	*ns*	*43,083*
Kontrola						
Divana	59,019ab	35,706a	11,345b	**7,886a**	54,938a	113,96ab
Katarina	**61,503a**	**39,032a**	**17,201a**	5,146b	**61,379a**	**122,88a**
Srpanjka	46,158b	29,922a	14,144ab	5,414b	49,481a	95,64b
Zdenka	58,998ab	39,978a	11,494b	5,474b	56,946a	115,94ab
P	*0,1757*	*0,5371*	*0,0429*	*0,0395*	*0,6663*	*0,2044*
LSD$_{0,05}$	*15,064*	*ns*	*4,571*	*2,0962*	*ns*	*26,247*
Fe Zn Folijarno						
Divana	75,97ab	70,57ab	23,575bc	**8,5405a**	102,68ab	178,65ab
Katarina	**86,61a**	**90,47a**	**36,674a**	6,0079b	**133,15a**	**219,76a**
Srpanjka	58,16b	53,83b	28,856ab	5,2087b	87,89b	146,05b
Zdenka	70,00ab	61,14ab	17,986c	5,7601b	84,89b	154,89b
P	*0,2086*	*0,0890*	*0,0089*	*<0,0001*	*0,0177*	*0,0253*
LSD$_{0,05}$	*26,952*	*29,734*	*10,845*	*1,3641*	*32,543*	*50,807*
FeZn tlo						
Divana	64,340a	47,44	12,210	**7,570a**	67,22	131,56
Katarina	**66,950a**	**50,16**	**18,302**	**7,131a**	75,59	**142,54**
Srpanjka	50,444a	37,20	16,758	6,312ab	60,27	110,72
Zdenka	62,083a	43,17	13,629	4,958b	61,76	123,84
P	*0,2920*	*0,6352*	*0,2989*	*0,0810*	*0,6930*	*0,2954*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*2,1147*	*ns*	*ns*
Zn Folijarno						
Divana	63,020a	44,27	10,954c	7,2886a	62,51	125,53
Katarina	60,726ab	46,54	17,699a	5,4474ab	69,69	**130,41**
Srpanjka	46,256b	34,52	16,757ab	5,3927b	56,67	102,92
Zdenka	**64,284a**	40,33	11,648bc	5,6115ab	57,59	121,88
P	*0,1237*	*0,7326*	*0,0442*	*0,1363*	*0,7692*	*0,3890*
LSD$_{0,05}$	*16,692*	*ns*	*5,7579*	*1,854*	*ns*	*ns*
Zn Tlo						
Divana	63,444a	42,531a	11,669b	**7,8338a**	62,03	125,48a
Katarina	**65,532a**	**49,045a**	**17,901a**	5,9192b	72,87	**138,40a**
Srpanjka	44,869b	30,506a	13,969ab	4,7984b	49,27	94,14b
Zdenka	64,985a	41,688a	10,986b	5,6386b	58,31	123,30a
P	*0,0510*	*0,3116*	*0,0297*	*0,0173*	*0,2624*	*0,0223*
LSD$_{0,05}$	*16,921*	*ns*	*4,9111*	*1,8855*	*ns*	*28,342*

Tablica XI. Utjecaj tretmana Fe i Zn po sortama na masu Fe u dijelovima jedne biljke, masu Fe u vegetativnim dijelovima i ukupnu masu Fe u nadzemnim dijelovima biljke

	Masa Fe (μg biljci^{-1})				Masa Fe vegetativnih dijelova (μg biljci^{-1})	Ukupna masa Fe nadzemnih dijelova (μg biljci^{-1})
	Zrnu	Listu	Listu zastavičaru	Slami		
			Divana			
Kontrola	59,02	35,706c	11,345b	7,886	54,94c	113,96c
Fe tlo	68,90	48,457bc	17,101ab	8,940	74,50bc	143,39bc
Zn tlo	63,44	42,531bc	11,669b	7,834	62,03c	125,48c
Fe+Zn tlo	64,34	47,439bc	12,210b	7,570	67,22bc	131,56c
Fe folijarno	**74,66**	59,507ab	**20,198a**	**9,126**	88,83ab	163,49ab
Zn folijarno	63,02	44,268bc	10,954b	7,289	62,51c	125,53c
Fe+Zn folijarno	**75,97**	**70,565a**	**23,575a**	8,541	**102,68a**	**178,65a**
P	*0,6184*	*0,0162*	*0,0071*	*0,7202*	*0,0034*	*0,0007*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*19,61*	*7,9224*	*ns*	*25,147*	*30,992*
			Katarina			
Kontrola	61,50b	39,03c	17,201b	5,146b	61,38b	122,88c
Fe tlo	72,12ab	63,95abc	20,905b	6,607ab	91,46ab	163,58bc
Zn tlo	65,53ab	49,05bc	17,901b	5,919ab	72,87b	138,40c
Fe+Zn tlo	66,95ab	50,16bc	18,302b	7,131ab	75,59b	142,54c
Fe folijarno	82,94ab	82,40ab	**37,119a**	**8,171a**	**127,69a**	**210,62ab**
Zn folijarno	60,73b	46,54c	17,699b	5,447b	69,69b	130,41c
Fe+Zn folijarno	**86,61a**	**90,47a**	36,674a	6,008ab	**133,15a**	**219,76a**
P	*0,1442*	*0,0378*	*<0,0001*	*0,1798*	*0,0030*	*0,0011*
LSD$_{0,05}$	*22,434*	*35,73*	*9,3376*	*2,3806*	*42,578*	*53,757*
			Srpanjka			
Kontrola	46,158b	29,922c	14,144c	5,4139ab	49,48c	95,64b
Fe tlo	57,117ab	37,379abc	17,783bc	4,4133b	59,58bc	116,69ab
Zn tlo	44,869b	30,506c	13,969c	4,7984ab	49,27c	94,14b
Fe+Zn tlo	50,444b	37,202abc	16,758c	**6,3121a**	60,27bc	110,72b
Fe folijarno	**65,917a**	50,332ab	27,018ab	5,4939ab	82,84ab	148,76a
Zn folijarno	46,256b	34,519bc	16,757c	5,3927ab	56,67c	102,92b
Fe+Zn folijarno	58,161ab	**53,828a**	**28,856a**	5,2087ab	**87,89a**	**146,05a**
P	*0,0518*	*0,0276*	*0,0092*	*0,4283*	*0,0084*	*0,0023*
LSD$_{0,05}$	*15,003*	*16,629*	*9,7248*	*1,6732*	*24,652*	*32,717*
			Zdenka			
Kontrola	58,998	39,98c	11,494c	5,4745	56,95c	115,94c
Fe tlo	62,987	46,29abc	12,445c	5,7946	64,53bc	127,52bc
Zn tlo	64,985	41,69bc	10,986c	5,6386	58,31c	123,30bc
Fe+Zn tlo	62,083	43,17bc	13,629bc	4,9575	61,76bc	123,84bc
Fe folijarno	**77,745**	**66,91a**	**19,564a**	**6,2460**	**92,71a**	**170,46a**
Zn folijarno	64,284	40,33bc	11,648c	5,6115	57,59c	121,88c
Fe+Zn folijarno	70,004	61,14ab	17,986ab	5,7601	84,89ab	154,89ab
P	*0,5773*	*0,0605*	*0,0062*	*0,7798*	*0.0153*	*0,0101*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*21,153*	*5,317*	*ns*	*24,372*	*32,953*

Tablica XII. Utjecaj tretmana Fe i Zn po okolinama na masu Fe u zrnu, listu, zastavičaru i slami, te masu Fe i Zn u vegetativnom dijelu biljke i ukupnu masu Fe

	Masa Fe (µg biljci^{-1})				Masa Fe vegetativnih dijelova (µg biljci^{-1})	Ukupna masa Fe nadzemnih dijelova (µg biljci^{-1})
	Zrnu	Listu	Listu Zastavičaru	Slami		
Beravci 2011.						
Kontrola	53,490bc	58,65c	20,164b	8,2845	87,10c	140,59c
Fe tlo	59,170abc	84,94ab	29,313ab	7,6926	121,94ab	181,11ab
Zn tlo	49,966c	66,55bc	20,695b	7,5665	94,81bc	144,78c
Fe+Zn tlo	58,527abc	71,34bc	24,218ab	7,8839	103,44bc	161,97bc
Fe folijarno	**71,015a**	**99,94a**	**33,472a**	**8,8580**	**142,27a**	**213,28a**
Zn folijarno	53,913bc	74,54bc	23,365ab	7,3314	105,24bc	159,15bc
Fe+Zn folijarno	64,547ab	81,85abc	25,961ab	7,0445	114,85abc	179,40ab
P	*0,0271*	*0,0300*	*0,1572*	*0,5217*	*0,0209*	*0,0010*
$LSD_{0,05}$	*12,761*	*24,154*	*10,576*	*ns*	*31,696*	*34,347*
Novi Grad 2011.						
Kontrola	37,322d	17,173c	10,499c	6,077	33,748d	71,071d
Fe tlo	49,359abc	19,496bc	13,204bc	5,484	38,185cd	87,544c
Zn tlo	41,125cd	19,023bc	10,659c	6,563	36,245cd	77,370cd
Fe+Zn tlo	42,295bcd	26,130ab	12,025c	7,161	45,316bc	87,611c
Fe folijarno	**51,210a**	24,896ab	17,952b	**7,170**	50,018b	101,228b
Zn folijarno	41,389cd	20,865bc	11,275c	5,867	38,006cd	79,396cd
Fe+Zn folijarno	50,596ab	**31,870a**	**24,322a**	6,886	**63,077a**	**113,673a**
P	*0,0068*	*0,0015*	*<0,0001*	*0,7451*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*8,6355*	*7,2282*	*5,0403*	*ns*	*9,3921*	*12,185*
Beravci 2012.						
Kontrola	74,77b	38,011b	11,770b	5,4866b	55,27b	130,04b
Fe tlo	84,92ab	54,977b	14,109b	**8,1850a**	77,27b	162,20b
Zn tlo	78,21ab	41,021b	11,677b	6,0069b	58,70b	136,92b
Fe+Zn tlo	77,63ab	42,467b	12,463b	5,6260b	60,56b	138,19b
Fe folijarno	**99,86a**	**79,404a**	**35,613a**	7,3274ab	**122,34a**	**222,21a**
Zn folijarno	80,99ab	44,230b	12,085b	6,5229ab	62,84b	143,83b
Fe+Zn folijarno	95,61ab	**80,468a**	**37,126a**	6,3387ab	**123,93a**	**219,54a**
P	*0,2298*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0966*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*22,945*	*18,399*	*7,0999*	*1,9863*	*22,215*	*37,376*
Novi Grad 2012.						
Kontrola	60,096b	30,806c	11,751bc	4,0729	46,63c	106,73c
Fe tlo	67,666ab	36,668bc	11,609bc	4,3932	52,67c	120,34c
Zn tlo	69,526ab	37,175bc	11,493bc	4,0538	52,72c	122,25c
Fe+Zn tlo	65,361ab	38,031bc	12,192bc	5,2993	55,52c	120,88c
Fe folijarno	**79,166a**	54,901b	16,861ab	5,6819	77,44b	156,61b
Zn folijarno	57,994b	26,022c	10,333c	4,0192	40,37c	98,37c
Fe+Zn folijarno	**79,997a**	**81,821a**	**19,683a**	**5,2479**	**106,75a**	**186,75a**
P	*0,0950*	*<0,0001*	*0,0234*	*0,3879*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*17,559*	*19,112*	*6,0329*	*ns*	*2,64*	*27,796*

Tablica XIII. Utjecaj sorte po okolinama (Beravci 2011., Beravci 2012., Novi Grad 2011., Novi grad 2012.) na postotak ukupne mase Fe u dijelovima jedne biljke i postotak ukupne mase Fe u nadzemnim vegetativnim dijelovima (%)

	Postotak ukupne mase Fe (%)				Postotak ukupne mase Fe u nadzemnim Vegetativnim dijelovima (%)
	Zrnu	Ostalom Listu	Listu zastavičaru	Slami	
Beravci 2011.					
Divana	33,184b	44,392a	**16,403a**	**6,0208a**	66,816a
Katarina	33,152b	**47,560a**	14,726ab	4,5630b	**66,848a**
Srpanjka	**40,616a**	39,168b	15,729a	4,4862b	59,384b
Zdenka	36,479ab	47,367a	11,925b	4,2287b	63,521ab
P	*0,0130*	*0,0014*	*0,0220*	*0,0001*	*0,0130*
$LSD_{0,05}$	*5,0908*	*4,6107*	*3,0142*	*0,8213*	*5,0908*
Beravci 2012.					
Divana	43,820b	**32,526a**	12,662c	**10,9923a**	**56,180a**
Katarina	**56,609a**	18,526b	**19,490a**	5,3751c	43,391b
Srpanjka	45,869b	31,625a	15,447bc	7,0592b	54,131a
Zdenka	**57,929a**	20,112b	15,694b	6,2652bc	42,071b
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0002*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*5,0356*	*3,8946*	*2,8757*	*1,5491*	*5,0356*
Novi Grad 2011.					
Divana	52,192ab	33,239	9,082c	**5,4869a**	47,808ab
Katarina	50,690b	**33,402**	12,376b	3,5324b	49,310a
Srpanjka	50,723b	29,936	**15,701a**	3,6391b	49,277a
Zdenka	**57,146a**	31,029	7,959c	3,8659b	42,854b
P	0,1259	0,3944	<0,0001	<0,0001	0,1259
$LSD_{0,05}$	6,131	ns	3,0024	0,7878	6,131
Novi Grad 2012.					
Divana	**64,800a**	26,594b	5,262d	3,3445b	35,200b
Katarina	48,993b	34,502a	13,018b	3,4872b	51,007a
Srpanjka	48,944b	29,032b	**17,286a**	**4,7381a**	51,056a
Zdenka	50,632b	**38,103a**	7,649c	3,6153b	49,368a
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0319*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*5,0363*	*5,1304*	*2,2495*	*1,0214*	*5,0363*

Tablica XIV. Utjecaj sorte po tretmanima Fe i Zn na postotak ukupne mase Fe u dijelovima jedne biljke (%)i % ukupne mase Fe

	Postotak ukupne mase Fe (%)				Postotak ukupne mase Fe u nadzemnim vegetativnim dijelovima (%)
	Zrnu	Ostalom Listu	Listu zastavičaru	Slami	
Fe folijarno					
Divana	46,418	35,196	12,061b	**6,325a**	53,582
Katarina	42,773	35,657	**17,586a**	3,984b	57,227
Srpanjka	45,465	32,619	**17,696a**	4,221ab	54,535
Zdenka	46,117	37,812	12,165b	3,906b	53,883
P	0,8723	0,7233	0,0261	0,0877	0,8723
$LSD_{0,05}$	ns	Ns	4,9404	2,1522	ns
Fe tlo					
Divana	48,324	33,148	12,143	**6,3851a**	51,676
Katarina	48,188	33,780	13,840	4,1927b	51,812
Srpanjka	51,662	30,216	13,945	4,1772b	48,338
Zdenka	51,685	33,960	9,539	4,8161b	48,315
P	0,8495	0,8495	0,2884	0,0093	0,8495
$LSD_{0,05}$	ns	ns	ns	1,4225	ns
Kontrola					
Divana	51,471	30,321	10,165b	**8,043a**	48,529
Katarina	51,844	29,401	**14,417a**	4,338b	48,156
Srpanjka	48,927	30,740	**14,909a**	5,425b	51,073
Zdenka	51,379	33,234	10,440b	4,948b	48,621
P	0,8975	0,7602	0,0043	0,0276	0,8975
$LSD_{0,05}$	ns	ns	3,2062	2,5437	ns
Fe Zn folijarno					
Divana	42,342	38,635	13,734ab	**5,2896a**	57,658
Katarina	39,248	39,221	**18,376a**	3,1543b	60,752
Srpanjka	39,646	37,172	**19,426a**	3,7563b	60,354
Zdenka	45,971	37,569	12,462b	3,9982ab	54,029
P	0,1846	0,9564	0,0558	0,0304	0,1846
$LSD_{0,05}$	ns	ns	5,9048	1,4212	ns
Fe Zn tlo					
Divana	48,727	35,610	9,641b	6,022	51,273
Katarina	49,908	32,534	12,378ab	5,180	50,092
Srpanjka	45,610	32,948	**15,145a**	6,297	54,390
Zdenka	50,800	33,580	11,324b	4,296	49,200
P	0,8069	0,9142	0,0118	0,2091	0,8069
$LSD_{0,05}$	ns	ns	3,247	ns	ns
Zn folijarno					
Divana	51,221	33,801	8,850b	**6,1276a**	48,779
Katarina	49,514	32,086	**14,196a**	4,2035b	50,486
Srpanjka	46,829	31,189	**16,320a**	5,6631ab	53,171
Zdenka	53,980	31,010	10,264b	4,7456ab	46,020
P	0,5951	0,9424	0,0009	0,1061	0,5951
$LSD_{0,05}$	ns	ns	3,8353	1,6875	ns
Zn tlo					
Divana	50,989	32,604	9,372b	**7,035a**	49,011
Katarina	50,052	31,802	**13,523a**	4,623b	49,948
Srpanjka	47,629	32,200	**14,846a**	5,325ab	52,371
Zdenka	53,895	31,904	9,454b	4,747ab	46,105
P	0,7096	0,9984	0,0053	0,1420	0,7096
$LSD_{0,05}$	ns	ns	3,6337	2,2921	ns

Tablica XV. Utjecaj tretmana Fe i Zn po sortama na postotak ukupne mase Fe u dijelovima jedne biljke (%) i % ukupne mase Fe

	Postotak ukupne mase Fe (%)				Postotak ukupne mase Fe u nadzemnim Vegetativnim dijelovima (%)
	Zrnu	Ostalom listu	Listu zastavičaru	Slami	
Divana					
Kontrola	51,471	30,321	10,165ab	8,043	48,529
Fe tlo	48,324	33,148	12,143ab	6,385	51,676
Zn tlo	50,989	32,604	9,372ab	7,035	49,011
Fe+Zn tlo	48,727	35,610	9,641ab	6,022	51,273
Fe folijarno	46,418	35,196	12,061ab	6,325	53,582
Zn folijarno	51,221	33,801	8,850b	6,128	48,779
Fe+Zn folijarno	42,342	38,635	**13,734a**	5,290	57,658
P	*0,7187*	*0,5884*	*0,2933*	*0,6638*	*0,7187*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*4,5587*	*ns*	*ns*
Katarina					
Kontrola	**51,844a**	29,401	14,417abc	4,3380ab	48,156b
Fe tlo	48,188ab	33,780	13,840bc	4,1927ab	51,812ab
Zn tlo	**50,052a**	31,802	13,523bc	**4,6233a**	49,948b
Fe+Zn tlo	**49,908a**	32,534	12,378c	**5,1800a**	50,092b
Fe folijarno	42,773ab	35,657	17,586ab	3,9840ab	57,227ab
Zn folijarno	**49,514a**	32,086	14,196abc	4,2035ab	50,486b
Fe+Zn folijarno	39,248b	39,221	**18,376a**	3,1543b	**60,752a**
P	*0,1163*	*0,6623*	*0,0673*	*0,1281*	*0,1163*
$LSD_{0,05}$	*9,6985*	*ns*	*4,341*	*1,3268*	*9,6985*
Srpanjka					
Kontrola	**48,927a**	30,740ab	14,909ab	5,4248abc	51,073b
Fe tlo	**51,662a**	30,216b	13,945b	4,1772bc	48,338b
Zn tlo	47,629ab	32,200ab	14,846ab	5,3253abc	52,371ab
Fe+Zn tlo	45,610ab	32,948ab	15,145ab	**6,2972a**	54,390ab
Fe folijarno	45,465ab	32,619ab	17,696ab	4,2208bc	54,535ab
Zn folijarno	46,829ab	31,189ab	16,320ab	5,6631ab	53,171ab
Fe+Zn folijarno	39,646b	**37,172a**	**19,426a**	3,7563c	**60,354a**
P	*0,1588*	*0,4463*	*0,2295*	*0,0490*	*0,1588*
$LSD_{0,05}$	*8,2703*	*6,5932*	*4,5925*	*1,762*	*8,2703*
Zdenka					
Kontrola	51,379	33,234	10,440	4,9477	48,621
Fe tlo	51,685	33,960	9,539	4,8161	48,315
Zn tlo	53,895	31,904	9,454	4,7473	46,105
Fe+Zn tlo	50,800	33,580	11,324	4,2958	49,200
Fe folijarno	46,117	37,812	12,165	3,9056	53,883
Zn folijarno	53,980	31,010	10,264	4,7456	46,020
Fe+Zn folijarno	45,971	37,569	12,462	3,9982	54,029
P	*0,4252*	*0,7593*	*0,5715*	*0,5431*	*0,4252*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*

Tablica XVI. Utjecaj tretmana Fe i Zn po okolinama na postotak mase Fe u dijelovima jedne biljke (%) i % ukupne mase Fe

	Postotak ukupne mase Fe (%)				Postotak ukupne mase Fe u nadzemnim vegetativnim dijelovima
	Zrnu	Ostalom listu	Listu zastavičaru	Slami	
Beravci 2011.					
Kontrola	38,373	41,444	14,218	5,9654a	61,627
Fe tlo	34,196	45,470	15,901	4,4332bc	65,804
Zn tlo	35,193	45,081	14,404	5,3220ab	64,807
Fe+Zn tlo	38,012	42,597	14,411	4,9797abc	61,988
Fe folijarno	34,957	45,675	15,034	4,3341bc	65,043
Zn folijarno	34,363	46,405	14,561	4,6707bc	65,637
Fe+Zn folijarno	35,910	45,680	14,343	4,0678c	64,090
P	*0,8524*	*0,7256*	*0,9883*	*0,0254*	*0,8524*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*1,1484*	*ns*
Beravci 2012.					
Kontrola	52,384abc	24,223ab	14,799b	8,594	47,616abc
Fe tlo	**56,639a**	22,412b	14,753b	6,195	43,361c
Zn tlo	52,731ab	24,940ab	13,956b	8,372	47,269bc
Fe+Zn tlo	47,833bc	**29,761a**	14,221b	8,185	52,167ab
Fe folijarno	50,603abc	25,084ab	17,098ab	7,216	49,397abc
Zn folijarno	52,613abc	25,172ab	14,932b	7,282	47,387abc
Fe+Zn folijarno	44,593c	28,290ab	**21,001a**	6,116	**55,407a**
P	*0,1031*	*0,4808*	*0,0073*	*0,3426*	*0,1031*
$LSD_{0,05}$	*8,0743*	*7,3066*	*3,9302*	*ns*	*8,0743*
Novi Grad 2011.					
Kontrola	**57,435a**	28,989c	9,308b	4,2692ab	42,565b
Fe tlo	**53,397a**	32,586abc	8,834b	**5,1836a**	46,603b
Zn tlo	**57,776a**	29,072c	8,728b	**4,4240a**	42,224b
Fe+Zn tlo	**56,248a**	30,426bc	9,180b	4,1461ab	43,752b
Fe folijarno	44,652b	35,567ab	16,500a	3,2813bc	**55,348a**
Zn folijarno	**56,591a**	29,848bc	8,943b	**4,6177a**	43,409b
Fe+Zn folijarno	42,715b	**36,825a**	**17,464a**	2,9956c	**57,285a**
P	*<0,0001*	*0,0517*	*<0,0001*	*0,0026*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*6,9759*	*6,054*	*3,6824*	*1,107*	*6,9759*
Novi Grad 2012.					
Kontrola	**55,429a**	29,040bc	11,607	3,9252ab	44,571b
Fe tlo	**55,626a**	30,636bc	9,979	3,7591ab	44,374b
Zn tlo	**56,864a**	29,417bc	10,106	3,6128ab	43,136b
Fe+Zn tlo	**52,951a**	31,888bc	10,676	**4,4848a**	47,049b
Fe folijarno	**50,562ab**	34,958ab	10,876	3,6039ab	49,438ab
Zn folijarno	**57,976a**	26,661c	11,194	4,1692ab	42,024b
Fe+Zn folijarno	43,989b	**41,803a**	11,189	3,0190b	**56,011a**
P	*0,0139*	*0,0010*	*0,9945*	*0,5211*	*0,0139*
$LSD_{0,05}$	*7,9848*	*6,8624*	*ns*	*1,4087*	*7,9848*

Tablica XVII. Utjecaj sorte po okolinama na masu Zn u dijelovima jedne biljke, masu Zn u vegetativnim dijelovima biljke i ukupnu masu Zn u nadzemnim dijelovima biljke (µg biljci^{-1})

	Masa Zn (µg biljci^{-1})				Masa Zn vegetativnih dijelova (µg biljci^{-1})	Ukupna masa Zn nadzemnih dijelova (µg biljci^{-1})
	Zrno	Ostali list	List zastavičar	Slama		
Beravci 2011.						
Divana	**50,133ab**	2,8987bc	1,8992ab	**8,9379a**	**13,736a**	63,869ab
Katarina	**55,752a**	**4,2508a**	**2,6178a**	6,1842b	13,053a	**68,805a**
Srpanjka	48,054b	1,7417c	1,3822b	5,8284b	8,952b	57,006b
Zdenka	48,609b	**3,3232ab**	1,6821ab	7,3752ab	12,381a	60,990ab
P	*0,1025*	*0,0028*	*0,1890*	*0,0010*	*0,0158*	*0,0412*
LSD$_{0,05}$	*6,7856*	*1,2968*	*1,16*	*1,6136*	*3,1261*	*8,2414*
Beravci 2012.						
Divana	**47,103a**	3,593	2,2161b	**9,7361a**	15,545	62,648a
Katarina	**46,763a**	4,882	**3,6090a**	6,2733b	14,7	61,528a
Srpanjka	35,508b	4,523	2,9675ab	7,3555b	14,846	50,354b
Zdenka	**48,063a**	**6,347**	2,7102ab	7,3562b	16,413	**64,476a**
P	*0,0001*	*0,2924*	*0,0923*	*<0,0001*	*0,8774*	*0,0084*
LSD$_{0,05}$	*5,9807*	*ns*	*1,0956*	*1,218*	*ns*	*8,7888*
Novi Grad 2011.						
Divana	**88,22a**	7,296	1,9524bc	**11,0761a**	20,325ab	**108,551a**
Katarina	**94,661a**	**7,460**	**4,7937a**	9,6098ab	**21,863a**	**116,524a**
Srpanjka	55,991c	5,656	3,2542b	5,9110c	14,821b	70,812c
Zdenka	69,792b	6,994	1,8247c	8,8422b	17,661ab	87,453b
P	<0,0001	0,8230	0,0001	< 0,0001	0,1031	<0,0001
LSD$_{0,05}$	8,8978	ns	1,3831	1,4748	5,9732	13,352
Novi Grad 2012.						
Divana	**89,536a**	4,123	1,0092b	**11,9151a**	17,048ab	**106,584a**
Katarina	64,644b	**6,156**	**4,4030a**	9,0170b	**19,576a**	84,220b
Srpanjka	47,264c	5,498	**4,7345a**	9,2188b	**19,451a**	66,715c
Zdenka	63,726b	5,684	1,3817b	8,2130b	15,279b	79,005b
P	*<0,0001*	*0,2868*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0234*	*<0,0001*
LSD$_{0,05}$	*7,3999*	*ns*	*0,82*	*1,157*	*3,1813*	*8,9149*

Tablica XVIII. Utjecaj sorte po tretmanima Fe i Zn na masu Zn u dijelovima jedne biljke, masu Zn u vegetativnim dijelovima biljke i ukupnu masu Zn u nadzemnim dijelovima biljke (μg biljci^{-1})

	Masa Zn (μg biljci^{-1})				Masa Zn vegetativnih dijelova (μg biljci^{-1})	Ukupna masa Zn nadzemnih dijelova (μg biljci^{-1})
	Zrno	Ostali Listu	List zastavičar	Slama		
Fe folijarno						
Divana	**62,301a**	2,0451b	1,6133b	**9,7556a**	13,414ab	75,715a
Katarina	**65,091a**	**3,5154a**	**3,1692a**	8,0699ab	**14,755a**	**79,846a**
Srpanjka	48,025b	2,6605ab	2,6198ab	6,3213c	11,602b	59,626b
Zdenka	55,544ab	3,0840a	1,4461b	6,9465bc	11,477b	67,020ab
P	*0,0491*	*0,0136*	*0,0326*	*0,0014*	*0,1253*	*0,0226*
LSD$_{0,05}$	*12,9*	*0,8961*	*1,3114*	*1,7288*	*3,1481*	*13,727*
Fe tlo						
Divana	**67,606a**	2,3717bc	1,692ab	**10,849a**	**14,913a**	82,519a
Katarina	61,045ab	3,1895ab	**2,4874a**	7,177b	12,854ab	73,899ab
Srpanjka	47,598b	1,9488c	1,7262ab	6,710b	10,385b	57,983b
Zdenka	54,402ab	3,5321a	1,3224b	7,589b	12,443ab	66,846ab
P	*0,0595*	*0,0144*	*0,0997*	*0,0007*	*0,0658*	*0,0319*
LSD$_{0,05}$	*15,03*	*1,0471*	*0,9365*	*2,0475*	*3,2959*	*16,571*
Kontrola						
Divana	**59,882a**	2,1384	1,0555b	**9,0176a**	**12,212**	**72,093a**
Katarina	**58,462a**	3,0278	**2,5786a**	6,8073b	12,414	70,876a
Srpanjka	41,881b	2,5883	**2,0813a**	6,4683b	11,138	53,019b
Zdenka	53,363ab	2,8038	1,2789b	6,8990b	10,982	64,345ab
P	0,0576	0,2459	0,0003	0,0138	0,5686	0,0649
LSD$_{0,05}$	14,192	ns	0,7224	1,6622	ns	15,472
Fe Zn folijarno						
Divana	**77,142a**	9,660	2,7680b	**11,792a**	24,220	**101,36a**
Katarina	**71,056a**	10,808	**6,1270a**	8,713b	**25,647**	**96,70a**
Srpanjka	50,780b	8,585	**5,3812a**	7,779b	21,745	72,52b
Zdenka	63,028ab	10,103	2,7919b	8,948b	21,843	84,87ab
P	*0,0097*	*0,8493*	*0,0012*	*0,0018*	*0,6752*	*0,0365*
LSD$_{0,05}$	*15,682*	*ns*	*1,9867*	*2,0286*	*ns*	*20,931*
Fe Zn Tlo						
Divana	**68,372a**	2,9074	1,1984c	**9,904a**	14,010	**82,382a**
Katarina	64,595ab	3,7790	**2,9090a**	7,961ab	14,649	**79,245a**
Srpanjka	46,053c	2,6052	2,2810ab	8,120ab	13,006	59,059b
Zdenka	50,401bc	3,7122	1,6064bc	7,063b	12,382	62,782b
P	0,0064	0,1843	0,0095	0,1059	0,6427	0,0113
LSD$_{0,05}$	14,24	ns	1,0341	2,3051	ns	16,308
Zn Folijarno						
Divana	**75,368a**	9,569	2,5483b	**10,694a**	22,812	**98,18a**
Katarina	69,093ab	11,521	**6,4891a**	7,214b	**25,224**	94,32ab
Srpanjka	50,289b	9,510	**5,3023a**	7,382b	22,194	72,48b
Zdenka	63,574ab	12,291	3,3211b	8,674ab	24,285	87,86ab
P	0,0807	0,6091	0,0004	0,0079	0,8536	0,1561
LSD$_{0,05}$	19,649	ns	1,8791	2,1645	ns	23,86
Zn tlo						
Divana	**70,575a**	2,6538b	1,5087b	**10,901a**	15,064ab	**85,639a**
Katarina	**68,842a**	**3,9704a**	**3,2308a**	8,456bc	**15,657a**	**84,499a**
Srpanjka	42,303b	2,5852b	2,2006ab	6,769c	11,554b	53,857b
Zdenka	62,521a	3,5833ab	1,5307b	9,507ab	14,621ab	77,143a
P	0,0063	0,0951	0,0109	0,0062	0,1302	0,0048
LSD$_{0,05}$	17,077	1,3038	1,1273	2,2888	3,7023	18,948

Tablica XIX. Utjecaj tretmana Fe i Zn po sorti na masu Zn u dijelovima biljke, masu Zn u vegetativnim dijelovima biljke i ukupnu masu Zn u nadzemnim dijelovima biljke (μg biljci^{-1})

	Masa Zn (μg biljci^{-1})				Masa Zn vegetativnih dijelova (μg biljci^{-1})	Ukupna masa Zn nadzemnih dijelova (μg biljci^{-1})
	Zrno	Ostali list	List zastavičar	Slama		
			Divana			
Kontrola	59,88	2,138b	1,0555c	9,018b	12,212b	72,09c
Fe tlo	67,61	2,372b	1,6925abc	10,849ab	14,913b	82,52abc
Zn tlo	**70,58**	2,654b	1,5087bc	10,901ab	15,064b	85,64abc
Fe+Zn tlo	68,37	2,907b	1,1984c	9,904ab	14,010b	82,38abc
Fe folijarno	62,30	2,045b	1,6133abc	9,756ab	13,414b	75,71bc
Zn folijarno	**75,37**	**9,569a**	2,5483ab	10,694ab	**22,812a**	98,18ab
Fe+Zn folijarn	**77,14**	**9,660a**	**2,7680a**	**11,792a**	**24,220a**	**101,36a**
P	*0,5755*	*<0,0001*	*0,0463*	*0,3028*	*<0,0001*	*0,1095*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*3,168*	*1,2187*	*2,3338*	*5,1502*	*22,756*
			Katarina			
Kontrola	58,462	3,028b	2,5786b	6,8073	12,414b	70,88c
Fe tlo	61,045	3,190b	2,4874b	7,1767	12,854b	73,90bc
Zn tlo	68,842	3,970b	3,2308b	**8,4558**	15,657b	84,50abc
Fe+Zn tlo	64,595	3,779b	2,9090b	7,9614	14,649b	79,24abc
Fe folijarno	65,091	3,515b	3,1692b	8,0699	14,755b	79,85abc
Zn folijarno	69,093	**11,521a**	**6,4891a**	7,2136	**25,224a**	**94,32ab**
Fe+Zn folijarn	**71,056**	**10,808a**	**6,1270a**	**8,7125**	**25,647a**	**96,70a**
P	*0,806*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,3761*	*<0,0001*	*0,1476*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*2,4066*	*1,5522*	*ns*	*4,9397*	*21,466*
			Srpanjka			
Kontrola	41,881	2,588b	2,0813b	6,4683	11,138b	53,019b
Fe tlo	47,598	1,949b	1,7262b	6,7102	10,385b	57,983b
Zn tlo	42,303	2,585b	2,2006b	6,7685	11,554b	53,857b
Fe+Zn tlo	46,053	2,605b	2,2810b	**8,1202**	13,006b	59,059b
Fe folijarno	48,025	2,660b	2,6198b	6,3213	11,602b	59,626b
Zn folijarno	50,289	**9,510a**	**5,3023a**	7,3818	**22,194a**	**72,483a**
Fe+Zn folijarn	50,780	**8,585a**	**5,3812a**	7,7787	**21,745a**	**72,524a**
P	*0,3793*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,4643*	*<0,0001*	*0,0014*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*2,3377*	*1,596*	*ns*	*4,8366*	*11,34*
			Zdenka			
Kontrola	53,363ab	2,804b	1,2789b	6,8990c	10,982b	64,345bc
Fe tlo	54,402ab	3,532b	1,3224b	7,5887bc	12,443b	66,846bc
Zn tlo	**62,521a**	3,583b	1,5307b	**9,5072a**	14,621b	77,143ab
Fe+Zn tlo	50,401b	3,712b	1,6064b	7,0632c	12,382b	62,782c
Fe folijarno	55,544ab	3,084b	1,4461b	6,9465c	11,477b	67,020bc
Zn folijarno	**63,574a**	**12,291a**	**3.3211a**	8,6736abc	**24,285a**	**87,859a**
Fe+Zn folijarn	**63,028a**	**10,103a**	**2.7919a**	8,9483ab	**21,843a**	**84,871a**
P	*0,1473*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0141*	*<0,0001*	*0,0009*
LSD$_{0,05}$	*11,825*	*3,3682*	*0,8803*	*1,7923*	*4,6707*	*13,973*

Tablica XX. Utjecaj tretmana Fe i Zn po okolini na masu Zn u dijelovima jedne biljke, masu Zn u vegetativnim dijelovima biljke i ukupnu masu Zn u nadzemnim dijelovima biljke (μg biljci^{-1})

	Masa Zn (μg biljci^{-1})				Masa Zn vegetativnih dijelova (μg biljci^{-1})	Ukupna masa Zn nadzemnih dijelova (μg biljci^{-1})
	Zrno	List	List zastavičar	Slama		
Beravci 2011.						
Kontrola	46,539ab	2,0953c	1,1598b	6,942	10,197b	56,737
Fe tlo	51,968ab	2,2528bc	1,8034ab	6,801	10,857ab	62,825
Zn tlo	45,153b	2,9068abc	1,4638ab	7,556	11,926ab	57,079
Fe+Zn tlo	53,032ab	2,9985abc	1,6015ab	6,834	11,434ab	64,466
Fe folijarno	51,568ab	2,8104abc	2,1228ab	6,964	11,897ab	63,465
Zn folijarno	**54,319a**	**4,3170a**	**2,8882a**	6,147	13,352ab	67,671
Fe+Zn folijarno	51,880ab	3,9944ab	2,2279ab	8,327	**14,549a**	66,430
P	*0,360*	*0,1343*	*0,3779*	*0,6689*	*0,4815*	*0,3412*
$LSD_{0,05}$	*9,1257*	*1,7951*	*1,5479*	*ns*	*4.344*	*ns*
Beravci 2012.						
Kontrola	36,155c	2,258b	1,8715b	6,2992c	10,429b	46,584c
Fe tlo	43,100bc	2,138b	1,6584b	6,8255bc	10,622b	53,722bc
Zn tlo	47,351ab	2,451b	2,4622b	8,1065abc	13,020b	60,371b
Fe+Zn tlo	41,890bc	3,113b	1,9059b	7,5504abc	12,569b	54,459bc
Fe folijarno	42,938bc	2,113b	1,9656b	7,5608abc	11,640b	54,578bc
Zn folijarno	46,941ab	11,788a	5,0792a	8,3684ab	**25,236a**	**72,176a**
Fe+Zn folijarno	**52,140a**	**9,992a**	**5,1870a**	**9,0511a**	**24,230a**	**76,370a**
P	*0,011*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0663*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*8,2662*	*2,1989*	*0,9275*	*1,8224*	*3,4327*	*9,5397*
Novi Grad 2011.						
Kontrola	71,708b	2,757b	1,5135b	7,304b	11,574b	83,283b
Fe tlo	73,335b	3,390b	1,8139b	9,374ab	14,578b	87,913b
Zn tlo	78,139ab	3,170b	1,6847b	9,581ab	14,435b	92,575b
Fe+Zn tlo	70,214b	3,304b	1,8578b	8,809ab	13,971b	84,185b
Fe folijarno	70,455b	2,999b	2,1659b	7,589b	12,754b	83,210b
Zn folijarno	**94,271a**	**16,757a**	**6,1542a**	**10,112a**	**33,023a**	**127,294a**
Fe+Zn folijarno	82,048ab	**15,585a**	**5,5035a**	9,249ab	**30,337a**	**112,386a**
P	*0,045*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,1959*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*16,281*	*2,6823*	*1,447*	*2,4165*	*4,5011*	*19,287*
Novi Grad 2012.						
Kontrola	59,186b	3,4482b	2,4495ab	8,6465b	14,544b	73,730c
Fe tlo	62,248ab	3,2614b	1,9528b	9,3246ab	14,539b	76,787bc
Zn tlo	73,599ab	4,2650b	2,8601ab	10,3895ab	17,515b	91,113ab
Fe+Zn tlo	64,284ab	3,5883b	2,6294ab	9,8559ab	16,074b	80,358bc
Fe folijarno	65,999ab	3,3820b	2,5940ab	8,9797ab	14,956b	80,955bc
Zn folijarno	62,794ab	**10,0282a**	3,5391ab	9,3359ab	**22,903a**	85,697abc
Fe+Zn folijarno	**75,937a**	**9,5844a**	**4,1497a**	**10,6046a**	**24,339a**	**100,276a**
P	*0,2845*	*<0,0001*	*0,2092*	*0,3258*	*<0,0001*	*0,0195*
$LSD_{0,05}$	*15,503*	*1,7984*	*1,7216*	*1,8745*	*3,2109*	*15,608*

Tablica XXI. Utjecaj sorte po okolinama (Beravci 2011., 2012.; Novi Grad 2011., 2012.) na postotak ukupne mase Fe i Zn u zrnu, listu, zastavičaru i slami, te postotak ukupne mase Zn u vegetativnom dijelu pšenice

	Postotak ukupne mase Zn (%)				Postotak ukupne mase Zn u nadzemnim vegetativnim dijelovima (%)
	Zrno	Ostali List	List Zastavičar	Slama	
Beravci 2011.					
Divana	78,564b	4,4231bc	2,8912	**14,122a**	**21,436a**
Katarina	81,128ab	**6,1980a**	3,6610	9,013c	18,872ab
Srpanjka	**84,503a**	2,9304c	2,3508	10,216bc	15,497b
Zdenka	80,093b	5,2793ab	2,7220	11,905b	**19,907a**
P	*0,0203*	*0,0037*	*0,4291*	*<0,0001*	*0,0203*
$LSD_{0,05}$	*3,8122*	*1,7716*	*ns*	*2,0581*	*3,8122*
Beravci 2012.					
Divana	74,991ab	5,603	3,5393b	**15,866a**	25,009ab
Katarina	**76,957a**	7,127	**5,5588a**	10,357b	23,043b
Srpanjka	70,030b	8,440	**5,7290a**	**15,801a**	**29,970a**
Zdenka	75,786a	**8,758**	4,0428b	11,413b	24,214b
P	*0,0660*	*0,2394*	*0,0024*	*<0,0001*	*0,0660*
$LSD_{0,05}$	*5,4363*	*ns*	*1,3437*	*2,6697*	*5,4363*
Novi Grad 2011.					
Divana	**82,378**	5,794	1,6646b	10,1638a	17,622
Katarina	81,667	5,986	**3,9394a**	8,4082b	18,333
Srpanjka	80,171	**7,103**	**4,1671a**	8,5584b	**19,829**
Zdenka	80,404	**7,211**	2,0103b	**10,3740a**	19,596
P	0,6265	0,7360	< 0,0001	0,0053	0,6265
$LSD_{0,05}$	ns	ns	1,1104	1,3664	ns
Novi Grad 2012.					
Divana	**84,004a**	3,812b	0,9584c	11,2261b	15,996d
Katarina	76,650c	7,202a	5,2116b	10,9363b	23,350b
Srpanjka	71,126d	**8,108a**	**6,9699a**	**13,7966a**	**28,874a**
Zdenka	80,626b	7,071a	1,7679c	10,5354b	19,374c
P	*<0,0001*	*0,0040*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*3,1432*	*2,4169*	*0,9345*	*1,2483*	*3,1432*

Tablica XXII. Utjecaj sorte po tretmanima na postotak ukupne mase Zn u zrnu, listu, zastavičaru i slami, te postotak ukupne mase Zn u vegetativnom dijelu pšenice

	Postotak ukupne mase Zn (%)				Postotak ukupne mase Zn u nadzemnim vegetativnim dijelovima (%)
	Zrno	List	List zastavičar	Slama	
Fe Folijarno					
Divana	81,628	2,7030b	2,3610b	13,308	18,372
Katarina	80,657	**4,5164a**	4,0935ab	10,734	19,343
Srpanjka	80,315	**4,5608a**	**4,3111a**	10,813	19,685
Zdenka	82,674	**4,5778a**	2,2070b	10,541	17,326
P	0,7739	0,0099	0,0600	0,1966	0,7739
$LSD_{0,05}$	ns	1,276	1,9461	ns	ns
Fe Tlo					
Divana	80,620	3,0925b	2,3492	**13,938a**	19,380
Katarina	82,561	4,1791ab	3,3758	9,884b	17,439
Srpanjka	81,898	3,4487b	2,9198	1,733ab	18,102
Zdenka	81,270	5,2867a	2,0291	11,414ab	18,730
P	0,8399	0,0141	0,2058	0,0505	0,8399
$LSD_{0,05}$	ns	1,3895	ns	2,8432	ns
Kontrola					
Divana	81,761ab	3,1700b	1,7006b	**13,369a**	18,239ab
Katarina	81,780ab	4,3847ab	**3,8838a**	9,952b	18,220ab
Srpanjka	78,784b	**4,9145a**	**4,0291a**	12,273ab	**21,216a**
Zdenka	**82.90a**	4,3278ab	2,0546b	10,716b	17,099b
P	0,1702	0,0633	0,0004	0,0297	0,1702
$LSD_{0,05}$	3,7988	1,297	1,2726	2,4184	3,7988
FeZn Folijarno					
Divana	**76,240a**	8,734	2,961b	**12,065a**	23,760b
Katarina	74,010ab	10,829	**6,086a**	9,076b	25,990ab
Srpanjka	70,530b	11,393	**7,110a**	10,967ab	**29,470a**
Zdenka	74,339ab	11,278	3,383b	11,000ab	25,661ab
P	0,2215	0,5081	0,0005	0,0439	0,2215
$LSD_{0,05}$	5,4919	ns	2,1467	2,0705	5,4919
FeZnTlo					
Divana	82,301	3,720	1,6438c	12,336ab	17,699
Katarina	81,629	4,775	3,6190ab	9,977b	18,371
Srpanjka	74,819	5,052	**4,2758a**	**15,853a**	25,181
Zdenka	80,395	5,837	2,5972bc	11,170b	19,605
P	0,1906	0,2670	0,0093	0,0818	0,1906
$LSD_{0,05}$	ns	ns	1,5838	4,679	ns
Zn Folijarno					
Divana	**76,410**	9,394	2,685b	**11,511a**	23,590
Katarina	71,895	12,935	**7,198a**	7,972b	28,105
Srpanjka	69,986	12,540	**7,063a**	10,410ab	30,014
Zdenka	72,129	13,665	4,092b	10,114ab	27,871
P	0,4110	0,3439	0,0003	0,0598	0,4110
$LSD_{0,05}$	ns	ns	2,3134	2,5881	ns
Zn tlo					
Divana	80,931	3,5417	2,1432b	**13,385a**	19,069
Katarina	81,170	4,7787	**3,8931a**	10,158b	18,830
Srpanjka	78,871	4,6089	**3,9202a**	**12,600a**	21,129
Zdenka	80,883	4,5859	2,0875b	12,443ab	19,117
P	0,7159	0,5270	0,0165	0,0571	0,7159
$LSD_{0,05}$	ns	ns	1,512	2,408	ns

Tablica XXIII. Utjecaj tretmana Fe i Zn po sorti na postotak ukupne mase Zn u zrnu, listu, zastavičaru i slami, te postotak ukupne mase Zn u vegetativnom dijelu pšenice

	Postotak ukupne mase Zn (%)				Postotak ukupne mase Zn u nadzemnim vegetativnim dijelovima(%)
	Zrno	List	List zastavičar	Slama	
			Divana		
Kontrola	**81,761a**	3,170b	1,7006	13,369	18,239b
Fe tlo	80,620ab	3,093b	2,3492	13,938	19,380ab
Zn tlo	80,931ab	3,542b	2,1432	13,385	19,069ab
Fe+Zn tlo	**82,301a**	3,720b	1,6438	12,336	17,699b
Fe folijarno	**81,628a**	2,703b	2,3610	13,308	18,372b
Zn folijarno	76,410b	**9,394a**	2,6854	11,511	**23,590a**
Fe+Zn folijarno	76,240b	**8,734a**	2,9606	12,065	**23,760a**
P	*0,0878*	*<0,0001*	*0,7642*	*0,6386*	*0,0878*
$LSD_{0,05}$	*5,2003*	*2,1422*	*ns*	*ns*	*5,2003*
			Katarina		
Kontrola	81,780a	4,385b	3,8838b	9,952ab	18,220b
Fe tlo	82,561a	4,179b	3,3758b	9,884ab	17,439b
Zn tlo	81,170a	4,779b	3,8931b	**10,158a**	18,830b
Fe+Zn tlo	81,629a	4,775b	3,6190b	9,977ab	18,371b
Fe folijarno	80,657a	4,516b	4,0935b	**10,734a**	19,343b
Zn folijarno	**71,895b**	**12,935a**	**7,1981a**	7,972b	**28,105a**
Fe+Zn folijarno	**74,010b**	**10,829a**	**6,0859a**	9,076ab	**25,990a**
P	*<,0001*	*<,0001*	*<,0001*	*0,1799*	*<,0001*
$LSD_{0,05}$	*4,5092*	*2,3817*	*1,6176*	*2,0422*	*4,5092*
			Srpanjka		
Kontrola	**78,784a**	4,915b	4,029b	12,273ab	21,216b
Fe tlo	**81,898a**	3,449b	2,920b	11,733ab	18,102b
Zn tlo	**78,871a**	4,609b	3,920b	12,600ab	21,129b
Fe+Zn tlo	74,819ab	5,052b	4,276b	**15,853a**	25,181ab
Fe folijarno	**80,315a**	4,561b	4,311b	10,813b	19,685b
Zn folijarno	69,986b	**12,540a**	**7,063a**	10,410b	**30,014a**
Fe+Zn folijarno	70,530b	**11,393a**	**7,110a**	10,967b	**29,470a**
P	*0,0095*	*<0,0001*	*0,0006*	*0,1763*	*0,0095*
$LSD_{0,05}$	*7,6351*	*2,9389*	*2,1608*	*4,1731*	*7,6351*
			Zdenka		
Kontrola	**82,901a**	4,328b	2,0546c	10,716ab	17,099b
Fe tlo	**81,270a**	5,287b	2,0291c	11,414ab	18,730b
Zn tlo	**80,883a**	4,586b	2,0875c	**12,443a**	19,117b
Fe+Zn tlo	**80,395a**	5,837b	2,5972bc	11,170ab	19,605b
Fe folijarno	**82,674a**	4,578b	2,2070bc	10,541ab	17,326b
Zn folijarno	72,129b	**13,665a**	**4,0916a**	10,114b	**27,871a**
Fe+Zn folijarno	74,339b	**11,278a**	**3,3832ab**	11,000ab	**25,661a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0094*	*0,3695*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*4,6219*	*3,3915*	*1,2889*	*2,0012*	*4,6219*

Tablica XXIV. Utjecaj tretmana Fe i Zn po okolinama (Beravci 2011., 2012.; Novi Grad 2011., 2012.) na postotak ukupne masu Zn u zrnu, listu, zastavičaru i slami, te postotak ukupne masu Zn u vegetativnom dijelu biljke

	Postotak ukupne mase Zn (%)				Postotak ukupne mase Zn u nadzemnim vegetativnim dijelovima(%)
	Zrno	Ostali list	List zastavičar	Slama	
Beravci 2011.					
Kontrola	82,169	3,642b	2,030	12,159ab	17,831
Fe tlo	82,947	3,537b	2,751	10,765ab	17,053
Zn tlo	**79,822**	4,786ab	2,575	**12,816a**	20,178
Fe+Zn tlo	82,389	4,474ab	2,331	10,806ab	17,611
Fe folijarno	80,945	4,413ab	3,421	11,222ab	19,055
Zn folijarno	80,629	**6,131a**	4,051	9,189b	19,371
Fe+Zn folijarno	**78,605**	**5,971ab**	3,185	12,240ab	21,395
P	*0,6771*	*0,2425*	*0,5468*	*0,2923*	*0,6771*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*2,4718*	*ns*	*3,0737*	*ns*
Beravci 2012.					
Kontrola	77,672a	4,830c	4,0211b	13,478ab	22,328c
Fe tlo	79,980a	4,031c	3,0842b	12,905ab	20,020c
Zn tlo	78,319a	4,083c	4,0631b	13,535ab	21,681c
Fe+Zn tlo	73,852ab	6,228c	4,0145b	**15,905a**	26,148bc
Fe folijarno	78,334a	4,013c	3,6938b	13,959ab	21,666c
Zn folijarno	**64,646c**	**16,294a**	**7,2915a**	11,769b	35,354a
Fe+Zn folijarno	**68,286bc**	12,894b	**6,8542a**	11,966ab	31,714ab
P	*<0,000*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,4732*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*6,1369*	*2,5248*	*1,5003*	*4,037*	*6,1369*
Novigrad 2011.					
Kontrola	85,908a	3,426b	1,9041b	8,7618bc	14,092b
Fe tlo	83,233a	3,939b	2,0518b	**10,7762a**	16,767b
Zn tlo	84,167a	3,495b	1,8132b	**10,5245ab**	15,833b
Fe+Zn tlo	83,536a	3,910b	2,1895b	**10,3653ab**	16,464b
Fe folijarno	84,760a	3,631b	2,5296b	9,0799abc	15,240b
Zn folijarno	**73,340b**	**13,664a**	**5,1275a**	7,8686c	**26,660a**
Fe+Zn folijarno	**73,141b**	**13,600a**	**5,0019a**	8,2564c	**26,859a**
P	*<0,000*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0042*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*3,0128*	*2,0433*	*1,3477*	*1,7692*	*3,0128*
Novi grad 2012					
Kontrola	79,477ab	4,899c	3,713	11,9109	20,523bc
Fe tlo	80,190ab	4,500c	2,786	12,5235	19,810bc
Zn tlo	79,547ab	5,150c	3,592	11,7104	20,453bc
Fe+Zn tlo	79,367ab	4,772c	3,601	12,2593	20,633bc
Fe folijarno	81,236a	4,301c	3,329	11,1348	18,764c
Zn folijarno	**71,806c**	**12,445a**	4,568	11,1805	28,194a
Fe+Zn folijarno	**75,087bc**	9,769b	4,499	10,6457	24,913ab
P	*0,0062*	*<0,0001*	*0,7678*	*0,4624*	*0,0062*
$LSD_{0,05}$	*5,2449*	*2,4778*	*ns*	*ns*	*5,2449*

Tablica XXV. Utjecaj sorte po okolinama (Beravci 2011., 2012.; Novi Grad 2011., 2012.) na iznošenje Fe prinosom zrna te prirodom lista, lista zastavičara i slame pšenice, vegetativnom masom i ukupnom nadzemnom masom

	Iznošenje Fe ($g\ ha^{-1}$)				Iznošenje Fe vegetativnom masom ($g\ ha^{-1}$)	Ukupno iznošenje Fe nadzemnom masom ($g\ ha^{-1}$)
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom		
Beravci 2011.						
Divana	170,83b	300,51c	109,92	37,960	448,40b	619,23b
Katarina	**209,49a**	**464,55a**	144,21	42,368	**651,12a**	**860,62a**
Srpanjka	**221,84a**	360,18bc	144,60	39,362	544,14ab	765,98ab
Zdenka	169,28b	416,33ab	104,89	36,432	557,66ab	726,93ab
P	*0,0015*	*0,0097*	*0,0903*	*0,5374*	*0,0313*	*0,0166*
$LSD_{0,05}$	*31,744*	*98,949*	*ns*	*ns*	*132,58*	*147,82*
Beravci 2012.						
Divana	126,97c	105,53a	39,577c	**33,654a**	178,76ab	305,73ab
Kataria	**171,04a**	64,93b	**71,932a**	18,084c	154,94bc	**325,98a**
Srpanja	148,08b	**118,99a**	58,758ab	26,198b	**203,95a**	**352,03a**
Zdenka	140,63c	58,83b	47,083bc	18,186c	124,10c	264,73b
P	*0,0007*	*<0,0001*	*0,0022*	*<0,0001*	*0,0002*	*0,0050*
$LSD_{0,05}$	*20,774*	*20,167*	*17,286*	*5,3757*	*35,149*	*48,306*
Novi Grad 2011.						
Divana	236,92b	246,58	70,14c	36,759ab	353,48	590,40b
Katarina	**293,72a**	321,34	124,16ab	31,565bc	477,07	**770,79a**
Srpanjka	223,69b	251,61	**139,24a**	28,237c	419,09	642,78ab
Zdenka	**333,12a**	333,51	85,37bc	**39,833a**	458,71	**791,83a**
P	0,0003	0,1050	0,0112	0,0035	0,2356	0,0320
$LSD_{0,05}$	53,72	ns	45,85	6,5956	ns	156,88
Novi Grad 2012.						
Divana	**384,75a**	186,77b	35,20c	22,380b	244,36b	629,11
Katarina	300,62b	257,74ab	88,96b	21,358b	**368,06a**	668,68
Srpanjka	276,49b	200,91ab	**120,84a**	**30,642a**	**352,39a**	628,87
Zdenka	314,21b	**277,56a**	55,83c	25,771ab	**359,16a**	673,38
P	*<0,0001*	*0,1153*	*<0,0001*	*0,0138*	*0,0544*	*0,8075*
$LSD_{0,05}$	*39,892*	*86,282*	*24,876*	*6,0639*	*100,45*	*ns*

Tablica XXVI. Utjecaj sorte po tretmanima Fe i Zn na iznošenje Fe prinosom zrna te prirodom lista, lista zastavičara i slame pšenice, vegetativnom masom i ukupno iznošenje

	Iznošenje Fe (g ha^{-1})				Iznošenje Fe vegetativnom masom (g ha^{-1})	Ukupno iznošenje Fe nadzemnom masom (g ha^{-1})
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom		
Fe folijarno						
Divana	255,70	258,01	85,27b	37,723	381,0	636,7
Katarina	285,18	395,67	170,75a	35,835	**602,3**	**887,4**
Srpanjka	263,03	306,41	165,92a	32,481	504,8	767,8
Zdenka	**300,18**	383,93	104,39ab	33,887	522,2	822,4
P	*0,7974*	*0,4030*	*0,0318*	*0,8801*	*0,3632*	*0,3575*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*ns*	*68,656*	*ns*	*ns*	*ns*
Fe tlo						
Divana	**244,26**	191,62	69,17a	33,677	294,47	538,73
Katarina	**241,58**	**284,47**	94,35a	29,137	**407,96**	**649,54**
Srpanjka	219,48	215,71	100,99a	26,728	343,43	562,91
Zdenka	234,58	247,27	60,21a	30,600	338,08	572,66
P	*0,9302*	*0,4641*	*0,2278*	*0,5275*	*0,5431*	*0,6467*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*
Kontrola						
Divana	200,68	157,46	48,69c	32,382	238,53	439,21
Katarina	**207,05**	179,86	78,46ab	23,979	282,30	489,35
Srpanjka	192,37	**182,54**	**85,56a**	**33,675**	**301,77**	**494,14**
Zdenka	199,59	205,63	54,59bc	26,590	286,81	486,40
P	0,9728	0,7268	0,0175	0,4117	0,7191	0,8603
LSD$_{0,05}$	ns	ns	26,403	ns	ns	ns
Fe Zn folijarno						
Divana	236,15	278,91	96,80c	32,241	407,9	644,1
Katarina	**298,60**	**413,77**	164,45ab	26,757	**605,0**	**903,6**
Srpanjka	255,74	328,32	**176,02a**	30,734	535,1	790,8
Zdenka	237,20	353,08	99,80b	**31,361**	484,2	721,4
P	*0,4616*	*0,4894*	*0,0292*	*0,6439*	*0,3224*	*0,2473*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*ns*	*65,708*	*ns*	*ns*	*ns*
Fe Zn Tlo						
Divana	**234,81**	210,66	54,47b	33,119	298,24	533,05
Katarina	226,19	229,74	81,92ab	31,499	343,16	569,35
Srpanjka	202,25	207,00	**94,18a**	34,990	336,17	538,42
Zdenka	237,25	**241,37**	73,04ab	25,815	340,23	577,48
P	*0,7704*	*0,9052*	*0,1622*	*0,3008*	*0,9126*	*0,9268*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*ns*	*35,564*	*ns*	*ns*	*ns*
Zn folijarno						
Divana	228,28	196,01	45,64c	30,984	272,63	500,92
Katarina	223,35	210,87	78,69ab	24,375	313,94	537,30
Srpanjka	193,84	202,20	**99,22a**	30,278	331,70	525,54
Zdenka	**235,78**	**233,64**	62,29bc	30,975	326,90	**562,69**
P	*0,6089*	*0,9312*	*0,0058*	*0,3598*	*0,8461*	*0,9088*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*ns*	*29,91*	*ns*	*ns*	*ns*
Zn tlo						
Divana	209,20	176,28	45,95b	28,691	250,92	460,12
Katarina	224,07	225,58	**82,59a**	26,824	334,99	559,06
Srpanjka	195,96	188,29	**89,11a**	28,880	306,28	502,24
Zdenka	**230,59**	**235,97**	58,74ab	31,160	325,87	556,46
P	*0,7808*	*0,6869*	*0,0453*	*0,8697*	*0,6767*	*0,6470*
LSD$_{0,05}$	*ns*	*ns*	*33,81*	*ns*	*ns*	*ns*

Tablica XXVII. Utjecaj tretmana Fe i Zn po sortama na iznošenje Fe prinosom zrna te prirodom lista, lista zastavičara i slame pšenice (g ha^{-1}), vegetativnom masom, ukupno iznošenje

	Iznošenje Fe (g ha^{-1})				Iznošenje Fe vegetativnom masom (g ha^{-1})	Ukupno iznošenje Fe nadzemnom masom (g ha^{-1})
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom		
			Divana			
Kontrola	200,68	157,46c	48,69bc	32,382	238,53c	439,21b
Fe tlo	244,26	191,62abc	69,17abc	33,677	294,47abc	538,3ab
Zn tlo	209,20	176,28bc	45,95c	28,691	250,92c	460,12b
Fe+Zn tlo	234,81	210,66abc	54,47bc	33,119	298,24abc	533,05ab
Fe folijarno	**255,70**	258,01ab	85,27ab	37,723	381,00ab	**636,70a**
Zn folijarno	228,28	196,01abc	45,64c	30,984	272,63bc	500,92ab
Fe+Zn folijarı	236,15	**278,91a**	**96,80a**	32,241	**407,94a**	**644,10a**
P	*0,9172*	*0,1546*	*0,0434*	*0,6255*	*0,0707*	*0,0881*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*96,969*	*38,285*	*ns*	*127,13*	*162,15*
			Katarina			
Kontrola	207,05c	179,86c	78,46b	23,979b	282,3b	489,4c
Fe tlo	241,58abc	284,7abc	94,35b	29,137ab	408,0ab	649,5bc
Zn tlo	224,07bc	225,58bc	82,59b	26,824ab	335,0b	559,1c
Fe+Zn tlo	226,19bc	229,74bc	81,92b	31,499ab	343,2b	569,4c
Fe folijarno	285,18ab	395,67ab	**170,75a**	**35,835a**	**602,3a**	**887,4ab**
Zn folijarno	223,35bc	210,87c	78,69b	24,375b	313,9b	537,3c
Fe+Zn folijarı	**298,60a**	**413,77a**	**164,45a**	26,757ab	**605,0a**	**903,6a**
P	*0,0526*	*0,0664*	*<0,0001*	*0,3335*	*0,0126*	*0,0022*
$LSD_{0,05}$	*65,836*	*181,4*	*48,329*	*10,981*	*223,39*	*244,97*
			Srpanjka			
Kontrola	192,37c	182,54c	85,56b	33,675	301,77b	494,14b
Fe tlo	219,48abc	215,71bc	100,99b	26,728	343,43b	562,91b
Zn tlo	195,96c	188,29c	89,11b	28,880	306,28b	502,24b
Fe+Zn tlo	202,25bc	207,00bc	94,18b	34,990	336,17b	538,42b
Fe folijarno	**263,03a**	306,41ab	**165,92a**	32,481	**504,81a**	**767,84a**
Zn folijarno	193,84c	202,20c	99,22b	30,278	331,70b	525,54b
Fe+Zn folijarı	255,74ab	**328.32a**	**176,02a**	30,734	**535,08a**	**790,82a**
P	*0.0493*	*0,0259*	*0,0066*	*0,8046*	*0.0091*	*0,0030*
$LSD_{0,05}$	*56,768*	*103,99*	*59,507*	*ns*	*155.78*	*186,04*
			Zdenka			
Kontrola	199,59b	205,63c	54,59b	26,590	286,81c	486,4c
Fe tlo	234,58ab	247,27bc	60,21b	30,600	338,08bc	572,7bc
Zn tlo	230,59ab	235,97bc	58,74b	31,160	325,87bc	556,5bc
Fe+Zn tlo	237,25ab	241,37bc	73,04ab	25,815	340,23bc	577,5bc
Fe folijarno	**300,18a**	**383,93a**	**104,39a**	33,887	**522,21a**	**822,4a**
Zn folijarno	235,78ab	233,64bc	62,29b	30,975	326,90bc	562,7bc
Fe+Zn folijarı	237,20ab	353,08ab	**99,80a**	31,361	484,24ab	721,4ab
P	*0,5159*	*0,0762*	*0,0094*	*0,8163*	*0,0418*	*0,0342*
$LSD_{0,05}$	*90,227*	*135,69*	*32,935*	*ns*	*166,82*	*209,49*

Tablica XXVIII. Utjecaj tretmana Fe i Zn po okolinama (lokalitet x godina uzgoja) na iznošenje Fe prinosom zrna te prirodom lista, lista zastavičara i slame pšenice, vegetat.masom i ukupno iznošenje Fe

	Iznošenje Fe ($g\ ha^{-1}$)				Iznošenje Fe vegetativnom masom ($g\ ha^{-1}$)	Ukupno iznošenje Fe nadzemnom masom ($g\ ha^{-1}$)
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	slamom		
Beravci 2011.						
Kontrola	170,01b	298,18b	103,09b	44,123	445,40b	615,41c
Fe tlo	181,23b	385,78b	129,30ab	34,483	549,57b	730,8bc
Zn tlo	183,34b	351,36b	112,01b	40,309	503,68b	687,01bc
Fe+Zn tlo	177,99b	358,15b	121,32ab	39,582	519,05b	697,04bc
Fe folijarno	**231,92a**	**520,60a**	**169,82a**	**44,017**	**734,4a**	**966,36a**
Zn folijarno	178,16b	358,86b	110,18b	34,107	503,15b	681,31bc
Fe+Zn folijarno	**227,38a**	424,81ab	135,61ab	36,592	597,01ab	824,39ab
P	*0,0152*	*0,044*	*0,2366*	*0,3413*	*0,0438*	*0,0121*
$LSD_{0,05}$	*42,678*	*132,07*	*53,901*	*ns*	*174,11*	*191,65*
Beravci 2012.						
Kontrola	122,46c	66,16c	38,79c	21,819	126,76b	249,23c
Fe tlo	158,20ab	77,28bc	50,76bc	21,095	149,14b	307,33b
Zn tlo	122,73c	75,38bc	42,16c	23,331	140,88b	263,61bc
Fe+Zn tlo	145,63bc	86,96abc	42,12c	24,769	153,85b	299,48bc
Fe folijarno	**179,18a**	102,11ab	68,95b	29,030	**200,09a**	**379,28a**
Zn folijarno	139,43bc	83,64bc	44,88c	23,630	152,15b	291,58bc
Fe+Zn folijarno	159,12ab	**117,95a**	**92,70a**	24,538	**235,19a**	**394,31a**
P	*0,0003*	*0,0354*	*<0,0001*	*0,6724*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*26,574*	*32,029*	*20,306*	*ns*	*44,45*	*55,761*
Novi grad 2011.						
Kontrola	239,85a	204,26b	65,19b	29,758b	299,21b	539,07b
Fe tlo	267,95ab	257,95b	69,83b	37,904ab	365,68b	633,63b
Zn tlo	251,20b	216,62b	64,16b	32,206ab	312,99b	564,19b
Fe+Zn tlo	258,74b	232,26b	70,32b	30,938b	333,52b	592,25b
Fe folijarno	**341,67a**	**441,55a**	**194,55a**	**40,690a**	**676,78a**	**1018,46a**
Zn folijarno	252,35b	240,36b	64,20b	34,247ab	338,81b	591,16b
Fe+Zn folijarno	291,29ab	**424,81a**	**204,84a**	32,945ab	**662,60a**	**953,89a**
P	*0,1509*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,2113*	*0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*76,844*	*94,966*	*42,22*	*9,1815*	*119,23*	*159,56*
Novi grad 2012.						
Kontrola	267,36b	156,89c	60,23b	20,925b	238,04c	505,40d
Fe tlo	**332,53a**	218,06bc	74,81ab	26,660ab	319,54bc	652,07bc
Zn tlo	302,54ab	182,75bc	58,06b	19,710b	260,52c	563,06cd
Fe+Zn tlo	318,13ab	211,40bc	69,85ab	**30,134a**	311,39bc	629,53bcd
Fe folijarno	**351,32a**	279,75b	93,01ab	26,190ab	398,95b	750,27b
Zn folijarno	311,33ab	159,86c	66,58ab	24,628ab	251,07c	562,40cd
Fe+Zn folijarno	**349,91a**	**406,50a**	**103,92a**	27,018ab	**537,44a**	**887,35a**
P	*0,0853*	*<0,0001*	*0,2404*	*0,1776*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*59,442*	*98,929*	*41,356*	*8,2605*	*114,96*	*126,65*

Tablica XXIX. Utjecaj sorte po okolinama (Beravci 2011., 2012.; Novi Grad 2011., 2012.) na postotak iznošenja Fe zrnom, listom, zastavičarom i slamom (%), vegetativnom masom

	Iznošenje Fe (%)				Iznošenje Fe vegetativnom masom (%)
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom	
Beravci 2011					
Divana	28,590ab	47,455c	**17,509a**	**6,4463a**	71,410bc
Katarina	26,120bc	52,420b	16,352ab	5,1082b	73,880ab
Srpanjka	**29,873a**	46,394c	**18,292a**	5,4408ab	70,127c
Zdenka	24,051c	**56,572a**	14,222b	5,1543b	**75,949a**
P	*0,0126*	*<0,000*	*0,0577*	*0,0597*	*0,0126*
$LSD_{0,05}$	*3,7178*	*4,0773*	*3,0893*	*1,0938*	*3,7178*
Beravci 2012.					
Divana	42,075b	**33,474a**	13,031c	**11,4205a**	**57,925a**
Katarina	**53,777a**	19,673b	**20,814a**	5,7363c	46,223b
Srpanjka	42,714b	**33,359a**	16,417b	7,5101b	**57,286a**
Zdenka	**53,135a**	22,402b	17,464b	6,9992bc	46,865b
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*4,2755*	*3,4165*	*2,9984*	*1,6327*	*4,2755*
Novi Grad 2011.					
Divana	42,129ab	40,139	10,939c	**6,7931a**	57,871ab
Katarina	39,808ab	40,679	15,143b	4,3705b	60,192ab
Srpanjka	37,098b	38,316	**19,894a**	4,6917b	**62,902a**
Zdenka	**43,222a**	**41,117**	10,461c	5,2006b	56,778b
P	0,1605	0,6820	<0,0001	<0,0001	0,1605
$LSD_{0,05}$	5,7492	ns	3,2801	1,0658	5,7492
Novi Grad 2012.					
Divana	**62,033a**	28,692c	5,675d	3,6011b	37,967b
Katarina	48,026b	35,091b	13,299b	3,5835b	**51,974a**
Srpanjka	45,505b	30,971bc	**18,419a**	**5,1046a**	**54,495a**
Zdenka	46,952b	**40,864a**	8,249c	3,9356b	**53,048a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0256*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*5,0072*	*5,1241*	*2,3966*	*1,1174*	*5,0072*

Tablica XXX: Utjecaj sorte po tretmanima Fe i Zn na postotak iznošenja Fe zrnom, listom, zastavičarom i slamom, te postotak iznošenja Fe vegetativnom masom

	Iznošenje Fe (%)				Iznošenje Fe vegetativnom masom (%)
	Zrnoim	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom	
Fe folijarno					
Divana	41,904	38,170	13,130b	**6,796a**	58,096
Katarina	37,199	39,172	**19,280a**	4,350b	62,801
Srpanjka	37,147	37,721	**20,363a**	4,769ab	62,853
Zdenka	38,290	43,450	13,774b	4,486b	61,710
P	*0,7943*	*0,6685*	*0,0153*	*0,1221*	*0,7943*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*5,3782*	*2,2827*	*ns*
Fe tlo					
Divana	44,273	35,918	12,789ab	**7,0198a**	55,727
Katarina	42,551	37,469	15,342ab	4,6379b	57,449
Srpanjka	41,511	36,703	**16,697a**	5,0897b	58,489
Zdenka	42,958	40,179	11,166b	5,6961ab	57,042
P	*0.9694*	*0,8678*	*0,1710*	*0.0369*	*0,9694*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*5,3626*	*1,6794*	*Ns*
Kontrola					
Divana	45,955	33,917	11,259b	**8,869a**	54,045
Katarina	44,485	34,203	**16,311a**	5,001b	55,515
Srpanjka	41,385	35,334	**16,932a**	6,350ab	58,615
Zdenka	42,772	39,157	12,295b	5,777b	57,228
P	0,7837	0,6063	0,0011	0,0359	0,7837
$LSD_{0,05}$	ns	ns	3,2149	2,7056	ns
Fe Zn folijarno					
Divana	36,886	42,329	15,070ab	**5,7150a**	63,114
Katarina	35,454	41,446	19,734ab	3,3663b	64,546
Srpanjka	32,757	41,473	**21,576a**	4,1938b	67,243
Zdenka	36,644	44,288	14,453b	4,6153ab	63,356
P	*0,7391*	*0,9210*	*0,0876*	*0,0218*	*0,7391*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*6,527*	*1,4781*	*ns*
Fe Zn tlo					
Divana	43,813	39,021	10,480c	6,687	56,187
Katarina	44,051	36,378	13,826ab	5,746	55,949
Srpanjka	39,669	36,705	16,716a	6,910	60,331
Zdenka	43,353	38,749	12,977bc	4,922	56,647
P	*0,8306*	*0,9236*	*0,0023*	*0,1995*	*0,8306*
LSD0,05	*ns*	*ns*	*3,0821*	*ns*	*ns*
Zn folijarno					
Divana	46,554	37,100	9,645c	**6,7009a**	53,446
Katarina	44,796	34,948	15,551ab	4,7042b	55,204
Srpanjka	39,601	35,655	**18,400a**	6,3443ab	60,399
Zdenka	44,863	37,213	12,101bc	5,8236ab	55,137
P	*0,6133*	*0,9679*	*0,0004*	*0,1650*	*0,6133*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*4,0007*	*1,8604*	*ns*
Zn tlo					
Divana	46,561	35,624	10,146c	**7,670a**	53,439
Katarina	44,992	35,147	14,769ab	5,093b	55,008
Srpanjka	39,514	37,231	**17,104a**	6,151ab	60,486
Zdenka	44,001	38,636	11,425bc	5,938ab	55,999
P	*0,6037*	*0,8988*	*0,0018*	*0,2144*	*0,6037*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*3,7116*	*2,4552*	*ns*

Tablica XXXI. Utjecaj tretmana Fe i Zn po sortama na postotak iznošenja Fe zrnom, listom, zastavičarom i slamom, te postotak iznošenja Fe vegetativnom masom

	Iznošenje Fe (%)				Iznošenje Fe vegetativnom masom (%)
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavčarom	Slamom	
Divana					
Kontrola	45,955	33,917	11,259ab	8,869a	54,045
Fe tlo	44,273	35,918	12,789ab	7,020ab	55,727
Zn tlo	46,561	35,624	10,146b	7,670ab	53,439
Fe+Zn tlo	43,813	39,021	10,480ab	6,687ab	56,187
Fe folijarno	**41,904**	38,170	13,130ab	6,796ab	58,096
Zn folijarno	46,554	37,100	9,645b	6,701ab	53,446
Fe+Zn folijarno	**36,886**	42,329	15,070a	5,715b	63,114
P	*0,6513*	*0,5756*	*0,2351*	*0,5636*	*0,6513*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*4,6855*	*3,07*	*ns*
Katarina					
Kontrola	44,485	34,203	16,311abc	5,0006a	55,515
Fe tlo	42,551	37,469	15,342abc	4,6379ab	57,449
Zn tlo	44,992	35,147	14,769bc	5,0930a	55,008
Fe+Zn tlo	44,051	36,378	13,826c	5,7459a	55,949
Fe folijarno	**37,199**	39,172	19,280ab	4,3496ab	62,801
Zn folijarno	44,796	34,948	15,551abc	4,7042ab	55,204
Fe+Zn folijarno	**35,454**	41,446	19,734a	3,3663b	64,546
P	*0,4084*	*0,8865*	*0,1061*	*0,0767*	*0,4084*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*4,7096*	*1,4666*	*ns*
Srpanjka					
Kontrola	41,385a	35,334	16,932ab	6,3496ab	58,615b
Fe tlo	41,511a	36,703	16,697b	5,0897abc	58,489b
Zn tlo	39,514ab	37,231	17,104ab	6,1511ab	60,486ab
Fe+Zn tlo	39,669ab	36,705	16,716b	6,9099a	60,331ab
Fe folijarno	**37,147ab**	37,721	20,363ab	4,7689bc	62,853ab
Zn folijarno	39,601ab	35,655	18,400ab	6,3443ab	60,399ab
Fe+Zn folijarno	**32,757b**	41,473	21,576a	4,1938c	67,243a
P	*0,3085*	*0,6890*	*0,2364*	*0,0457*	*0,3085*
$LSD_{0,05}$	*7,7524*	*ns*	*4,744*	*1,8727*	*7,7524*
Zdenka					
Kontrola	42,772	39,157	12,295	5,7769	57,228
Fe tlo	42,958	40,179	11,166	5,6961	57,042
Zn tlo	44,001	38,636	11,425	5,9377	55,999
Fe+Zn tlo	43,353	38,749	12,977	4,9216	56,647
Fe folijarno	**38,290**	43,450	13,774	4,4857	61,710
Zn folijarno	44,863	37,213	12,101	5,8236	55,137
Fe+Zn folijarno	**36,644**	44,288	14,453	4,6153	63,356
P	*0,6683*	*0,858*	*0,6665*	*0,2585*	*0,6683*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*

Tablica XXXII. Utjecaj tretmana Fe i Zn po okolini na postotak iznošenja Fe prinosom zrna, prirodom lista, zastavičara i slame i vegetativnom masom

	Iznošenje Fe (%)				Iznošenje Fe Vegetativnom masom (%)
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom	
Beravci 2011.					
Kontrola	28,059	48,261	16,635	**7,0454a**	71,941
Fe tlo	25,948	51,563	17,528	4,9616bc	74,052
Zn tlo	27,548	50,403	15,978	6,0708ab	72,452
Fe+Zn tlo	27,294	49,913	16,859	5,9346abc	72,706
Fe folijarno	25,953	52,033	17,075	4,9391bc	74,047
Zn folijarno	26,934	51,513	16,322	5,2303bc	73,066
Fe+Zn folijarno	28,373	51,289	15,759	4,5798c	71,627
P	*0,9563*	*0,9210*	*0,9857*	*0,0105*	*0,9563*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*1,3903*	*ns*
Beravci 2012.					
Kontrola	**49,069a**	25,880	15,901bc	9,150	50,931b
Fe tlo	**51,677a**	24,993	16,381bc	6,948	48,323b
Zn tlo	47,801ab	27,537	15,498bc	9,164	52,199ab
Fe+Zn tlo	**49,582a**	28,380	13,919c	8,119	50,418b
Fe folijarno	**47,742ab**	26,444	18,171b	7,642	52,258ab
Zn folijarno	**48,617a**	27,225	16,278bc	7,880	51,383b
Fe+Zn folijarno	40,988b	30,130	**22,369a**	6,512	59,012a
P	*0,1064*	*0,8228*	*0,0055*	*0,3820*	*0,1064*
$LSD_{0,05}$	*6,966*	*ns*	*4,1699*	*ns*	*6,966*
Novi Grad 2011.					
Kontrola	44,546a	37,716b	12,126b	5,6120a	55,454b
Fe tlo	42,317a	40,222ab	11,083b	6,3779a	57,683b
Zn tlo	44,782a	37,913b	11,495b	5,8095a	55,218b
Fe+Zn tlo	43,669a	39,022ab	11,891b	5,4174a	56,331b
Fe folijarno	**33,569b**	42,832ab	**19,620a**	3,9784b	66,431a
Zn folijarno	44,222a	38,236ab	11,498b	6,0441a	55,778b
Fe+Zn folijarno	**30,842b**	**44,499a**	**21,050a**	3,6085b	69,158a
P	*<0,0001*	*0,2318*	*<0,0001*	*0,0007*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*6,5745*	*6,3281*	*4,3207*	*1,4158*	*6,5745*
Novi Grad 2012.					
Kontrola	52,922ab	30,754bc	12,135	4,1885ab	47,078bc
Fe tlo	51,351ab	33,492bc	11,001	4,1557ab	48,649bc
Zn tlo	54,936ab	30,784bc	10,472	3,8071ab	45,064bc
Fe+Zn tlo	50,339ab	33,538bc	11,330	4,7930a	49,661bc
Fe folijarno	47,275bc	37,203ab	11,682	3,8401ab	52,725ab
Zn folijarno	**56,040a**	27,943c	11,598	4,4186ab	43,960c
Fe+Zn folijarno	**41,537c**	43,618a	11,654	3,1904b	58,463a
P	*0,0084*	*0,0005*	*0,9977*	*0,5263*	*0,0084*
$LSD_{0,05}$	*7,891*	*6,8318*	*ns*	*1,5461*	*7,891*

Tablica XXXIII. Utjecaj sorte po okolinama (Beravci 2011., 2012.; Novi Grad 2011., 2012.) na iznošenje Zn zrnom, ostalim listom, listom zastavičarom i slamom u te njihov utjecaj na iznošenje Zn vegetativnom masom i ukupno iznošenje Zn (g ha^{-1})

	Iznošenje Zn (g ha^{-1})				Iznošenje Zn vegetativnom masom (g ha^{-1})	Ukupno iznošenje Zn nadzemnom masom (g ha^{-1})
	Zrnom	Ostalim listom	Listom Zastavičarom	Slamom		
Beravci 2011.						
Divana	172,62a	12,453bc	8,617	38,412a	59,483	232,10
Katarina	**180,93a**	**20,080a**	**12,122**	28,324b	60,526	**241,46**
Srpanjka	169,65a	10,142c	7,676	34,333ab	52,150	221,80
Zdenka	143,67b	17,943ab	9,153	40,898a	**67,994**	211,67
P	*0,0173*	*0,0159*	*0,4513*	*0,0744*	*0,3833*	*0,3866*
$LSD_{0,05}$	*23,913*	*6,8236*	*ns*	*9,9879*	*ns*	*ns*
Beravci 2012.						
Divana	142,742ab	12,361	7,181c	33,037a	52,578b	195,32
Katarina	**155,079a**	18,164	13,494ab	23,676b	55,334ab	210,41
Srpanjka	145,556ab	**21,476**	**14,236a**	**35,778a**	**71,489a**	**217,05**
Zdenka	134,820b	**21,837**	9,411bc	25,211b	56,460ab	191,28
P	*0,2232*	*0,2995*	*0,0055*	*0,0004*	*0,1810*	*0,3504*
$LSD_{0,05}$	*19,272*	*ns*	*4,4352*	*6,3448*	*18,551*	*ns*
Novi Grad 2011.						
Divana	258,94ab	31,85	8,595b	49,325ab	89,77	348,7a
Katarina	283,63a	36,06	22,817a	46,512b	105,39	**389,02a**
Srpanjka	192,17c	34,12	19,685a	35,996c	89,80	281,97b
Zdenka	245,26b	45,89	11,489b	56,579a	**113,96**	359,22a
P	< 0,0001	0,6671	0,0011	0,0004	0,4227	0,0054
$LSD_{0,05}$	32,461	ns	7,7836	9,2107	ns	59,679
Novi Grad 2012.						
Divana	**362,30a**	18,975b	4,698c	54,748ab	78,42b	**440,73a**
Katarina	284,59bc	29,694ab	20,561b	42,724c	92,98b	377,57b
Srpanjka	277,83c	38,513a	32,941a	63,354a	**134,81a**	412,64ab
Zdenka	318,46b	32,653a	8,031c	48,187bc	88,87b	407,33ab
P	*<0,0001*	*0,0325*	*<0,0001*	*0,0001*	*<0,0001*	*0,0930*
$LSD_{0,05}$	*35,172*	*13,151*	*5,9368*	*8,9499*	*22,456*	*48,966*

Tablica XXXIV. Utjecaj sorte po tretmanima na iznošenje Zn prinosom zrna, prirodom ostalog lista, lista zastavičara i slame te njihov utjecaj na iznošenje Zn prirodom vegetativne mase i ukupno iznošenji Zn nadzemnom masom (g ha^{-1})

	Iznošenje Zn (g ha^{-1})				Iznošenje Zn vegetativnom masom (g ha^{-1})	Ukupno Iznošenje Zn nadzemnom masom (g ha^{-1})
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom		
						Fe folijarno
Divana	218,07	8,808b	7,389b	41,854	58,05	276,12
Katarina	221,62	**16,415a**	13,605ab	36,337	66,36	287,97
Srpanjka	202,68	**16,468a**	**16,657a**	39,378	72,50	275,18
Zdenka	213,04	**17,594a**	7,725b	37,437	62,76	275,79
P	0,9444	0,0573	0,0704	0,8654	0,7116	0,9877
$LSD_{0,05}$	ns	7,0204	8,1708	ns	ns	ns
			Fe Tlo			
Divana	232,3	9,679b	7,261	44,035	60,97	293,37
Katarina	209,51	14,535ab	11,517	33,351	59,40	268,92
Srpanjka	185,64	12,187b	10,795	42,182	65,16	250,80
Zdenka	201,25	**18,781a**	6,547	41,182	66,51	267,76
P	0,5640	0,0305	0,2208	0,5507	0,9289	0,7850
$LSD_{0,05}$	ns	6,1152	ns	ns	ns	ns
			Kontrola			
Divana	202,61	9,324b	4,329b	39,599	53,253	255,87
Katarina	195,33	14,091ab	**11,950a**	32,202	58,242	253,57
Srpanjka	176,01	**14,643a**	**11,866a**	38,615	65,124	241,13
Zdenka	182,77	13,473ab	5,810b	33,530	52,812	235,58
P	0,7963	0,1182	<0,0001	0,5494	0,4453	0,9322
$LSD_{0,05}$	ns	4,7967	3,6896	ns	ns	ns
			Fe Zn Folijarno			
Divana	234,75	37,38	10,828b	46,316	94,52	329,27
Katarina	252,81	48,95	**27,280a**	39,158	115,39	368,20
Srpanjka	224,86	52,50	**33,559a**	47,139	133,19	358,05
Zdenka	214,34	50,89	13,194b	47,100	111,19	325,52
P	0,7090	0,7091	0,0007	0,6413	0,4184	0,7829
$LSD_{0,05}$	ns	ns	12,014	ns	ns	ns
			Fe Zn Tlo			
Divana	246,01	12,709b	4,986b	44,545	62,24	308,25
Katarina	218,08	17,083ab	**13,083a**	36,208	66,37	284,46
Srpanjka	189,42	14,431ab	**13,162a**	45,431	73,02	262,44
Zdenka	198,28	**19,486a**	8,551ab	38,840	66,88	265,16
P	0,3312	0,1916	0,0164	0,5471	0,8403	0,6720
$LSD_{0,05}$	ns	6,6072	5,7619	ns	ns	ns
			Zn Folijarno			
Divana	273,49	43,59	10,879b	47,795	102,26	375,75
Katarina	212,74	52,43	**29,073a**	34,026	115,53	365,50
Srpanjka	249,97	56,42	**31,287a**	43,512	131,22	343,96
Zdenka	239,92	67,78	17,138b	49,013	133,93	373,85
P	0,5028	0,4631	0,0008	0,2290	0,5430	0,9426
$LSD_{0,05}$	ns	ns	10,672	ns	ns	ns
			Zn Tlo			
Divana	231,73	10,882	5,238c	43,018ab	59,14	290,86
Katarina	235,09	18,485	**14,230a**	35,883b	68,60	303,69
Srpanjka	182,78	15,787	13,113ab	40,300ab	69,20	251,98
Zdenka	224,27	19,054	7,684bc	**51,928a**	78,67	302,94
P	0,4666	0,2259	0,0050	0,1530	0,4405	0,6148
$LSD_{0,05}$	ns	ns	5,543	14,206	ns	ns

Tablica XXXV. Utjecaj tretmana Fe i Zn po sortama na iznošenje Zn prinosom zrna, prirodom ostalog lista, lista zastavičara i slame te njihov utjecaj na iznošenje Zn vegetativnom masom i ukupno iznošenje Zn nadzemnom masom (g ha^{-1})

	Iznošenje Zn (g ha^{-1})				Iznošenje Zn vegetativnom masom (g ha^{-1})	Ukupno iznošenje Zn nadzemnom masom (g ha^{-1})
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom		
Divana						
Kontrola	202,61	9,324b	4,329b	39,599	53,25b	255,87b
Fe tlo	232,39	9,679b	7,261ab	44,035	60,97b	293,37ab
Zn tlo	231,73	10,882b	5,238ab	43,018	59,14b	290,86ab
Fe+Zn tlo	246,01	12,709b	4,986b	44,545	62,24b	308,25ab
Fe folijarno	218,07	8,808b	7,389ab	41,854	58,05b	276,12ab
Zn folijarno	273,49	**43,590a**	**10,879a**	47,795	**102,26a**	**375,75a**
Fe+Zn folijarno	234,75	**37,376a**	**10,828a**	46,316	**94,52a**	329,27ab
P	*0,7792*	*<0,0001*	*0,1322*	*0,9368*	*0,0015*	*0,3538*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*14,469*	*5,8275*	*ns*	*27,721*	*103,7*
Katarina						
Kontrola	195,33	14,091b	11,950b	32,202	58,24b	253,57c
Fe tlo	209,51	14,535b	11,517b	33,351	59,40b	268,92c
Zn tlo	235,09	18,485b	14,230b	35,883	68,60b	303,69abc
Fe+Zn tlo	218,08	17,083b	13,083b	36,208	66,37b	284,46bc
Fe folijarno	221,62	16,415b	13,605b	36,337	66,36b	287,97abc
Zn folijarno	249,97	**52,433a**	**29,073a**	34,026	**115,53a**	**365,50ab**
Fe+Zn folijarno	252,81	**48,952a**	**27,280a**	39,158	**115,39a**	**368,20a**
P	*0,4433*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,9435*	*<0,0001*	*0,0385*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*13,651*	*7,9224*	*ns*	*30,102*	*83,129*
Srpanjka						
Kontrola	176,01	14,643b	11,866b	38,615	65,12b	241,13c
Fe tlo	185,64	12,187b	10,795b	42,182	65,16b	250,80c
Zn tlo	182,78	15,787b	13,113b	40,300	69,20b	251,98c
Fe+Zn tlo	189,42	14,431b	13,162b	45,431	73,02b	262,44bc
Fe folijarno	202,68	16,468b	16,657b	39,378	72,50b	275,18bc
Zn folijarno	212,74	**56,424a**	**31,287a**	43,512	**131,22a**	**343,96ab**
Fe+Zn folijarno	224,86	**52,496a**	**33,559a**	47,139	**133,19a**	**358,05a**
P	*0,4881*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,9292*	*<0,0001*	*0,0199*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*15,794*	*11,419*	*ns*	*36,905*	*81,631*
Zdenka						
Kontrola	182,77	13,47b	5,810b	33,530b	52,81b	235,58c
Fe tlo	201,25	18,78b	6,547b	41,182ab	66,51b	267,76bc
Zn tlo	224,27	19,05b	7,684b	51,928a	78,67b	302,94abc
Fe+Zn tlo	198,28	19,49b	8,551b	38,840ab	66,88b	265,16bc
Fe folijarno	213,04	17,59b	7,725b	37,437ab	62,76b	275,79bc
Zn folijarno	239,92	**67,78a**	**17,138a**	**49,013a**	**133,93a**	**373,85a**
Fe+Zn folijarno	214,34	**50,89a**	**13,194a**	**47,100ab**	**111,19a**	**325,52ab**
P	*0,7700*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,1576*	*<0,0001*	*0,0603*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*21,576*	*3,9763*	*15,011*	*31,913*	*88,958*

Tablica XXXVI. Utjecaj tretmana po okolini (Beravci 2011., 2012.; Novi Grad 2011., 2012.) na iznošenje Zn prinosom zrna i prirodom lista, lista zastavičara i slame, vegetativnom masom i ukupn uznošenje Zn nadzemnom masom pšenice (g ha^{-1}).

	Iznošenje Zn (g ha^{-1})				Iznošenje Zn vegetativnom masom (g ha^{-1})	Ukupno iznošenje Zn nadzemnom masom (g ha^{-1})
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom		
Beravci 2011.						
Kontrola	147,93b	10,321b	5,850	36,817ab	52,99ab	200,92b
Fe tlo	159,94ab	9,933b	8,224	29,987b	48,14b	208,09ab
Zn tlo	166,47ab	16,423ab	8,363	38,513ab	63,30ab	229,77ab
Fe+Zn tlo	162,22ab	14,770ab	7,851	35,336ab	57,96ab	220,18ab
Fe folijarno	171,21ab	15,116ab	11,249	34,437ab	60,80ab	232,01ab
Zn folijarno	**183,08a**	**19,065ab**	12,879	29,206b	61,15ab	244,23ab
Fe+Zn folijarno	**176,18ab**	**20,454a**	11,329	**44,146a**	**75,93a**	**252,10a**
P	*0,4594*	*0,2022*	*0,5464*	*0,3476*	*0,3810*	*0,3046*
$LSD_{0,05}$	*33,149*	*9,3013*	*ns*	*13,482*	*23,722*	*47,031*
Beravci 2012.						
Kontrola	117,97b	8,446c	7,021b	23,388b	38,854b	156,82c
Fe tlo	138,70ab	8,621c	6,533b	27,694ab	42,848b	181,55bc
Zn tlo	141,30ab	9,334c	9,153b	30,126ab	48,614b	189,91bc
Fe+Zn tlo	**143,40a**	10,187c	6,743b	26,360ab	43,291b	186,69bc
Fe folijarno	**150,17a**	8,801c	7,845b	31,447ab	48,092b	198,26b
Zn folijarno	**158,21a**	**46,748a**	**20,211a**	**34,005a**	**100,964a**	**259,18a**
Fe+Zn folijarno	**162,09a**	37,080b	**20,057a**	**32,958a**	**90,094a**	**252,19a**
P	*0,0132*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,2328*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*24,129*	*8,3722*	*4,2174*	*9,1169*	*16,347*	*33,636*
Novi Grad 2011.						
Kontrola	227,59b	15,022b	8,336b	40,134	63,49b	291,08b
Fe tlo	223,29b	16,984b	8,708b	45,925	71,62b	294,91b
Zn tlo	246,07b	17,126b	8,540b	52,218	77,88b	323,95b
Fe+Zn tlo	231,41b	18,084b	9,993b	48,002	76,08b	307,49b
Fe folijarno	237,45b	16,857b	11,423b	41,446	69,73b	307,18b
Zn folijarno	**295,02a**	**90,501a**	**32,079a**	53,184	**175,76a**	**470,79a**
Fe+Zn folijarno	**254,17ab**	**84,276a**	**30,446a**	48,814	**163,54a**	**417,70a**
P	*0,0726*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,3689*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*48,519*	*18,376*	*7,9628*	*ns*	*29,055*	*67,216*
Novi gra 2012.						
Kontrola	263,23b	17,743c	12,748a	43,607b	74,10b	337,33d
Fe tlo	306,86ab	19,642c	12,655a	57,145a	89,44b	396,30c
Zn tlo	**320,04a**	21,324c	14,209a	50,272ab	85,80b	405,84bc
Fe+Zn tlo	**314,76a**	20,667c	15,195a	55,325ab	91,19b	405,95bc
Fe folijarno	296,58ab	18,511c	14,860a	47,677ab	81,05b	377,62cd
Zn folijarno	**339,79a**	**63,916a**	**23,208a**	**57,951a**	**145,08a**	**484,87a**
Fe+Zn folijarno	**334,32a**	47,908b	**23,029a**	**53,795ab**	**124,73a**	**459,05ab**
P	*0,0784*	*<0,0001*	*0,3242*	*0,2693*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*51,486*	*11,947*	*11,869*	*13,084*	*28,86*	*56,807*

Tablica XXXVII. Utjecaj sorte po okolinama (Beravci 2011., 2012.; Novi Grad 2011., 2012.) na postotak iznošenja Zn prinosom zrna i prirodom vegetativne mase pšenice (%)

	Postotak iznošenja Zn (%)				Iznošenje Zn vegetativnom masom (%)
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom	
Beravci 2011.					
Divana	**75,091a**	5,173b	3,2060	16,530ab	24,909b
Katarina	**75,434a**	**7,910a**	4,6467	12,010c	24,566b
Srpanjka	**77,265a**	4,304b	3,3996	15,031b	22,735b
Zdenka	69,189b	**7,927a**	4,0531	**18,831a**	**30,811a**
P	*0,0044*	*0,0016*	*0,4049*	*0,0002*	*0,0044*
$LSD_{0,05}$	*4,5417*	*2,2341*	*ns*	*2,95*	*4,5417*
Beravci 2012.					
Divana	**73,810a**	5,834b	3,6783b	**16,6778a**	26,190b
Katarina	**74,909a**	**7,748ab**	**6,0596a**	11,2834c	25,091b
Srpanjka	67,941b	**9,191ab**	**6,2042a**	**16,6633a**	**32,059a**
Zdenka	72,172ab	**9,970a**	4,6417b	13,2160b	27,828ab
P	*0,0356*	*0,1354*	*0,0012*	*<0,0001*	*0,0356*
$LSD_{0,05}$	*4,9731*	*3,7068*	*1,4115*	*1,8498*	*4,9731*
Novi Grad 2011.					
Divana	**75,585a**	7,876	2,2153b	**14,324ab**	24,415b
Katarina	**73,968ab**	8,487	**5,4880a**	12,057c	**26,032ab**
Srpanjka	69,978b	10,451	**6,2035a**	13,368bc	**30,022a**
Zdenka	69,793b	11,128	3,0777b	**16,001a**	**30,207a**
P	*0,0586*	*0,4116*	*<0,0001*	*0,0052*	*0,0586*
$LSD_{0,05}$	*5,074*	*ns*	*1,4481*	*2,1839*	*5,074*
Novi Grad 2012.					
Divana	**82,253a**	4,256b	1,0605c	12,4305b	17,747c
Katarina	75,863b	**7,340a**	5,3909b	11,4066b	24,137b
Srpanjka	68,221c	**8,752a**	**7,6185a**	**15,4085a**	**31,779a**
Zdenka	78,090b	**7,968a**	1,9959c	11,9466b	21,910b
P	*<0,0001*	*0,0031*	*0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*3.3377*	*2.474*	*0.9811*	*1,7361*	*3,3377*

Tablica XXXVIII: Utjecaj sorte po tretmanima fe i Zn na postotak iznošenja Zn prinosom zrna i prirodom vegetativne mase pšenice (%)

	Postotak Iznošenje Zn (%)				Iznošenje Zn vegetativnom masom (%)
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom	
Fe folijarno					
Divana	78,682	3,2342b	2,5392c	**15,545a**	21,318
Katarina	76,938	**5,5199a**	4,7928ab	12,750b	23,062
Srpanjka	74,798	**5,8308a**	**5,4905a**	**13,880ab**	25,202
Zdenka	76,624	**6,3645a**	2,9947bc	**14,017ab**	23,376
P	*0,4681*	*0,0073*	*0,0124*	*0,2623*	*0,4681*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*1,8442*	*1,9968*	*2,7891*	*ns*
Fe Tlo					
Divana	78,140	3,5095c	2,6181b	**15,733a**	21,860
Katarina	78,609	5,1084b	**4,1747a**	12,108b	21,391
Srpanjka	75,080	4,7238bc	3,9750ab	**16,222a**	24,920
Zdenka	74,865	**6,9341a**	2,6757ab	**15,525a**	25,135
P	*0,2787*	*0,0010*	*0,0867*	*0,0552*	*0,2787*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*1,5912*	*1,5452*	*3,2468*	*ns*
Kontrola					
Divana	**78,315a**	3,7589b	1,9632b	15,963	21,685b
Katarina	**76,745ab**	**5,6182a**	**4,7321a**	12,905	**23,255ab**
Srpanjka	73,326b	**6,0341a**	**4,7952a**	15,845	**26,674a**
Zdenka	**77,220a**	**5,6287a**	2,7034b	14,448	22,780b
P	*0,0350*	*0,0042*	*<0,0001*	*0,2023*	*0,0350*
$LSD_{0,05}$	*3,4687*	*1,2895*	*1,1051*	*ns*	*3,4687*
Fe Zn Folijarno					
Divana	**71,438a**	10,670	3,476b	**14,417a**	28,562b
Katarina	**70,082ab**	12,510	**7,034a**	10,373b	29,918ab
Srpanjka	63,606b	14,231	**8,716a**	**13,447ab**	**36,394a**
Zdenka	65,692ab	14,652	4,319b	**15,336a**	**34,308ab**
P	*0,1084*	*0,4532*	*0,0005*	*0,0399*	*0,1084*
$LSD_{0,05}$	*7,149*	*ns*	*2,5697*	*3,5391*	*7,149*
Fe Zn Tlo					
Divana	**79,296a**	4,353b	1,7944b	14,557ab	20,704b
Katarina	77,135ab	**5,975ab**	**4,2872a**	12,603b	**22,865ab**
Srpanjka	72,443b	**5,493ab**	**4,6089a**	**17,455a**	**27,557a**
Zdenka	74,824ab	**7,454a**	**3,3085a**	14,413ab	**25,176ab**
P	*0,0393*	*0,0477*	*0,0011*	*0,0251*	*0,0393*
$LSD_{0,05}$	*4,8375*	*2,1672*	*1,4267*	*3,0905*	*4,8375*
Zn folijarno					
Divana	**72,583a**	11,033b	3,115b	**13,268a**	27,417b
Katarina	**68,190ab**	**14,564ab**	**8,228a**	9,018b	**31,810ab**
Srpanjka	63,783b	**15,049ab**	**8,560a**	**12,608a**	**36,217a**
Zdenka	63,833b	**17,426a**	5,218b	**13,522a**	**36,167a**
P	*0,0943*	*0,1695*	*0,0002*	*0,0055*	*0,0943*
$LSD_{0,05}$	*7,9578*	*5,6751*	*2,595*	*2,7198*	*7,9578*
Zn Tlo					
Divana	78,339	3,936b	2,2742b	**15,451ab**	21,661
Katarina	77,604	5,803ab	**4,5248a**	12,069b	22,396
Srpanjka	72,923	5,859ab	**4,8498a**	**16,367a**	27,077
Zdenka	73,120	**6,277a**	2,8753b	**17,729a**	26,880
P	*0,0988*	*0,1846*	*0,0031*	*0,0180*	*0,0988*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*2,2925*	*1,5408*	*3,5619*	*ns*

Tablica XXXIX. Utjecaj tretmanima Fe i Zn po sorti na postotak iznošenja Zn prinosom zrna i prirodom vegetativnih dijelova pšenice

	Postotak Iznošenje Zn (%)				Iznošenje Zn vegetivnom masom (%)
	Zrnom	Ostalim listom	Listom zastavičarom	Slamom	
			Divana		
Kontrola	**78,315a**	3.759b	1,9632	15,963	21,685b
Fe tlo	**78,140a**	3,510b	2,6181	15,733	21,860b
Zn tlo	**78,339a**	3,936b	2,2742	15,451	21,661b
Fe+Zn tlo	**79,296a**	4,353b	1,7944	14,557	20,704b
Fe folijarno	**78,682a**	3,234b	2,5392	15,545	21,318b
Zn folijarno	72,583b	**11,033a**	3,1152	13,268	**27,417a**
Fe+Zn folijarno	71,438b	**10,670a**	3,4758	14,417	**28,562a**
P	*0,0059*	*<0,0001*	*0,5357*	*0,4797*	*0,0059*
$LSD_{0,05}$	*4,9984*	*2,695*	*ns*	*ns*	*4,9984*
			Katarina		
Kontrola	**76,745a**	5,618b	4,7321b	**12,905a**	23,255b
Fe tlo	**78,609a**	5,108b	4,1747b	**12,108ab**	21,391b
Zn tlo	**77,604a**	5,803b	4,5248b	**12,069ab**	22,396b
Fe+Zn tlo	**77,135a**	5,975b	4,2872b	**12,603ab**	22,865b
Fe folijarno	**76,938a**	5,520b	4,7928b	**12,750a**	23,062b
Zn folijarno	68,190b	**14,564a**	**8,2281a**	9,018c	**31,810a**
Fe+Zn folijarno	70,082b	**12,510a**	**7,0344a**	10,373bc	**29,918a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0098*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*4,9368*	*2,806*	*1,8283*	*2,3371*	*4,9368*
			Srpanjka		
Kontrola	**73,326a**	6,034b	4,795b	15,845abc	26,674b
Fe tlo	**75,080a**	4,724b	3,975b	16,222ab	24,920b
Zn tlo	**72,923a**	5,859b	4,850b	16,367ab	27,077b
Fe+Zn tlo	**72,443a**	5,493b	4,609b	17,455a	27,557b
Fe folijarno	**74,798a**	5,831b	5,491b	13,880bc	25,202b
Zn folijarno	63,783b	**15,049a**	**8,560a**	12,608c	**36,217a**
Fe+Zn folijarno	63,606b	**14,231a**	**8,716a**	13,447bc	**36,394a**
P	*0,0003*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0437*	*0,0003*
$LSD_{0,05}$	*6,3089*	*3,3211*	*2,2552*	*3,3463*	*6,3089*
			Zdenka		
Kontrola	**77,220a**	5,629b	2,6757c	**14,448ab**	22,780b
Fe tlo	**74,865a**	6,934b	2,7034c	**15,525ab**	25,135b
Zn tlo	**73,120a**	6,277b	2,8753bc	**17,729a**	26,880b
Fe+Zn tlo	**74,824a**	7,454b	3,3085bc	**14,413ab**	25,176b
Fe folijarno	**76,624a**	6,365b	2,9947bc	**14,017ab**	23,376b
Zn folijarno	63,833b	**17,426a**	**5,2182a**	13,522b	**36,167a**
Fe+Zn folijarno	65,692b	**14,652a**	**4,3188ab**	**15,336ab**	**34,308a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0078*	*0,4178*	*<0,.0001*
$LSD_{0,05}$	*6,1609*	*4,2891*	*1,5266*	*3,8799*	*6,1609*

Tablica XL. Utjecaj tretmana Fe i Zn po okolinama (Beravci 2011., 2012., Novi Grad 2011., 2012.) na postotak iznošenja Zn prinosom zrna i prirodom vegetativnih dijelova pšenice

	Iznošenje Zn (%)				Iznošenje Zn vegetativnom masom (%)
	Prinosom zrna	Prirodom lista	Prirodom lista zastavičara	Prirodom slame	
Beravci 2011.					
Kontrola	74,263	5,175	2,924	**17,637a**	25,737
Fe tlo	77,276	4,777	3,681	**14,266ab**	22,724
Zn tlo	73,449	6,229	3,280	**17,042a**	26,551
Fe+Zn tlo	74,254	6,518	3,313	15,915ab	25,746
Fe folijarno	74,318	6,241	4,356	15,085ab	25,682
Zn folijarno	74,735	7,860	5,187	12,218b	25,265
Fe+Zn folijarno	71,419	7,498	4,043	**17,039a**	28,581
P	*0,7580*	*0,4501*	*0,5993*	*0,1569*	*0,7580*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*4,2435*	*ns*
Beravci 2012.					
Kontrola	**75,316a**	5,349c	4,4562b	14,880	24,684b
Fe tlo	**76,526a**	4,714c	3,5977b	15,162	23,474b
Zn tlo	**74,436a**	4,856c	4,7457b	15,963	25,564b
Fe+Zn tlo	**76,880a**	5,644c	3,5547b	13,921	23,120b
Fe folijarno	**76,446a**	4,381c	4,0127b	15,160	23,554b
Zn folijarno	60,900b	**18,056a**	**8,0644a**	12,979	**39,100a**
Fe+Zn folijarno	64,952b	14,302b	**7,5902a**	13,156	**35,048a**
P	*<0,0001*	*0,0001*	*<0,0001*	*0,3821*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*4,8953*	*2,747*	*1,4885*	*ns*	*4,8953*
Novi Grad 2011.					
Kontrola	**78,269a**	5,226b	2,8968b	13,608ab	21,731b
Fe tlo	**75,872a**	5,618b	2,9341b	**15,576a**	24,128b
Zn tlo	**75,809a**	5,357b	2,7277b	**16,107a**	24,191b
Fe+Zn tlo	**75,135a**	5,920b	3,1933b	**15,751a**	24,865b
Fe folijarno	**77,327a**	5,501b	3,6667b	13,506ab	22,673b
Zn folijarno	62,388b	**19,162a**	**7,1615a**	11,288b	**37,612a**
Fe+Zn folijarno	61,516b	**19,615a**	**7,1426a**	11,727b	**38,484a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0020*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*4,4316*	*2,9628*	*1,8124*	*2,7957*	*4,4316*
Novi Grad 2012.					
Kontrola	**77,758ab**	5,290b	3,917	**13,035ab**	22,242bc
Fe tlo	**77,020ab**	5,166b	3,231	**14,583a**	22,980bc
Zn tlo	**78,292ab**	5,433b	3,771	**12,504ab**	21,708bc
Fe+Zn tlo	**77,428ab**	5,193b	3,938	**13,441ab**	22,572bc
Fe folijarno	**78,951a**	4,826b	3,782	**12,441ab**	21,049c
Zn folijarno	70,366c	**12,994a**	4,708	11,931b	**29,634a**
Fe+Zn folijarno	72,931bc	**10,649a**	4,769	11,652b	**27,069ab**
P	*0,0306*	*<0,0001*	*0,9010*	*0,3222*	*0,0306*
$LSD_{0,05}$	*5,7194*	*2,5391*	*ns*	*2,5706*	*5,7194*

Tablica XLI. Utjecaj sorte po okolinama na provedenu gnojidbu Fe (g ha^{-1}) po tretmanima (3.000 ili 5.000 g ha^{-1}) na % apliciranog Fe koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Gnojidba Fe (g ha^{-1})	Fe ukupni učinak (%)	Fe zrno učinak (%)	Fe veget učinak (%)
		Beravci 2011.		
Divana	2285,7a	1,924	0,1772b	1,747
Katarina	2285,7a	5,643	**1,2502a**	4,393
Srpanjka	2285,7a	1,647	**0,7452ab**	0,902
Zdenka	2285,7a	3,703	**0,3184ab**	3,384
P	*1,0000*	*0,3419*	*0,1159*	*0,3687*
$LSD_{0,05}$	*1333,5*	*ns*	*0,9534*	*ns*
		Beravci 2012.		
Divana	2285,7a	1,8161	**0,7279ab**	1,0883
Katarina	2285,7a	2,2953	**0,9257a**	1,3695
Srpanjka	2285,7a	1,3463	0,2944b	1,0519
Zdenka	2285,7a	1,0214	**0,5039ab**	0,5175
P	*1,0000*	*0,3392*	*0,1389*	*0,4625*
$LSD_{0,05}$	*1333,5*	*ns*	*0,5608a*	*ns*
		Novi Grad 2011.		
Divana	2285,7a	2,689	0,2662	2,422
Katarina	2285,7a	6,151	1,0138	5,137
Srpanjka	2285,7a	4,675	0,6130	4,062
Zdenka	2285,7a	5,206	1,5628	3,643
P	1,0000	0,5578	0,4425	0,6198
$LSD_{0,05}$	1333,5	ns	ns	ns
		Novi Grad 2012.		
Divana	2285.7a	3,445	1,4406	2,005
Katarina	2285,7a	4,128	0,6554	3,473
Srpanjka	2285,7a	4,487	1,3233	3,164
Zdenka	2285,7a	2,973	1,0772	1,896
P	*1,0000*	*0,8762*	*0,6121*	*0,7018*
$LSD_{0,05}$	*1333,5*	*ns*	*ns*	*ns*

Tablica XLII. Utjecaj sorte po tretmanima na provedenu gnojidbu Fe (g ha^{-1}) po tretmanima (3.000 ili 5.000 g ha^{-1}) na % apliciranog Fe koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Gnojidba Fe (g ha^{-1})	Fe ukupni učinak (%)	Fe zrno učinak (%)	Fe veget učinak (%)
Fe folijarno				
Divana	3000a	6,583	1,834	4,749
Katarina	3000a	**13,270**	2,604	**10,665**
Srpanjka	3000a	9,123	2,356	6,768
Zdenka	3000	**11,199**	3,353	**7,847**
P	0	0,4004	0,7170	0,4030
$LSD_{0,05}$	0	ns	ns	ns
Fe tlo				
Divana	5000a	1,990	0,8717	1,119
Katarina	5000a	3,204	0,6905	2,513
Srpanjka	5000a	1,375	0,5423	0,833
Zdenka	5000a	1,725	0,6997	1,025
P	0	0,5376	0,9488	0,4009
$LSD_{0,05}$		ns	ns	ns
FeZn folijarno				
Divana	3000a	6,830b	1,182	5,647
Katarina	3000a	**13,808a**	3,052	**10,756**
Srpanjka	3000a	9,89ab	2,112	7,777
Zdenka	3000a	7,835ab	1,254	6,581
P	0	0,2035	0,2213	0,4256
$LSD_{0,05}$	0	6,9592	ns	ns
Fe Zn tlo				
Divana	5000a	1,877	0,6826	1,194
Katarina	5000a	1,600	0,3827	1,217
Srpanjka	5000a	0,886	0,1977	0,688
Zdenka	5000a	1,822	0,7532	1,068
P	0	0,8659	0,6921	0,9647
$LSD_{0,05}$	0	ns	ns	ns

Tablica XLIII. Utjecaj aplikacije Fe i Zn po sortama na provedenu gnojidbu Fe (g ha^{-1}) po tretmanima (3.000 ili 5.000 g ha^{-1}) na % apliciranog Fe koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Gnojidba Fe (g ha^{-1})	Fe ukupni učinak (%)	Fe zrno učinak (%)	Fe veget učinak (%)
Divana				
Kontrola	0c	0b	0b	0b
Fe tlo	5000a	1,990b	0,8717ab	1,119b
Zn tlo	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn tlo	5000a	1,877b	0,6826ab	1,194b
Fe folijarno	3000b	**6,583a**	**1,8342a**	**4,749a**
Zn folijarno	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn folijarno	3000b	**6,830a**	**1,1825ab**	**5,647a**
P	*<0,0001*	*0,0001*	*0,0158*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*2,9333*	*1,1879*	*2,4184*
Katarina				
Kontrola	0c	0b	0b	0b
Fe tlo	5000a	3,204b	0,6905b	2,513b
Zn tlo	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn tlo	5000a	1,600b	0,3827b	1,217b
Fe folijarno	3000b	**13,270a**	**2,6044a**	**10,665a**
Zn folijarno	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn folijarno	3000b	**13,808a**	**3,0516a**	**10,756a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0002*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*5,5515*	*1,6221*	*5,1354*
Srpanjka				
Kontrola	0c	0b	0b	0b
Fe tlo	5000a	1,375b	0,5423b	0,833b
Zn tlo	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn tlo	5000a	0,886b	0,1977b	0,688b
Fe folijarno	3000b	**9,123a**	**2,3555a**	**6,768a**
Zn folijarno	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn folijarno	3000b	**9,889a**	**2,1124a**	**7,777a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*4,1778*	*0,953*	*3,8768*
Zdenka				
Kontrola	0c	0b	0b	0b
Fe tlo	5000a	1,725b	0,6997b	1,025b
Zn tlo	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn tlo	5000a	1,822b	0,7532b	1,068b
Fe folijarno	3000b	**11,199a**	**3,3527a**	**7,847a**
Zn folijarno	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn folijarno	3000b	**7,835a**	**1,2535b**	**6,581a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0009*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*3,8613*	*1,6278*	*3,1056*

Tablica XLIV. Utjecaj aplikacije Fe i Zn po okolini na provedenu gnojidbu Fe (g ha^{-1}) po tretmanima (3.000 ili 5.000 g ha^{-1}) na % apliciranog Fe koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Gnojidba Fe (g ha^{-1})	Fe ukupni učinak (%)	Fe zrno učinak (%)	Fe veget učinak (%)
Beravci 2011.				
Kontrola	0c	0c	0c	0c
Fe tlo	5000a	2,308bc	0,2243b	2,083b
Zn tlo	0c	0c	0c	0c
Fe+Zn tlo	5000a	1,633bc	0,1595b	1,473b
Fe folijarno	3000b	**11,698a**	**2,0636a**	**9,635a**
Zn folijarno	0c	0c	0c	0c
Fe+Zn folijarno	3000b	**6,966ab**	**1,9120a**	**5,054ab**
P	*<0,0001*	*0,0003*	*<0,0001*	*0,0023*
$LSD_{0,05}$	*0*	*5,7508*	*1,1124*	*5,1924*
Beravci 2012.				
Kontrola	0c	0c	0d	0
Fe tlo	5000a	1,1622b	0,7147b	0
Zn tlo	0c	0c	0d	0,4475c
Fe+Zn tlo	5000a	1,0051b	0,4634cd	0,5417c
Fe folijarno	3000b	**4,3350a**	**1,8907a**	**2,4443b**
Zn folijarno	0c	0c	0d	0
Fe+Zn folijarno	3000b	**4,8362a**	1,2220b	**3,6142a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*1,1803*	*0,5358*	*0,9466*
Novi Grad 2011.				
Kontrola	0c	0b	0b	0b
Fe tlo	5000a	1,891b	0,562b	1,329b
Zn tlo	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn tlo	5000a	1,064b	0,378b	0,686b
Fe folijarno	3000b	**15,980a**	**3,394a**	**12,586a**
Zn folijarno	0c	0b	0b	0b
Fe+Zn folijarno	3000b	**13,827a**	**1,714ab**	**12,113a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0088*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*3,8438*	*2,0283*	*3,1647*
Novi Grad 2012.				
Kontrola	0c	0c	0b	0c
Fe tlo	5000a	2,933c	1,3034b	1,630c
Zn tlo	0c	0c	0b	0c
Fe+Zn tlo	5000a	2,483c	1,0155b	1,467c
Fe folijarno	3000b	**8,162b**	**2,7986a**	**5,364b**
Zn folijarno	0c	0c	0b	0c
Fe+Zn folijarno	3000b	**12,732a**	**2,7515a**	**9,980a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*3,7987*	*1,4038*	*3,345*

Tablica XLV. Utjecaj sorte po okolinama na i aplikacije Zn na provedenu gnojidbu Zn (g ha^{-1}) po tretmanima (3.000 ili 5.000 (g ha^{-1}) na % apliciranog Zn koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Gnojidba Zn (g ha^{-1})	Zn ukupni učinak (%)	Zn zrno učinak (%)	Zn veget učinak (%)
Beravci 2011.				
Divana	2285,7a	0,4532ab	0,2265	**0,2267a**
Katarina	2285,7a	0,9106ab	0,7204	0,1901ab
Srpanjka	2285,7a	-0,0001b	0,2403	-0,2403b
Zdenka	2285,7a	**0,9859a**	0,3954	**0,5905a**
P	*1,0000*	*0,1269*	*0,3998*	*0,0070*
$LSD_{0,05}$	*1333,5*	*0,9189*	*ns*	*0,4596*
Beravci 2012.				
Divana	2285,7a	1,1261	**0,8018a**	0,3244
Katarina	2285,7a	1,3942	**0,7697a**	0,6244
Srpanjka	2285,7a	0,9247	0,2079b	0,7168
Zdenka	2285,7a	1,0407	0,3851ab	0,6557
P	*1,0000*	*0,8385*	*0,0989*	*0,5848*
$LSD_{0,05}$	*1333,5*	*ns*	*0,5586*	*ns*
Novi Grad 2011.				
Divana	2285,7a	1,5585	0,5557	0,9651
Katarina	2285,7a	1,8022	0,8371	1,0028
Srpanjka	2285,7a	1,2650	0,1556	1,1094
Zdenka	2285,7a	1,7721	0,4970	1,2751
P	1,0000	0,9362	0,5086	0,9527
$LSD_{0,05}$	1333,5	ns	ns	ns
Novi Grad 2012.				
Divana	2285,7a	1,5424	1,2067	0,3356b
Katarina	2285,7a	1,1343	0,5230	**0,6113ab**
Srpanjka	2285,7a	2,3635	1,2569	**1,1066a**
Zdenka	228,7	1,6558	1,0638	**0,5919ab**
P	*1,0000*	*0,4860*	*0,4822*	*0,1862*
$LSD_{0,05}$	*1333,5*	*ns*	*ns*	*0.7078*

Tablica XLVI. Utjecaj sorte po tretmanima i aplikacije Zn na provedenu gnojidbu Zn (g ha^{-1}) po tretmanima (3.000 ili 5.000 g ha^{-1}) na % apliciranog Zn koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Gnojidba Zn (g ha^{-1})	Zn ukupni učinak (%)	Zn zrno učinak (%)	Zn veget učinak (%)
FeZn folijarno				
Divana	3000a	2,447	1,0712	1,3756
Katarina	3000a	3,821	1,9160	1,9049
Srpanjka	3000a	3,897	1,6283	2,2690
Zdenka	3000a	2,998	1,0522	1,9458
P	0	0,4194	0,3640	0,6357
$LSD_{0,05}$		ns	ns	ns
FeZn tlo				
Divana	5000a	1,0475	0,8678	0,1797
Katarina	5000a	0,6177	0,4551	0,1626
Srpanjka	5000a	0,4262	0,2682	0,1580
Zdenka	5000a	0,5914	0,3101	0,2813
P	0	0,6629	0,3962	0,9277
$LSD_{0,05}$	0	ns	0.775	ns
Zn folijarno				
Divana	3000a	3,996	2,3624	1,6337
Katarina	3000a	3,731	1,8215	1,9097
Srpanjka	3000a	3,428	1,2243	2,2033
Zdenka	3000a	4,609	1,9049	2,7040
P	0	0,8607	0,6886	0,5308
$LSD_{0,05}$	0	ns	ns	ns
Zn tlo				
Divana	5000a	0,6999	0,5822	0,1177
Katarina	5000a	1,0024	0,7953	0,2071
Srpanjka	5000a	0,2170	0,1355	0,0815
Zdenka	5000a	1,3471	0,8300	0,5171
P	0	0,2772	0,4018	0,2790
$LSD_{0,05}$		ns	ns	ns

Tablica XLVII. Utjecaj aplikacije Fe i Zn po sortama na provedenu gnojidbu Zn (g ha^{-1}) po tretmanima (3.000 ili 5.000 g ha^{-1}) na % apliciranog Zn koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Gnojidba Zn (g ha^{-1})	Zn ukupni učinak (%)	Zn zrno učinak (%)	Zn veget učinak (%)
		Divana		
Kontrola	0c	0c	0b	0b
Fe tlo	0c	0c	0b	0b
Zn tlo	5000a	0,6999c	0,5822b	0,1177b
Fe+Zn tlo	5000a	1,0475bc	0,8678b	0,1797b
Fe folijarno	0c	0c	0b	0b
Zn folijarno	3000b	**3,9961a**	**2,3624a**	**1,6337a**
Fe+Zn folijarno	3000b	2,4468ab	1,0712b	1,3756a
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0013*	*0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*1,6799*	*1,1954*	*0,7372*
		Katarina		
Kontrola	0c	0b	0b	0b
Fe tlo	0c	0b	0b	0b
Zn tlo	5000a	1,0024b	0,7953b	0,2071b
Fe+Zn tlo	5000a	0,6177b	0,4551b	0,1626b
Fe folijarno	0c	0b	0b	0b
Zn folijarno	3000b	**3,7311a**	**1,8215a**	**1,9097a**
Fe+Zn folijarno	3000b	**3,8209a**	**1,9160a**	**1,9049a**
P	*<0,0001*	*0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*1,4631*	*0,9236*	*0,8*
		Srpanjka		
Kontrola	0c	0b	0b	0b
Fe tlo	0c	0b	0b	0b
Zn tlo	5000a	0,2170b	0,1355b	0,0815b
Fe+Zn tlo	5000a	0,4262b	0,2682b	0,1580b
Fe folijarno	0c	0b	0b	0b
Zn folijarno	3000b	**3,4275a**	**1,2243a**	**2,2033a**
Fe+Zn folijarno	3000b	**3,8973a**	**1,6283a**	**2,2690a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0002*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*1,3679*	*0,8463*	*0,9129*
		Zdenka		
Kontrola	0c	0d	0c	0c
Fe tlo	0c	0d	0c	0c
Zn tlo	5000a	1.3471c	0.8300b	0.5171c
Fe+Zn tlo	5000a	0.5914c	0.3101b	0.2813c
Fe folijarno	0c	0d	0c	0c
Zn folijarno	3000b	**4.6089a**	**1.9049a**	**2.7040a**
Fe+Zn folijarno	3000b	2.9980b	1.0522b	1.9458b
P	*<.0001*	*<.0001*	*<.0001*	*<.0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*1.1783*	*0.752*	*0.7571*

Tablica XLVIII. Utjecaj aplikacije Fe i Zn na provedenu gnojidbu Zn (g ha^{-1}) po tretmanima (3.000 ili 5.000 g ha^{-1}) na na % apliciranog Zn koji je iznesen zrnom te vegetativnom i ukupnom nadzemnom masom pšenice

	Gnojidba Zn (g ha^{-1})	Zn ukupni učinak (%)	Zn zrno učinak (%)	Zn veget učinak (%)
Beravci 2011.				
Kontrola	0c	0c	0c	0c
Fe tlo	0c	0c	0c	0c
Zn tlo	5000a	0,5770abc	0,3708abc	0,2062ab
Fe+Zn tlo	5000a	0,3851bc	0,2857bc	0,0994b
Fe folijarno	0c	0c	0c	0c
Zn folijarno	3000b	1,4436ab	**1,171a**	0,2721ab
Fe+Zn folijarno	3000b	**1,7061a**	0,9414ab	**0,7647a**
P	*<0,0001*	*0,0103*	*0,0160*	*0,1901*
$LSD_{0,05}$	*0*	*1,1553*	*0,8068*	*0,6327*
Beravci 2012.				
Kontrola	0c	0b	0b	0b
Fe tlo	0c	0b	0b	0b
Zn tlo	5000a	0,6618b	0,4667b	0.1952b
Fe+Zn tlo	5000a	0,5975b	0,5087b	0.0887b
Fe folijarno	0c	0b	0b	0b
Zn folijarno	3000b	**3,4119a**	**1,3416a**	**2.0703a**
Fe+Zn folijarno	3000b	**3,1789a**	**1,4709a**	**1.7080a**
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*0,8046*	*0,6065*	*0,4363*
Novi Grad 2011.				
Kontrola	0c	0c	0b	0b
Fe tlo	0c	0c	0b	0b
Zn tlo	5000a	0,6574c	0,3695b	0,2878b
Fe+Zn tlo	5000a	0,3280c	0,0763b	0,2518b
Fe folijarno	0c	0c	0b	0b
Zn folijarno	3000b	**5,9901a**	**2,2477a**	**3,7424a**
Fe+Zn folijarno	3000b	4,2206b	0,8858b	3,3348a
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,0002*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*1,6295*	*1,0305*	*0,858*
Novi Grad 2012.				
Kontrola	0c	0b	0c	0c
Fe tlo	0c	0b	0c	0c
Zn tlo	5000a	1,3702b	1,1361b	0,2341c
Fe+Zn tlo	5000a	1,3724b	1,0306bc	0,3418c
Fe folijarno	0c	0b	0c	0c
Zn folijarno	3000b	**4,9180a**	**2,5521a**	**2,3659a**
Fe+Zn folijarno	3000b	4,0574a	2,3696a	1,6878b
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
$LSD_{0,05}$	*0*	*1,4761*	*1,1316*	*0,6293*

Tablica XLIX. Utjecaj tretmana po sorti na ukupnu koncentraciju fenola u zrnu pšenice (mg g^{-1} zrna), ukupnu koncentraciju fitata u zrnu pšenice (mg g^{-1} zrna), ukupnu antioksidativnu aktivnost zrna pšenice (μmol g^{-1}), molarni odnos fitata/Fe u zrnu pšenice, molarni odnos fitata/Zn u zrnu pšenice (mg g^{-1} zrna)

	Fenoli u zrnu pšenice (mg g^{-1})	Fitat u zrnu pšenice (mg g^{-1})	UAA u zrnu pšenice (μmol g^{-1})	Fitat/Fe u zrnu pšenice (mg g^{-1})	Fitat/Zn u zrnu pšenice (mg g^{-1})
Divana					
Kontrola	1,36476	17,1140	**0,93896a**	**38,733a**	44,119
Fe tlo	1,34909	16,7368	0,76726bc	**35,693ab**	40,304
Zn tlo	1,33190	17,1930	0,75276bc	**38,694a**	41,751
Fe+Zn tlo	1,34403	17,0877	0,78905bc	**37,679a**	40,824
Fe Folijarno	1,36072	17,2193	**0,88287ab**	31,047b	43,368
Zn Folijarno	1,32178	18,0263	0,73647c	**38,226a**	37,765
Fe+Zn folijarno	1,31976	16,6930	0,76156bc	**34,245ab**	37,993
P	*0,9753*	*0,8455*	*0,0610*	*0,0907*	*0,6111*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*0,1461*	*5,8143*	*ns*
Katarina					
kontrola	1,3395	**13,5614ab**	0,89019	**32,751a**	**40,617a**
Fe tlo	1,2459	**13,4474ab**	0,84407	**27,875ab**	**38,736ab**
Zn tlo	1,2105	**13,9298ab**	0,83469	**30,295ab**	**33,458abc**
Fe+Zn tlo	1,3112	**14,6140a**	0,89517	**31,873ab**	**37,655abc**
Fe folijarno	1,4002	**14,4211ab**	0,82030	25,732bc	**37,942ab**
Zn folijarno	1,3567	**13,7193ab**	0,87902	**29,889ab**	29,945c
Fe+Zn folijarno	1,2894	13,0702b	0,79129	21,391c	32,273bc
P	*0,5765*	*0,3602*	*0,4318*	*0,0101*	*0,0768*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*1,4654*	*ns*	*6,1706*	*7,741*
Srpanjka					
Kontrola	1,3203	13,439	0,71647	**31,549a**	**43,367a**
Fe tlo	1,3875	11,757	0,75276	**24,775bc**	**35,428ab**
Zn tlo	1,4416	12,825	0,75424	**28,512ab**	**42,946a**
Fe+Zn tlo	1,3547	12,693	0,71922	**28,103ab**	**37,937ab**
Fe folijarno	1,3627	13,386	0,77915	**23,691bc**	**42,439a**
Zn folijarno	1,4751	12,404	0,75441	**28,209ab**	**31,298b**
Fe+Zn folijarno	1,3916	12,211	0,72087	**22,672c**	**33,326b**
P	*0,9714*	*0,7588*	*0,9023*	*0,0152*	*0,0383*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*5,1513*	*8,903*
Zdenka					
Kontrola	1,4856	14,6404	0,87559	31,816	**44,471a**
Fe tlo	1,4138	14,9737	0,85888	28,387	41,136abc
Zn tlo	1,3951	14,5000	0,83304	28,437	39,126bc
Fe+Zn tlo	1,6186	15,2895	0,96556	29,994	**45,769a**
Fe folijarno	1,6211	15,3333	0,89889	25,913	43,646ab
Zn folijarno	1,5180	15,2807	0,88966	28,911	36,533c
Fe+Zn folijarno	1,4426	14,6228	0,85338	26,271	35,955c
P	*0,6011*	*0,8073*	*0,5529*	*0,6375*	*0,0020*
$LSD_{0,05}$	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*5,313*

Tablica L. Utjecaj sorte po tretmanu na ukupnu koncentraciju fenola u zrnu pšenice, ukupnu koncentraciju fitata u zrnu pšenice, molarni odnos fitata/Fe i fitata/Zn u zrnu pšenice, ukupnu antioksidativnu aktivnost zrna pšenice (μmol g^{-1})

	Fenoli u zrnu (mg g^{-1})	Fitat u zrnu (mg g^{-1})	UAA u zrnu (μmol g^{-1})	Fitat/Fe u zrnu (mg g^{-1})	Fitat/Zn Zrnu(mg g^{-1})
Fe folijarno					
Divana	1,3607b	**17,219a**	0,88287	**31,047a**	43,368
Katarina	1,4002ab	14,421b	0,82030	25,732ab	37,942
Srpanjka	1,3627b	13,386b	0,77915	23,691b	42,439
Zdenka	**1,6211a**	15,333ab	0,89889a	25,913ab	43,646
P	0,1396	0,0080	0,2257	0,1962	0,5218
$LSD_{0,05}$	0,257	2,1024	ns	7,0611	ns
Fe tlo					
Divana	1,3491	**16,7368a**	0,76726	**35,693a**	40,304
Katarina	1,2459	13,4474bc	0,84407	27,875b	38,736
Srpanjka	1,3875	11,7570c	0,75276	24,775b	35,428
Zdenka	1,4138	14,9737ab	0,85888	28,387b	41,136
P	0,5177	0,0005	0,2342	0,0220	0,5288
$LSD_{0,05}$	ns	2,0546	ns	6,8187	ns
Kontrola					
Divana	1,3648	**17,1140a**	**0,93896a**	**38,733a**	44,119
Katarina	1,3395	13,5614b	**0,89019a**	32,751ab	40,617
Srpanjka	1,3203	13,4386b	0,71647b	31,549b	43,367
Zdenka	1,4856	14,6404b	0,87559ab	31,816b	44,471
P	0,5108	0,0017	0,0467	0,0950	0,8038
$LSD_{0,05}$	ns	1,8613	0,1598	6,4066	ns
FeZn folijarno					
Divana	1,3198	**16,6930a**	0,76156	**34,245a**	37,993
Katarina	1,2894	13,0702bc	0,79129	21,391b	32,273
Srpanjka	1,3916	12,2105c	0,72087	22,672b	33,326
Zdenka	1,4426	14,6228b	0,85338	26,271b	35,955
P	0,5596	0,0003	0,2968	0,0023	0,4006
$LSD_{0,05}$	ns	1,8222	ns	6,5082	ns
FeZn tlo					
Divana	1,3440b	**17,0877a**	0,78905bc	**37,679a**	40,824ab
Katarina	1,3112b	14,6140b	0,89517ab	31,873ab	37,655b
Srpanjka	1,3547b	12,6930c	0,71922c	28,103b	37,937b
Zdenka	**1,6186a**	15,2895b	**0,96556a**	29,994b	**45,769a**
P	0,0225	0,0005	0,0052	0,0645	0,0465
$LSD_{0,05}$	0,2103	1,7533	0,1345	7,2624	6,2325
Zn folijarno					
Divana	1,3218	**18,0263a**	0,73647b	**38,226a**	**37,765a**
Katarina	1,3567	13,7193bc	**0,87902a**	29,889b	29,945c
Srpanjka	1,4751	12,4035c	0,75441ab	28,209b	31,298bc
Zdenka	1,5180	15,2807b	**0,88966a**	28,911b	36,533ab
P	0,5418	<0,0001	0,0540	0,0002	0,0478
$LSD_{0,05}$	ns	1,6143	0,137	4,1249	6,3905
Zn tlo					
Divana	1,3319	**17,1930a**	0,75276b	38,694	**41,751a**
Katarina	1,2105	13,9298b	**0,83469a**	30,295	33,458b
Srpanjka	1,4416	12,8246b	0,75424b	28,512	**32,434 b**
Zdenka	1,3951	14,5000b	**0,83304a**	28,437	39,126ab
P	0,3962	0,0009	0,0178	0,0003	0,0873
$LSD_{0,05}$	ns	1,9141	0,0664	ns	7,8482

Tablica LI. Utjecaj godine lokaliteta, okoline, sorte i aplikacije Fe i Zn na komponente prinosa pšenice

	Masa biljke (g b^{-1})	Duljina klasa (cm)	Masa klasa (g b^{-1})	Broj fertilnih klasića/ klasu	Broj sterilnih klasića/klasu	Broj zrna/b	Masa zrna (g b^{-1})
2011.	3,06301a	7,93637b	2,14696a	17,2338a	1,81185a	42,004a	1,65945a
2012.	2,77560	8,34357a	1,88619b	17,0548a	1,26482b	39,504b	1,42464b
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*0,3645*	*<0,0001*	*0,0183*	*<0,0001*
LSD0,05	*0,116*	*0,1759*	*0,0904*	*0,3879*	*0,173*	*2,0747*	*0,0818*
Beravci	2,71959b	7,96696b	1,83280b	16,1030b	2,04649a	36,0931b	1,35751b
Novi Grad	3,11902a	8,31298a	2,20036a	18,1855a	1,03018b	45,4149a	1,72658a
P	*<0,0001*	*0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
LSD0,05	*0,1121*	*0,1775*	*0,086*	*0,3171*	*0,1464*	*1,8358*	*0,0758*
Beravci 2011	2,87286b	7,7265c	1,96929b	16,4068b	2,36500a	36,570c	1,43348c
Beravci 2012	2,56631c	8,2074b	1,69631c	15,7993c	1,72798b	35,616c	1,28155d
Novi Grad 2011	3,25315a	8,1462b	2,32464a	18,0608a	1,25869c	47,438a	1,88543a
Novi Grad 2012	2,98488b	8,4798a	2,07607b	18,3102a	0,80167d	43,392b	1,56774b
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
LSD0,05	*0,1528*	*0,2437*	*0,1152*	*0,4442*	*0,1896*	*2,5651*	*0,1006*
Divana	2,97787b	8,27202c	1,87917c	15,7699d	1,5799b	30,651d	1,40937c
Katarina	3,16499a	8,51917b	2,30619a	17,6095b	1,9325a	47,727a	1,79932a
Srpanjka	2,40470c	7,02643d	1,70560d	16,6086c	1,3419bc	39,409c	1,32117c
Zdenka	3,12964a	8,74226a	2,17536b	18,5892a	1,2990c	45,229b	1,63833b
P	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*	*<0,0001*
LSD0,05	*0,1425*	*0,1582*	*0,1131*	*0,4461*	*0,2476*	*2,1875*	*0,1069*
Kontrola	2,8716a	8,1100a	1,97896a	16,9908a	1,5846a	39,818a	1,52920a
Fe tlo	2,9578a	8,1381a	2,03021a	17,2285a	1,5594a	41,044a	1,55946a
Zn tlo	2,9009a	8,1002a	2,02292a	17,0440a	1,5235a	41,025a	1,54192a
Fe+Zn tlo	2,8913a	8,1535a	1,98875a	17,1150a	1,5588a	40,083a	1,50071a
Fe folijarno	2,9894a	8,2383a	2,07688a	17,2727a	1,4396a	42,050a	1,58974a
Zn folijarno	2,8376a	8,0579a	1,96438a	16,9354a	1,5860a	39,479a	1,48602a
Fe+Zn folijarno	2,9865a	8,1817a	2,05396a	17,4235a	1,5165a	41,779a	1,58729a
P	*0,7826*	*0,9665*	*0,8686*	*0,8547*	*0,9843*	*0,8168*	*0,8220*
LSD0,05	*0,2252*	*0,3411*	*0,1777*	*0,7292*	*0,344*	*3,9263*	*0,1607*

ŽIVOTOPIS

Mirjana Martić, rođena je 2. rujna 1965. godine u Slavonskom Brodu. Osnovnu i srednju školu završila je u Slavonskom Brodu. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, smjer ratarstvo, upisala je 1984. i diplomirala 1989. Radno iskustvo započela je iste godine u tvornici voća „Hladnjača“ u Slavonskom Brodu gdje je radila na poslovima laboranta, a kasnije tehnologa u pogonu prerade voća i povrća. Radila je i na poslovima voditelja nabave i prodaje u Poljoprivrednoj ljekarni TJ Prom. Godine 2008. radi u Centru za politiku malih i srednjih poduzeća gdje je uključena u provedbu projekta “Od ovisnosti o državnim sredstvima do samozapošljavanja” koji u sklopu programa PHARE 2005 financira EU. Radila je i na drugim projektima vezanim za poljoprivredu i ruralni razvoj Green oasis, Eco Horty Lab 1 i 2, Primjena inovativnih metoda podučavanja i komunikacije sukladno smjernicama ruralnog razvoja. 2008. godine na Veleučilištu u Slavonskom Brodu izabrana je u naslovno suradničko zvanje asistenta za znanstveno područje biotehničkih znanosti, polje poljoprivreda, grana krajobrazna arhitektura, a 2011. u naslovno zvanje predavača za znanstveno područje biotehničkih znanosti, polje poljoprivreda, grana bilinogojstvo te postaje nositelj kolegija Žitarice, Industrijsko i krmno bilje, Skladištenje i dorada poljoprivrednih proizvoda, Stočarstvo i Ekološka poljoprivreda. Danas surađuje u provedbi Stručne prakse Veleučilišta u Slavonskom Brodu. Od 2009. radi u Srednjoj školi “Matije Antuna Reljkovića“ kao nastavnik poljoprivrednih stručnih predmeta i praktične nastave. Poslijediplomski doktorski studij upisala je na smjeru Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo, na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku 2009./10.

Tijekom istraživačkog rada ispitivala je utjecaj lokaliteta, vegetacije i mikrohraniva na komponente prinosa i agronomska svojstva različitih sorata pšenice te koncentracije P, K, Ca, Fe i Zn u zrnu. Na školskom gospodarstvu gnojidbenim pokusom ispitivala je utjecaj različitih vrsta NPK gnojiva na komponente prinosa i agronomska svojstva soje. U suradnji sa Poljoprivrednim Institutom i Poljoprivrednim fakultetom iz Osijeka provela je sortno gnojidbeni pokus na soji gdje ispituje komponente prinosa i agronomska svojstva kod šest sorata soje te utjecaj folijarne aplikacije Zn i Se na njihovu koncentraciju u zrnu.

U okviru znanstvenog rada autor je više stručnih, preglednih i znanstvenih radova. Sudjelovala je na šest međunarodnih simpozija. Izlagala je na više stručnih skupova u okviru rada na projektima, u srednjoj školi te na Veleučilištu u Slavonskom Brodu.