

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Гордана Д. Таминџић, маг. инж. пољ.

**ПРИМЕНА ЦИНКА У ГАЈЕЊУ
КУКУРУЗА И ЕФИКАСНОСТ
ХИБРИДА У ЊЕГОВОЈ
АКУМУЛАЦИЈИ У ЗРНУ**

Докторска дисертација

Београд, 2017.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Gordana D. Tamindžić, M.Sc.

**APPLICATION OF ZINC IN MAIZE
PRODUCTION AND HYBRIDS
EFFICIENCY IN GRAIN ZINC
ACCUMULATION**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2017.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:

Ментор:

др Јасна Савић, ванредни професор
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду

Чланови комисије:

др Маја Игњатов, научни сарадник
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

др Љиљана Костић Крављанац, научни сарадник
Институт за мултидисциплинарна истраживања,
Универзитет у Београду

др Александра Настасић, виши научни сарадник
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

др Љубиша Живановић, доцент
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду

Датум одбране докторске дисертације: _____

Изјава захвалности

Овим путем желела бих да се захвалим свима који су дали свој допринос и на било који начин помогли у изради ове докторске дисертације.

Највећу захвалност дугујем менторки проф. др Јасни Савић и др Маји Игњатов, које су ме усмеравале и водиле у току израде ове докторске дисертације. Захваљујем им се на пренесеном знању, великодушној помоћи у свим фазама израде ове дисертације и указаном поверењу.

Велику захвалност дугујем и проф. др Миролсаву Николићу на дивној сарадњи и подједнаком ангажовању, како у експерименталној фази рада, тако и на стручним смерницама и помоћи током финализације докторске дисертације. Желим да се захвалим и осталим члановима комисије др Љиљани Костић Крављанац, др Александри Настасић и др Љубиши Живановићу, који су својим саветима и идејама пружили несебичну стручну помоћ.

Посебну захвалност за значајан допринос током истраживачког рада дугујем колегиници др Зорици Николић, која је на посредан или непосредан начин дала свој допринос у реализацији ове дисертације.

Израда овог рада не би била могућа без помоћи мојих драгих колега, који су се, поред указане помоћи, показали и као прави пријатељи. Срдачно се захваљујем свим запосленим у Лабораторији за испитивање семена Института за ратарство и повртарство.

Хвала Институту за ратарство и повртарство у Новом Саду што ми је омогућио израду ове докторске дисертације

И на крају, али никако на последњем месту, захваљујем се својим најмилијима, ћерки Нађи, супругу Срђану, оцу Душану, мајци Видосави и сестри Драгани за сву љубав и подршку коју су ми пружили, јер су они заслужни за све што данас јесам. Драгој фамилији, породицама Таминцић, Јовановић, Ђорђевић, Глигоревић, Војновић, као и драгим пријатељима се неизмерно захваљујем на бескрајној љубави, стрпљењу и подршци.

Овај рад посвећујем својој ћерки Нађи, која је извор моје среће, без које све ово не би имало смисла...

Аутор

Ова докторска дисертација урађена је у оквиру пројекта ТР 31073 под насловом „Унапређење производње кукуруза и сирка у условима стреса“ и ОИ 173028 под насловом „Минерални стрес и адаптација биљака на маргиналним пољопривредним земљиштима“, финансираних од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Примена цинка у гајењу кукуруза и ефикасност хибрида у његовој акумулацији у зрну

Резиме

Цинк (Zn) је есенцијални микроелемент за биљке. Житарице су најважнији извор протеина и минерала за скоро половину популације у свету, чије је здравље угрожено недостатком цинка. Стога су истраживања у свету усмерена ка повећању садржаја цинка у најважнијим пољопривредним производима, проучавањем механизма Zn-ефикасности и примени цинка у производној пракси, најчешће на карбонатним земљиштима која су често Zn-дефицитарна. Иако су минерална ђубрива са цинком доступна на тржишту у Србији, ретко се примењују у производној пракси у ратарству.

Главни циљеви ових истраживања били су да се утврди да ли постоје генотипске разлике у Zn-ефикасности између домаћих хибрида кукуруза, са посебним освртом на ефикасност хибрида у акумулацији цинка у зрну, и да се проучи утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на пораст, принос и минерални састав зрна кукуруза. Циљ је био и да се проучи утицај прајминга семена водом (хидропрајминг) и цинком на квалитет и животну способност семена.

Резултати огледа у хранљивим растворима указали су на значајне генотипске разлике у Zn-ефикасности девет хибрида, одређене на основу пораста надземног дела биљака и концентрације цинка у листовима у третманима са дефицитом цинка (0,05 μM) и оптималном концентрацијом (0,5 μM). У двогодишњем пољском огледу, Zn-ефикасни хибриди NS 6030 и NS 4030 и Zn-неефикасни NS 4023 и NS 3022 гајени су на два локалитета, на карбонатном земљишту слабо обезбеђеном доступним цинком. Упркос забележеним значајним разликама између хибрида у концентрацији цинка у зрну, резултати не указују на велике генотипске разлике у ефикасности његове акумулације у зрну. Корелација између концентрације цинка и гвожђа у зрну није била значајна.

Показан је значај цинка за почетни пораст кукуруза, јер је прајмингом семена цинком значајно побољшан за сва четири хибрида гајених на локалитету Панчево где је земљиште јако карбонатно. Сви примењени третмани повећали су принос зрна, али је њихов утицај на хибриде био различит у две сезоне и очигледно је зависио од општег пораста биљака у контрастним условима одређеним великим разликама у количини падавина.

Повећање приноса зрна и до 24% указује да прајминг семена непосредно пре сетве и фолијарна примена цинка на карбонатном земљишту, дефицитарном и потенцијално дефицитарном у доступном цинку, представља једноставну методу која без ризика може да се примењује у производној пракси кукуруза, а значајно већи принос добијен прајмингом цинком у односу на хидропрајминг у другој години потврдио је значај цинка у исхрани кукуруза. Повећање концентрације цинка у зрну може се објаснити бољим порастом биљака у свим третманима, што је највероватније допринело повећању усвајања цинка из земљишта. Код неких хибрида, забележено је тзв. разблажење приноса са њиховим порастом, што је био случај и за концентрацију протеина у зрну. Генотипске разлике између хибрида у одговору на примењене третмане треба да буду предмет будућих истраживања, која се односе на физиолошке процесе у биљкама на пољу.

Иако је код неких хибрида прајмингом семена побољшано ницање у пољу, тест убрзаног старења указује да дуготрајно складиштење семена након прајминга може да има негативан утицај на клијање и ницање у пољу. Генотипске разлике у квалитету и животној способности семена третираног водом и цинком у различитим условима такође треба да буду предмет даљег проучавања са аспекта физиологије семена и локализације цинка у семену.

Кључне речи: цинк, кукуруз, генотипске разлике, прајминг семена, фолијарна примена, принос зрна, концентрација цинка у зрну, гвожђе, квалитет и животно способност семена.

Научна област: Биотехничке науке

Ужа научна област: Посебно ратарство

УДК број: 546.47:633.15 (043.3.)

Application of zinc in maize production and hybrids efficiency in grain zinc accumulation

Summary

Zinc (Zn) is an essential trace element for plants. Cereals are the most important source of proteins and minerals for almost half of the world population, whose health is affected by zinc deficiency. Therefore, global research is focused at increasing zinc content in the most important agricultural products by studying the mechanisms of Zn-efficiency and practical application of zinc in crops production. Although mineral fertilizers with zinc are available in the market in Serbia, they are rarely applied in crop production.

The main objectives of the research were to evaluate genotypic variability of Zn-efficiency in domestic maize hybrids, with special emphasis on their efficiency in grain zinc accumulation and to examine the effect of seed priming and foliar application of zinc on the growth, yield and grain mineral content. Also, the aim of the research was to examine how seed quality and viability are affected by seed priming with water (hydropriming) and zinc.

Results obtained from the nutrient solution experiment indicated significant genotypic differences in Zn-efficiency in nine hybrids, based on shoot growth and zinc concentration in the leaves under treatments with zinc deficiency (0.05 μM) and the optimal zinc concentration (0.5 μM). In the two-year field experiment, Zn-efficient hybrids NS 6030 and NS 4030 and Zn-inefficient NS 4023 and NS 3022 were grown on two sites, on calcareous soil with low available Zn. Despite obtained significant differences between hybrids in zinc grain concentration, the results do not indicate to remarkable genotypic differences in the efficiency in zinc accumulation in the grain. There was no significant correlation between grain zinc and iron concentration.

The important role of zinc for initial maize growth was confirmed since priming with Zn significantly improved growth of all tested maize hybrids grown in Pančevo, on

the highly calcareous soil. All applied treatments increased yield, but their impact on the hybrids differed over two seasons and apparently depended on general plant growth under contrasting weather conditions due to large differences in precipitation. The increase in grain yield of up to 24% indicated that seed priming and foliar application of zinc on calcareous soil deficient and potentially deficient in plant available zinc are simple methods, which can be applied in maize production without risk. Furthermore, a significantly higher yield obtained by seed priming compared to hydropriming in the second year also confirmed the importance of zinc in maize nutrition. The increase in zinc grain concentration can be explained by the promoted plant growth in all treatments, which most likely contributed to increased uptake of nutrients from the soil. In some hybrids, the so-called “dilution of yield“ was recorded due to increased yield, as was the case for protein grain concentration. The physiological background of genotypic differences between hybrids in response to the applied treatments needs to be further elucidated.

Although seed priming improved field emergence in some hybrids, results of accelerated aging test indicate that long-term storage of seeds after priming can have a negative impact on germination and field emergence. Genotypic differences in the quality and viability of seed treated with water and zinc under various conditions should also be subjected to further research in terms of seed physiology and zinc localization in seed.

Key words: zinc, maize hybrids, seed priming, foliar application, grain yield, zinc grain concentration, iron, seed quality and viability

Scientific area: Biotechnical sciences

Specific scientific area: Crop Production

UDC number: 546.47: 633.15 (043.3)

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА	3
3. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ.....	4
3.1. Физиолошка улога цинка, усвајање и кретање у биљци.....	4
3.2. Доступност цинка у земљишту, његова интеракција са другим елементима и недостатак код гајених биљака.....	6
3.3. Квалитет и животна способност семена	11
3.4. Прајминг семена	13
3.4.1. Примена прајминга семена водом и хранљивим елементима	16
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА.....	18
4.1. Оглед у судовима са хранљивим растворима	18
4.1.1. Биљни материјал	18
4.1.2. Услови гајења биљака и третмани.....	19
4.2. Пољски огледи	21
4.2.1. Дизајн огледа и третмани	21
4.2.2. Узорковање и мерења	22
4.3. Агроеколошки услови	23
4.3.1. Метеоролошки подаци.....	23
4.3.2. Земљиште.....	25
4.4.1. Третмани прајминга семена	28
4.4.2. Стандардни тест клијавости.....	28
4.4.3. Хладни тест.....	29
4.4.4. Тест убрзаног старења	29
4.5. Припрема узорака и аналитичке методе.....	29
4.6. Хемијска анализа земљишта.....	30
4.7. Статистичка анализа.....	30
5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА.....	31
5.1. Генотипске разлике између хибрида кукуруза у Zn-ефикасности.....	31

5.2. Пољски оглед	40
5.2.1. Утицај прајминга на концентрацију и укупни садржај Zn у семену.....	40
5.2.2. Утицај прајминга семена на ницање у пољу	40
5.2.3. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на пораст биљака	43
5.2.4. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на компоненте приноса кукуруза.....	50
5.2.5. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на принос зрна .	66
5.2.6. Оцена ефикасности хибрида у акумулацији цинка у зрну и утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на концентрацију цинка и гвожђа у зрну	69
5.2.7. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на концентрацију протеина у зрну	77
5.3. Утицај хидропрајминга и прајминга цинком на квалитет и животну способност семена кукуруза	79
5.3.1. Стандардни тест клијавости.....	79
5.3.2. Хладни тест.....	83
5.3.3. Тест убрзаног старења	88
6. ДИСКУСИЈА	94
6.1. Генотипске разлике између хибрида кукуруза у Zn-ефикасности.....	94
6.2. Пољски огледи	96
6.2.1. Утицај прајминга семена на ницање у пољу	96
6.2.2. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на пораст биљака	98
6.2.3. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на компоненте приноса.....	101
6.2.4. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на принос зрна	103
6.2.5. Оцена ефикасности хибрида у акумулацији цинка у зрну. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на концентрацију цинка и гвожђа у зрну	107
6.2.6. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на концентрацију укупних протеина у зрну	111
6.3. Испитивање утицаја хидропрајминга и прајминга семена цинком на квалитет и животну способност семена кукуруза	112

6.3.1. Стандардни тест клијавости.....	114
6.3.2. Хладни тест.....	117
6.3.3. Тест убрзаног старења	121
7. ЗАКЉУЧАК	124
8. ЛИТЕРАТУРА	126
БИОГРАФИЈА ДОКТОРАНДА	153
ПРИЛОЗИ.....	155

1. УВОД

Кукуруз (*Zea mays* L.) је једна од најзначајнијих гајених биљних врста у свету. Гаји се на око 185 милиона хектара, са просечним приносом зрна $5,63 \text{ t ha}^{-1}$ и укупном годишњом производњом од 1.008 милиона тона (FAOSTAT, 2014). Зрно кукуруза и производи који се од њега праве представљају врло важан извор протеина у исхрани људи. Значај зрна кукуруза за исхрану људи најбоље илуструје податак да је извор $6,02 \text{ g}$ протеина који се дневно по глави становника конзумирају у неразвијеним земљама, за разлику од земаља Европске Уније у којима је та количина свега $1,32 \text{ g}$ (FAOSTAT, 2013). Осим за исхрану људи и домаћих животиња, кукуруз се све више користи као сировина за производњу биоетанола и биогаса (Srećkov, 2009). Површине на којима се кукуруз гаји у Србији обухватају више од једне четвртине укупног коришћеног пољопривредног земљишта (Статистички годишњак Републике Србије, 2015). Принос зрна и укупна производња варирају по годинама, на шта највише утиче чест недостатак падавина. Тако је укупна производња у 2012. години била 3,5 милиона тона, а у 2014. години 7,9 милиона тона.

Кукуруз је врста која током раста и развића усваја велике количине хранљивих елемената, укључујући и микроелементе међу којима се посебно издваја цинк (Zn) (Obrador et al., 2003). Производна пракса интензивног гајења кукуруза у Србији подразумева примену великих количина минералних ђубрива, најчешће без наводњавања. Иако су на тржишту доступна ђубрива са микроелементима, ретко се примењују у пракси. Осим што се не посвећује пажња значају микроелемената у пољопривредној производњи, мали је број истраживања која проучавају везу између микроелемената у земљишту и квалитета најважнијих пољопривредних производа. Истраживања новијег датума су показала да је ниска концентрација цинка у зрну пшенице гајеној у Србији у директној вези са ниским концентрацијама овог микроелемента у земљишту (Nikolić et al., 2016). Резултати ове врсте су од великог значаја за науку и праксу, имајући у виду да је недостатак цинка распрострањен код људи и да утиче на здравље скоро половине светске популације (Welch & Graham, 2004). Процењено је да је недостатак цинка

одговоран за око 4% од светских случајева обољења и смртности код деце (Gibson, 2012). Недостатак цинка се манифестује у виду тешких здравствених компликација која се односе на физички раст, имуни систем, моздане функције и способности учења, оштећења ДНК и настајање канцера. До недостатка цинка у организму долази услед недовољног уноса цинка путем исхране, јер се цинк не акумулира у организму.

Проблем недостатка цинка у земљишту и његове корекције ђубрењем је интензивно проучаван током последње две деценије. Такође, све више се поклања пажња проучавању прајминга семена растворима са хранљивим елементима, као алтернативном начину физиолошког побољшања квалитета семена, али и његовог утицаја на принос зрна и његов квалитет.

2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Основни циљеви истраживања ове докторске дисертације били су: 1) да се утврди да ли постоје генотипске разлике у цинк ефикасности између домаћих хибрида кукуруза, са посебним освртом на акумулацију цинка у зрну; 2) да се проучи утицај примене цинка на пораст, принос и минерални састав зрна хибрида који се разликују у цинк ефикасности и 3) да се утврди како прајминг семена водом и цинк-сулфатом ($ZnSO_4$) утичу на квалитет и животну способност семена хибрида.

Генотипске разлике у цинк-ефикасности су проучаване гајењем биљака у хранљивим растворима и у пољском огледу на земљишту где је мања доступност цинка, у коме је праћен и утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на наведене параметре. Оцена квалитета и животна спрособност семена након прајминга урађена је применом одговарајућих лабораторијских тестова и праћено је ницање у пољу.

3. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

3.1. Физиолошка улога цинка, усвајање и кретање у биљци

Есенцијалност Zn за више биљке је доказана почетком прошлог века и то прво на кукурузу (Mazé, 1915), а затим и на јечму и сунцокрету (Sommer & Liptan, 1926). Метаболичке функције цинка су засноване на његовој јакој тежњи да формира тетраедарни комплекс са N-, S- и посебно S-лигандима и самим тим има и функционалну (каталитичку) и структурну улогу у ензимским реакцијама (Vallee & Auld, 1990; Vallee & Falchuk, 1993). Zn је кофактор великог броја протеина, највише Zn-фингер протеина, RNA и DNA полимераза (Coleman, 1998; López-Millán et al., 2005, Broadley et al., 2007). Zn је једини метал присутан у ензимима свих шест класа: оксидо-редуктазе, трансферазе, хидролазе, изомеразе, лигазе и лиазе (Sousa et al., 2009). Поред тога што је активатор многих ензима који учествују у процесу фотосинтезе, Zn утиче и на издуживање ћелија и ћелијску деобу (Сакмак, 2008). Даље, доказана је и његова улога за интегритет и стабилност ћелијских мембрана (Сакмак, 2000; Disante et al., 2010), има значајну улогу у физиологији семена, а биљке изложене његовом дефициту касније улазе у фазе зрелости (Hänsch & Mendel, 2009).

Биљке усвајају Zn у облику двовалентног катјона (Zn^{2+}) или у виду комплекса са органским лигандима; при већим вредностима pH, вероватно се може усвајати и у облику једновалентног катјона (Broadley et al., 2012). Путем ксилема метали се транспортују до апопласта или симпласта листа (Broadley et al., 2007). Током транспорта у ксилему, Zn је везан за органске киселине, аминокиселине (никотинамид), фитохелатине или је у облику двовалентног катјона. Концентрација Zn у соку флоема је висока и сматра се да се транспортује или у јонском облику или као органски комплекс мале молекулске тежине (Kochian, 1991).

Пошто Zn не може да дифундује кроз ћелијску мембрану, за његов транспорт у цитоплазму неопходни су специфични транспортери. Усвајање и транспорт цинка кроз биљку регулисани су транспортерима из три фамилије: ZIP

(*Zinc- Iron- Permease family*), CDF (Cation Diffusion Facilitator) и HMA (Heavy Metal ATPase). ZIP фамилија протеина није јон-специфична и омогућава улазак Zn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} и Mn^{2+} у цитоплазму (Guerinot, 2000). Mondal et al. (2014) су идентификовали 12 чланова фамилије ZIP гена код две линије кукуруза VQL-2 и SM-145 које се разликују по концентрацији Zn у зрну. Резултати ових истраживања су показали различиту експресију гена у зависности од ткива (листа заставичара и зрна десет дана након заметања) ове две инбред линије.

Биљне врсте се разликују у способности усвајања Zn, поготово када је његова доступност у ризосфери лимитирана. Zn-ефикасност се дефинише као способност биљке да расте и даје добре приносе у земљиштима са дефицитом доступног Zn (Graham et al., 1992). Процеси који могу да утичу на толерантност биљака на недостатак Zn подразумевају повећано усвајање преко корена, ефикасније искоришћавање и бољу транслокацију у биљци (Сакмак, 1994).

Биљке су током еволуције развиле механизме који олакшавају усвајање јона, укључујући и Zn^{2+} . Тако биљке излучују фитосидерофоре (PS) које олакшавају усвајање Zn и Fe (Erenoglu et al., 1996; Römheld, 1991). Фитосидерофоре представљају групу метал-хелатора мале молекулске тежине које излучују корени биљака из *fam. Poaceae* као одговор на недостатак Zn и Fe, али и других метала (Tagaki, 1976). Ови молекули се везују за метале, стварају с њима хелате и специфичним транспортерима на плазма мембрани уводе овај метал-PS комплекс у биљку. Појачано излучивање фитосидерофора у условима недостатка Zn и Fe регулисано је одвојено и није повезано са поремећајима у метаболизму Fe које се јавља при недостаку Zn (Suzuki et al., 2006). Hopkins et al. (2008) су, мерећи концентрацију фитосидерофора у ризосфери пшенице, сирка и кукуруза у условима недостатка Zn у хранљивом раствору, закључили да пшеница и сирак ослобађају веће количине фитосидерофора у поређењу са кукурузом. Ова чињеница, заједно са већим захтевима кукуруза према Zn, објашњава узроке веће распрострањености појаве недостатка Zn у усеву кукуруза у поређењу са другим усевима гајеним у истим условима. Са друге стране, доказано је да је толерантност пиринча на дефицит доступног Zn повезана са излучивањем органских киселина: малата и оксалата (Hoffland et al., 2006).

Rengel и Römheld (2000) наводе да се значајна генотипска варијација у толеранцији према недостатку Zn јавља у оквиру биљних врста, што указује да излучивање фитосидерофора није једини механизам који одређује Zn-ефикасност. Различита Zn-ефикасност је забележена код више гајених биљака и то: пасуља (Ambler & Brown, 1969; Singh & Westermann, 2002; Hacısalihoglu et al., 2004), пшенице (Cakmak et al., 1997, 1998; Rengel & Römheld, 2000), кукуруза (Furlani et al., 2005; Karim et al., 2012), као и врста рода *Medicago* (Streeter et al., 2001). Када је реч о домаћим сортама и хибридима, у доступној литератури нема резултата о њиховој Zn-ефикасности. Једино је стара сорта пшенице Партизанка ниска окарактерисана као врло осетљива на недостатак Zn, захваљујући чему је често коришћена у истраживањима из области исхране биљака (Erenoglu et al., 1999).

3.2. Доступност цинка у земљишту, његова интеракција са другим елементима и недостатак код гајених биљака

Доступност Zn у земљишту биљкама и фактори који на њу утичу су интензивно проучавани. Концентрација Zn у пољопривредном земљишту се креће у широком распону, 10–300 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Alloway, 1995; Barber, 1995). Укупна средња концентрација Zn у земљишту у Европи је 68 mg kg^{-1} (Angelone & Vini, 1992). Истраживања су показала да антропогени фактор, односно сагоревање фосилних горива, отпаци који остају након вађења руда, примена стајњака, канализационог муља и синтетичких средстава, која се користе у пољопривреди, могу да доведу до повећања укупне концентрације Zn у земљишту (Alloway, 1995; Nriagu, 1996). Речна вода, којом се плаве земљишта, такође доноси одређену количину микроелемената.

Главни земљишни фактори који ограничавају доступност Zn су низак садржај укупног Zn, висока рН и концентрација бикарбонатних јона и соли, као и висок ниво фосфора (P) (Alloway, 2009). Природно ниска укупна концентрација Zn у земљишту (10–30 $\mu\text{g g}^{-1}$) може да изазове тзв. примарни недостатак Zn код

биљака (Sillanpää, 1982). С друге стране, карбонатна земљишта са $pH > 7,4$ имају релативно ниске концентрације доступног Zn у земљишном раствору (Alloway, 2008a). Поред тога, високе концентрације доступног фосфора (P) у земљишту, што подразумева и примену великих количина фосфорних ђубрива, могу да допринесу појави недостатка Zn код гајених биљака. Loneragan и Webb (1993) разликују два типа интеракције $Zn-P$. Први је када због примене велике количине P долази до смањења концентрације Zn у надземном делу биљака, док у другом типу интеракције не долази до ове појаве. Најчешће се јавља први тип интеракције и то на земљиштима слабо обезбеђеним Zn и P , када примена фосфорних ђубрива значајно подстиче пораст биљака чиме се смањује концентрација Zn у ткиву биљака. Генерално, са повећањем садржаја P у земљишту усвајање Zn од стране биљака се смањује нагло, често испод нивоа који се може приписати ефектима тзв. разблажења због побољшаног раста. Примена већих количина фосфорних ђубрива појачава дефицит Zn тако што ремети његово усвајање и кретање кроз биљку (Loneragan & Webb, 1993). На киселим земљиштима, ризик од појаве недостатка Zn повећава се у случају ђубрења P и истовременог уношења $CaCO_3$. Овим поступком се превазилази проблем токсичности алуминијума и тиме долази до побољшаног раста корена, али нагли пад концентрације Zn у земљишном раствору у комбинацији са повећаним потребама за Zn због побољшаног раста изданка, захтева додатну примену како би се спречила појава инхибиције раста (Marschner, 1993).

Азот (N) утиче на статус цинка у биљкама преко побољшаног раста биљака и мењањем pH ризосфере. Уочено је да се принос повећава са истовременом применом N и Zn , као и да биљке понекад не реагују на примену цинка без азота. Само примена азота може да доведе до симптома недостатка цинка, с обзиром да побољшан раст може довести до тзв. ефекта разређења у ткиву (Kirk & Vajita, 1995). Такође, бакар (Cu) утиче на прерасподелу цинка у биљци. Примена Zn -ђубрива може да значајно смањи концентрацију Cu у ткивима житарица (Imtiaz et al., 2003). Битно је напоменути да биљке у условима недостатка Zn могу да усвоје велике количине бора (B), на сличан начин као што недостатак Zn може да доведе до појаве токсичности P у биљкама, што се вероватно дешава због оштећења плазма мембране у корену (Brown, 1979).

Поред особина земљишта, интензивирање пољопривредне производње кроз историју, нарочито током друге половине XX века довело је до промене интеракције између земљишта и гајених биљака. Slaton et al. (2001) наводе да је појава недостатка Zn порасла увођењем модерних сорти, интензивирањем производње и повећањем изношења цинка приносом. Поред тога, вишеструко већи приноси уз употребу ђубрива без цинка доводи до осиромашења земљишних извора овог микроелемента (Singh et al., 1999).

Недостатак Zn за гајене биљке је највише распрострањен у односу на остале микроелементе (Naik & Das, 2008). Мала доступност цинка биљкама на карбонатним земљиштима је можда најраспрострањенији абиотички стрес који се јавља у пољопривредној производњи у свету, нарочито код житарица када се гаје у аридним и семиаридним подручјима, а утиче и на смањење нутритивне вредности најзначајнијих пољопривредних производа (Singh et al., 2005; Сакмак, 2002; Сакмак et al., 2004). Чак 50% обрадивог земљишта у Турској и Индији, једна трећина у Кини и највећи део земљишта у Западној Аустралији је класификовано као Zn-дефицитарно (Broadley et al., 2007). На маргиналним земљиштима, принос и његов квалитет могу бити смањени без видљивих симптома, а ова појава је позната као скривени или латентни недостатак Zn (Alloway, 2009). Осетљивост биљака на недостатак цинка често је више изражена у условима земљишне суше (Bagci et al., 2007). Сакмак (2000) наводи да су биљке у условима недостатка Zn такође подложније оштећењу услед високог интензитета светлости и високе температуре, али и нападу одређених патогена.

Проблем мале доступности цинка у земљишту може да се превазиђе на више начина: уношењем ђубрива са цинком у земљиште, фолијарном применом цинка, као и прајмингом семена (Сакмак, 2008). На земљиштима са недовољном количином цинка веће приносе и бољи квалитет приноса је могуће постићи и одабиром Zn-ефикасних генотипова, обзиром да постоје разлике у усвајању и искоришћавању цинка у биљци у оквиру једне врсте (Rengel, 2001). Бројне студије су показале да примена Zn-ђубрива позитивно утиче на принос и његов квалитет великог броја гајених биљака. Колики је значај ђубрења Zn у регионима где је мала концентрација доступног Zn у земљишту, говори податак да је средином 90-их година прошлог века, ђубрењем Zn у Аустралији, Индији и

централној Анадолији у Турској, повећан принос зрна пшенице и до 600% (Сакмак et al., 2004).

Иако је примена цинка у пољопривредној производњи интензивно проучавана, нарочито током три последње деценије, још увек није разјашњено који је начин примене најпогоднији, а сам ефекат у значајној мери зависи и од гајене врсте (Мао et al., 2014). На пример, ђубрење земљишта цинком значајно је повећало укупну биомасу, жетвени индекс и концентрацију цинка у зрну и слами пиринча (Srivastava et al., 1999), принос зрна кукуруза за 22% (Orabi et al., 1981), као и концентрацију Zn и N у зрну кукуруза (Hossain et al., 2008). Показано је да примена Zn-ђубрива уношењем у земљиште може да има јак резидуални ефекат (Liu et al., 2004), али у неким земљиштима изостаје њихов ефекат на принос (Wang et al., 2012; Rengel, 2015).

С друге стране, фолијарна примена цинка је у бројним истраживањима имала позитиван утицај на пораст и принос, нарочито кукуруза, који припада групи биљака које су најосетљивије на недостатак цинка (Mattiello et al., 2015). Тако је показано да је фолијарном применом Zn у раној фази пораста повећан принос у трогодишњем просеку за 18% (Potarzycki & Grzebisz, 2009). Треба истаћи да време, односно термин фолијарног третирања одређује и њен ефекат. Истраживања новијег датума изведена у Кини, где су кукуруз и пшеница гајени на карбонатном земљишту, показују да фолијарна примена у фази метличења, односно класања, као и у комбинацији са уношењем цинка у земљиште није повећала биомасу биљака и принос зрна, али је значајно повећана концентрација Zn у зрну обе врсте и Fe у зрну кукуруза (Wang et al., 2012). Сличне резултате су добили Сакмак et al. (2010a, b) и Zhang et al. (2012) у пољским огледима са тврдом пшеницом на више локалитета. Истраживања која су извели Liu et al. (2016) донела су врло интересантне резултате према којима је утицај примене три дозе ZnSO₄ у земљиште и у комбинацији са фолијарним третманом на принос и компоненте приноса био значајан, али без одређене правилности; ефекат примене цинка је био различит на два локалитета. С друге стране, Carolina et al. (2011) наводе да без обзира на облик примене ђубрива, највеће дозе цинка су дале и највеће концентрације у биљкама кукуруза.

Недостатак цинка код гајених биљака један је од главних разлога појаве озбиљних здравствених проблема код људи, изазваних неадекватном исхраном. Сматра се да је гајење најважнијих ратарских усева у деловима света где је врло мала концентрација биљкама доступног Zn и Fe у земљишту, као и конзумирање хране са ниским садржајем ових минерала, главни узрок појаве недостатка ових минерала код људи (видети ревијални рад White & Broadley, 2009). Како истиче Сакмак (2008) географска подручја на којима се јављају недостатак цинка код људи и биљака, у великој мери се подударају. То су подручја у којима је исхрана људи базирана на житарицама (Gibson, 2006), које су главни извор протеина у неразвијеним земљама. Додатни проблем представља то што је концентрација цинка у зрну житарица мала, као и његова биодоступност за људе и животиње, нарочито када се оне гаје на земљишту које је потенцијално Zn-дефицитарно (Welch & Graham, 2004). Такође, увођење високоприносних сорти житарица довело је смањења концентрације Zn у зрну због појаве тзв. ефекта разређења (Сакмак, 2008).

Због свега наведеног, прихваћен је општи став у научној јавности да је биофортификација стратегија која је неопходна да би се, осим већих концентрација минерала у пољопривредним производима, постигли и већи приноси на неплодним земљиштима (White & Broadley, 2009). Ови циљеви могу да се остваре применом минералних ђубрива и оплемењивањем у правцу добијања сорти које имају способност интензивног усвајања хранљивих елемената (Graham et al., 2007; Bouis et al., 2003; Genc et al., 2005; White & Broadley, 2005; Pfeiffer & McClafferty, 2007).

До сада су у Србији рађена малобројна истраживања која се односе на везу између садржаја микроелемената у земљишту и квалитета најважнијих пољопривредних производа. Резултати студије новијег датума, коју су недавно спровели Nikolić et al. (2016), показали су да је за 13% узорака земљишта, на којима је гајена пшеница, установљен недостатак доступног цинка, док је на подручјима Војводине, у којима се житарице гаје уз примену већих количина ђубрива, утврђено значајно смањење садржаја цинка у зрну.

3.3. Квалитет и животна способност семена

Повећање броја становништва на свету, све веће потребе за количином хране и ограничене површине земљишта на којима производња може да се заснива довеле су до развоја и унапређења програма оплемењивања биљних врста и усавршавања семенарства, као битне гране пољопривреде. Развој селекције и оплемењивања производњу семена ставља у први план (Lekić, 2003). Како наводи овај аутор, нагли пораст производње семена и њено уздизање на индустријски ниво у развијеним земљама, а такође и у земљама у развоју, ствара потребу да се промет семена стриктно регулише од стране влада и међународних организација и агенција. Главни задатак семенарства је производња високо квалитетног семена добрих физиолошких, биохемијских и фитопатолошких особина (Milošević et al., 2010). Овакво семе се може добити само уколико се у свим фазама његове производње примењују савремена сазнања из области науке и праксе (Milošević i sar., 1996).

Семе је зачетак новог живота биљке, сложени биолошки систем и као такво, први и основни чинилац успешне производње (Tamindžić, 2013). За постизање високих приноса у пракси није довољно имати само добру сорту или хибрид, нити применити оптималну агротехнику, већ је за сетву потребно користити декларисано семе (Milošević i sar., 1996). Упоредо са стварањем нових сорти и хибрида, напретком у технологији производње, дораде и чувања семена, изучавани су и у пракси испитивања семена увођени одговарајући тестови, у циљу веће поузданости предвиђања понашања семена у пољу након сетве (Radić i Milošević, 2004).

Квалитет семена је комплексна категорија и одређује га велики број чинилаца као што су чистоћа семена, клијавост семена, садржај влаге у семену, маса 1000 семена и др., који су под утицајем различитих фактора спољашње средине (Karagić i sar., 2001). Утврђивање квалитета семена врши се применом различитих тестова, који се стално иновирају у складу са научним сазнањима из области физиологије семена.

Најбитнија компонента квалитета семена је клијавост семена. Како наводе Milošević и Zlokolica (1996), клијавост представља ницање и развој клице из семена такве грађе, која указује на способност да се произведе нормална биљка у повољним условима спољашње средине. За утврђивање клијавости користи се стандардни тест клијавости. Овај тест је стандардизован за велики број биљних врста. Испитивања су показала да данашњи стандардни тест за испитивање клијавости даје коректне резултате, али да није довољно прецизан да би указао на разлике у квалитету између партија са високом клијавошћу. Ове разлике су изазване другим компонентама квалитета, тзв. животном способношћу семена или вигором (TeKrony, 1982; Vuĳaković i Joviĳić, 2011).

Животна способност семена представља збир свих карактеристика семена, које после сетве доводе до брзог и уједначеног ницања, формирања снажног и здравог изданка, што је претпоставка оптималног склопа, како у повољним тако и у неповољним условима спољашње средине (McDonald & Copeland, 1997). Израз вигор или животна способност се користи за описивање физиолошких карактеристика семена које контролишу његову способност да брзо клија у земљишту и да толерише разне, углавном негативне чиниоце спољашње средине. Због сложености сам појам вигора ISTA (1976) је дефинисала на следећи начин: „Вигор је збир свих особина семена који детерминишу ниво активности семена или партије семена током процеса клијања“. Једна од дефиниција вигора такође гласи „животна способност семена или вигор семена је збир свих својстава која утичу на клијавост и формирање здравог и снажног изданка у различитим условима спољашње средине“ (ISTA, 2011; Vuĳaković i sar., 2011). Вредности добијене одређивањем вигора семена зависе од генетичке конституције семена, спољашњих услова средине у којима је расла и развијала се мајка биљка, али и исхране биљке током тог периода, затим зрелости семена у време жетве, величине и тежине семена, механичких оштећења, старења, патогена, итд. Стандардни тест клијавости и вигор тестови се користе за одређивање квалитета семена. Milošević et al. (2007) наводе да све методе и тестови који се користе за одређивање квалитета семена морају бити поуздани и поновљиви да би омогућили упоређивање података.

3.4. Прајминг семена

Семе је веома важан и у много чему неиспитан биолошки систем. Његова основна улога у природи, као и у пољопривреди, је размножавање и одржавање врсте. Да би могло да испуни своју јединствену улогу у животу биљке семе мора да поседује извесна физиолошка и биохемијска својства. Семе одолева променама спољашње средине, али може да постигне пуну метаболичку активност тек када му услови средине која га окружује дозволе (Milošević i Ćirović, 1994).

Брзо и уједначено ницање у пољу је основни услов за добар почетни пораст усева, поготово при неповољним условима средине (Osburn & Schroth, 1989). Време од сетве до ницања као и почетни пораст, најважнији су период у расту биљака (Bray, 1995), са директним утицајем на коначан принос и квалитет (Gupta et al., 2008). Технике повећања и стабилизације пољског ницања основа су успешног гајења усева. Међу њима, издваја се прајминг семена, који представља предсетвени метод којим се побољшава клијавост и скраћује време од сетве до ницања (Brocklehurst & Dearman, 1983).

Прајминг семена, односно прајмирање је термин који је код нас заживео у науци и пракси. Представља превод термина *seed priming* са енглеског језика. У последње две деценије, прајминг семена је постао уобичајен третман у гајењу великог броја биљака. Heudecker (1973) је потврдио употребу термина „priming“ семена по Malnassy-у (1971) за описивање предсетвеног третирања семена у циљу повећања клијавости и повећања униформности ницања поника у неповољним условима спољашње средине. Термини као што су халопрајминг („halopriming“ – потапање семена у раствор соли) или осмопрајминг („osmopriming“ – потапање семена у друге осмотске растворе) су предложени као алтернатива прајмингу (Girolamo & Barbanti, 2012). Историјат прајминга и преглед патентираних третмана прајмига семена гајених биљка, који се примењују у комерцијалној семенској производњи, су приказани у прегледном раду Paparella et al. (2015).

Прајминг семена је најважнија метода физиолошког побољшања семена. То је поступак хидратације који омогућава контролисано бубрење и индукује прегерминативни метаболизам, али спречава појаву радикуле. Третман хидратације се прекида пре него што престане хидратациона толеранција. Брзина

и синхронизованост клијања семена након прајминга су побољшани, што указује да прајминг семена повећава вигор семена и утиче на активационо време (Leubner, 2006). Овим се постиже шири распон температуре за клијање, прекид dormације семена и бржа појава униформних изданака. Све ово доводи до бољег стања усева и већих приноса. Практичан недостатак прајминга семена је што често прајмирано семе има смањену могућност складиштења и потребу за ниским температурама складиштења (Leubner, 2006). Смањење животне способности семена током складиштења је један од добро документованих недостатака прајминга. Тако су истраживања Chiu et al. (2002) показала да је температура од 20 °C, на којој је рађен прајминг семена кукуруза, имала негативан утицај на животну способност семена складиштеног током 12 месеци на температури од 25 °C. Schwember et al. (2005) истичу да услови којима је семе изложено одмах након прајминга могу негативно да утичу на животну способност семена.

Литературни подаци који се односе на ефекте прајминга су бројни, а резултати зависе од врсте, квалитета семена, процедуре, услова клијања, итд. Girolamo и Barbanti (2012) су анализирали истраживања спроведена од 1980. године, са посебним освртом на утицај прајминга семена на проценат клијавости и/или средње време клијања. У 35 прегледаних случајева, просечна клијавост је код нетретираног семена била око 71%, а 80,3% код семена након прајминга. Упркос разлици у просечној клијавости од скоро 10%, дисперзија података је била толико широка да употребом t-теста није могло да се укаже на статистички значајну разлику између ова два просека. Исти образац се показао и у случају посматрања само врста из *fam. Poaceae*. Директан утицај температуре на проценат клијавости није опажен код нетретираног и прајмираног семена, што је у складу са високом интерспецифичном варијацијом у захтевима према топлоти испитиваних биљних врста. Такође, утицај прајминга семена на средње време клијања се показао јачи него на проценат клијавости. Овај параметар има тенденцију смањења у условима прајминга, указујући на брже клијање. Средње време клијања је значајно под утицајем температуре клијања. Ово указује на мању зависност средњег времена клијања семена након прајминга, што је у складу са очекиваним ефектима од третмана.

Суво семе спремно за клијање је изложено трофазном обрасцу усвајања воде (Bewley, 1997). Фазу I карактерише рапидно усвајање воде; то је физички процес који првенствено зависи од бубрења колоида. Током ове фазе, DNK и митохондрије су репарирани и протеини су синтетизовани коришћењем постојеће mRNA. Фаза II је лаг фаза, у којој је водни потенцијал семена у равнотежи са водним потенцијалом околине. У овој фази се дешавају главне метаболичке промене припремања ембриона за клијање, укључујући синтезу митохондрија и протеина помоћу нове mRNA. Стога се фаза II такође назива активационом фазом. У фази II процес клијања је готов, у ужем смислу. У фази III радикула ниче и тзв. видљива клијавост се може проценити (Bewley & Black, 1978). У фази III поново се јавља рапидно усвајање воде. Фазе I и II представљају најделикатније фазе процеса клијања и круцијалне су за успешан прајминг семена (Bewley, 1997).

Овај трофазни модел има велику важност за животну способност семена. Семе може да поднесе повратак на почетну влагу неопходну за складиштење, а поступак је познат под називом поновно сушење („drying-back“ или „re-drying“) када је у фази I или II, док је у фази III процес ницања исувише одмакао да би поновно сушење прошло без оштећења семена (Taylor et al., 1998). Према трофазном моделу, почетак клијања се повезује са убрзаном синтезом RNK и протеина, у циљу спровођења процеса репарације пре почетка репликације DNK. Прајминг семена обично подразумева продужење фазе II, што заузврат омогућава завршетак више процеса репарације (Bray, 1995) и дозвољава поновно сушење, које је неопходно када је финална сетва одложена. У повољним условима, одлагање фазе III обухваћено прајмингом плус поновно сушење резултира у бољим перформансама семена.

Прајминг семена је повезан са практичним интересом у каснијем руковању семеном и складиштењем семена. Директна сетва семена након прајминга је често неизводљива или ризична, те је стога поновно сушење неопходно за омогућавање чувања семена после прајминга и представља круцијалну фазу, с обзиром да корист од прајминга семена може бити изгубљена. Ефекат прајминга на дуговечност семена зависи од биљне врсте; резултати бројних истраживања су показали да је прајмингом повећана дуговечност семена паприке, лука и кеља, за разлику од семена празилука, мркве, пшенице, салате и парадајза, где је смањена

(видети ревијални рад Girolamo & Barbanti, 2012 и референце у њему). Претпоставља се да ови контрастни ефекти зависе од процеса поновног сушења и складиштења. Gurusinghe и Bradford (2001) у својим студијама наводе да брзо поновно сушење може да промени садржај растворљивих угљених хидрата и тиме смањи толеранцију на десикацију и дуговечност семена. Споро поновно сушење може да побољша дуговечност семена након прајминга.

Шећери и њихови деривати имају значајну улогу у толеранцији на сушење и дуговечност семена, с обзиром да су укључени у одржавање интегритета мембране (Oliver et al., 1998) и тродимензионалне структуре протеина током поновног сушења (Wolkers et al., 1998). Сахарозе, рафинозе, стахиозе и вербаскозе узајамно делују са липидима и протеинима ћелијске мембране формирајући гликолипиде и гликопротеине (Obendorf, 1997). Такође, они формирају стакласте слојеве на нивоу мембрана сузбијајући деградацију током сушења и складиштења (Gurusinghe & Bradford, 2001). Потрошња рафиноза током прајминга и недостатак акумулације током поновног сушења су одговорни за редуковано формирање стакластих слојева, што резултира убрзаним пропадањем. Поред шећера, протеини могу деловати на повећање толеранције према суши током поновног сушења (Girolamo & Barbanti, 2012).

3.4.1. Примена прајминга семена водом и хранљивим елементима

Прајминг семена водом и хранљивим елементима су третмани у којима се семе потапа у воду, односно растворе минералних материја, а затим суше до почетног садржаја влаге. Крајњи циљ прајминга хранљивим елементима је убрзање клијања, почетног пораста изданака, као и повећање отпорности на стрес, што се постиже побољшањем минералног статуса и преактивације метаболичких путева важних за клијање током „пре-имбибиције“ третмана (Imran et al., 2008). Минерални састав семена представља један од кључних фактора који одређују квалитет семена. Микроелементи учествују у великом броју биохемијских и физиолошких процеса током клијања и почетног пораста изданака. Због важне функције у стабилизацији мембране, детоксикацији слободних радикала и у секундарном метаболизму биљака, довољна количина микроелемената у семену

од суштинског је значаја за клијавост и раст изданака, нарочито када су клијанци или изданци изложени абиотским и биотским стресовима (Imran et al., 2008).

Досадашња истраживања спроведена у пољским и лабораторијским условима су потврдила да прајминг водом и хранљивим елементима има многе предности, укључујући клијање у широком опсегу температура, прекидање дорманције семена, убрзано и униформно ницање и почетни пораст биљака, већу ефикасност коришћења воде, побољшан раст коренова, бољу конкуренцију са коровским биљкама, раније цветање и сазревање, отпорност према абиотским и биотским стресовима, што резултира и већим приносима. Soleimanzadeh (2013) наводи да је прајминг семена кукуруза цинком побољшао метаболичке процесе и већу клијавост у поређењу са контролом, као и да нису уочени токсични ефекти услед акумулације јона у ембриону. Прајминг са цинк-сулфатом ($ZnSO_4$) може да побољша клијавост семена кукуруза у лабораторијским условима и ницање на пољу (Foti et al., 2008). Aboutalebian et al. (2012) су показали да је прајминг семена раствором $ZnSO_4$ убрзао ницање и утицао на повећање приноса пшенице. Сматра се да је најсвеобухватнија истраживања, са циљем проучавања ефекта прајминга семена у пракси у неразвијеним земљама, спровео истраживач David Harris. Тако су нека од истраживања показала да прајминг семена водом убрзава почетни пораст и цветање, а утиче и на повећање приноса кукуруза (Harris et al., 1999, 2002, 2004). Такође је дошао до резултата који показују да прајминг семена $ZnSO_4$ повећава принос кукуруза за 27% у односу на нетретирана семена, као и да је економски ефекат прајминга знатно већу у односу на примену $ZnSO_4$ преко земљишта (Harris et al., 2007).

Техника прајминга семена минералним материјама, поред својих предности, још увек није интензивно заживела у пракси. Динамика научних истраживања указује на неке трендове у истраживању ове теме, указујући на проблеме који остају да буду решени. Овај образац наглашава повећање интересовања за ову тему, која се изједначава чињеницом да су новија истраживања више упућена на тему биохемијских промена него на методе прајминга, ефеката и дуговечности семена након третирања.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

4.1. Оглед у судовима са хранљивим растворима

4.1.1. Биљни материјал

За оглед у коме су биљке гајене у хранљивим растворима у контролисаним условима коришћено је семе следећих девет хибрида кукуруза: NS 6030, NS 6010, NS 5083, NS 5051, NS 4051, NS 4030, NS 4023, NS 4020 и NS 3022, селекционисаних у Институту за ратарство и повртарство, Нови Сад. У току 2014. године урађен је прелиминарни скрининг хибрида кукуруза у почетним фазама пораста, гајених на локалитетима Римски Шанчеви и Панчево, на садржај Zn (Табела 1), на основу ког су одабрани хибриди за проучавање њихове толерантности на недостатак Zn.

Табела 1. Концентрација Zn у листовима хибрида кукуруза гајених на два локалитета у 2014. години

Хибриди	Концентрација Zn у листовима (mg kg^{-1})	
	Римски Шанчеви	Панчево
NS 4051	30,3	24,8
NS 4030	26,8	47,1
NS 4023	27,5	17,4
NS 4020	30,5	21,2
NS 3022	27,2	14,8
NS Aleksandra	30,8	15,4
NS 6030	36,5	25,9
NS 5051	27,3	38,3
NS 6010	29,9	24,6
NS 5083	27,9	11,7
NS 5063	31,6	13,2

4.1.2. Услови гајења биљака и третмани

Оглед је изведен у Институту за мултидисциплинарна истраживања, Одсек за природне ресурсе и животну средину, у лабораторији Групе за минералну исхрану и абиотски стрес биљака, у Београду (Слике 1 и 2). Семе хибрида кукуруза је наклијавано на филтер папиру наквашеном 10 mM раствором CaSO_4 , у клијалишту на температури од 25 °C. Пре наклијавања семе је дезинфиковано натрујум-хипохлоритом. Након периода наклијавања, клијанци су пребачени у посуде са непрекидно аерисаним стандардним хранљивим раствором који садржи макроеlemente (у mM): 0,7 K_2SO_4 , 0,1 KCl , 2,0 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0,5 $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, 0,1 KH_2PO_4 и микроelemente (у μM): 0,5 x 10 MnSO_4 , 0,2 CuSO_4 , 1,0 H_3BO_3 , 0,01 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ и 60 $\text{Fe}(\text{III})\text{-EDTA}$. Сви хибриди кукуруза гајени су у хранљивим растворима са две концентрације цинка: 0,05 μM (ниска) и 0,5 μM (оптимална, контрола). Цинк је додаван у раствор у облику ZnSO_4 . Хранљиви раствор мењан је два пута недељно, а pH вредност раствора је била ~ 6.

Биљке су гајене у контролисаним условима, где је обезбеђен светлосни режим дан/ноћ (16/8 h), ниво осветљености око 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, температура од 25 °C и релативна влажност ваздуха око 70%. У посуди запремине 3 l расле су по три биљке. Оглед је постављен са потпуно случајним распоредом посуда у три понављања. Једна посуда је представљала једно понављање.

Четири недеље након пребацивања клијанаца у хранљиви раствор, биљке су извађене из посуда и издељене на корен, стабло и листове. Измерена је свежа маса, а након сушења у сушници на 80 °C и сува маса биљака. Измерена је сува маса корена и надземног дела, као и концентрација Zn у листовима.



Слике 1 и 2. Оглед у хранљивим растворима (Таминџић, 2015)

4.2. Пољски огледи

4.2.1. Дизајн огледа и третмани

На основу прелиминарног скрининга хибрида кукуруза гајеног на два локалитета, Римски Шанчеви и Панчево, као и на основу резултата добијених из огледа у судовима са хранљивим растворима, за даља истраживања у пољу, као и за лабораторијска испитивања квалитета и животне способности семена након прајминга семена, одабрани су следећи хибриди: NS 6030, NS 4030, NS 4023 и NS 3022. Третмани прајминга семена су описани у потпоглављу 4.4.

Двогодишњи пољски огледи изведени су током 2015. и 2016. године (Слике 3 и 4), на два локалитета, и то на огледним пољима Института за ратарство и повртарство на Римским Шанчевима и ПСС Института Тамиш у Панчеву. Хемијске особине земљишта су приказане у Табели 4 и Табели 5. Огледи су постављени по плану случајног блок система у четири понављања. Површина елементарне парцеле је била $11,25 \text{ m}^2$ ($2,25 \times 5 \text{ m}$), а укупна површина огледне парцеле 1152 m^2 . На крајевима огледне парцеле су посејана по четири реда заштитног појаса, док су између блокова остављене стазе ширине 1 m . Сетва је изведена машински, у обе сезоне крајем априла. Растојање између редова је било 75 cm , а између биљака у реду 22 cm , са склопом од 66.606 биљака ha^{-1} .

Овим двофакторијалним огледом проучаване су генотипске разлике кукуруза (фактор хибрид) у зависности од начина примене Zn (фактор примене Zn). На основу резултата прелиминарног скрининга биљног материјала, као и резултата експеримента у судовима са хранљивим раствором, одабрана су следећа четири хибрида кукуруза: NS 6030, NS 4030, NS 4023 и NS 3022. Примењени су следећи третмани са Zn:

1. Контрола (без третмана)
2. Прајминг семена водом (хидропрајминг; ХП)
3. Прајминг семена Zn (ПZn)
4. Фолијарна примена Zn (ФZn)

Прајминг семена водом примењен је да би се елиминисао и ефекат воде, јер је Zn примењен у облику воденог раствора. Код фолијарне примене, цинк је примењен у облику 0,5% воденог раствора $ZnSO_4$ четири недеље након сетве кукуруза, ручним прскалицама.

4.2.2. Узорковање и мерења

Ницање у пољу је одређено 20 дана након сетве, на основу броја изниклих биљака. Три недеље након фолијарног третмана, узорковано је по пет репрезентативних биљака са свих елементарних парцела. Измерена је свежа маса биљака, а након сушења у сушници на температури од 80 °C и сува маса. На Слици 3 и 4 приказане су биљке кукуруза на локалитету Римски Шанчеви.



Слике 3 и 4. Биљке кукуруза у фази петог листа (лево) и у фази млечне зрелости (десно) на локалитету Римски Шанчеви (Таминџић, 2015)

Пре бербе, измерена је висина пет репрезентативних биљака по свакој елементарној парцели. Висина је мерена од основе стабла до краја метлице. Берба

је обављена у фази пуне зрелости. Измерен је садржај влаге у зрну и принос је обрачунат на 14% влаге. Дужина клипа, пречник клипа, број редова зрна на клипу, број зрна у реду, број зрна по клипу, маса 1000 зрна мерени су на пет клипова, а исти материјал је коришћен и за одређивање садржаја протеина и минералног састава зрна.

4.3. Агроеколошки услови

4.3.1. Метеоролошки подаци

Подручје на ком су изведени пољски огледи припада умерено-континенталном климату са мање или више израженим локалним карактеристикама. Умерено-континентална клима се одликује топлим летима и хладним зимама.

4.3.1.1. Температура ваздуха

Подаци о средњим месечним температурама приказани су у Табели 2. На локалитету Римски Шанчеви, у 2015. години забележена је нешто виша просечна температура за вегетациони период (19,5 °C) у односу на 2016. годину (18,9 °C). Највеће разлике између сезона су биле током јула и августа, јер су у првој сезони забележене врло високе температуре током ових месеци. Слични температурни услови су били и у Панчеву, где је средња температура за вегетациони период кукуруза била виша у 2015. години (21,3 °C) него у 2016. години (18,9 °C), захваљујући температурама у мају и јуну, а нарочито у јулу и августу. На оба локалитета, у првој вегетационој сезони током свих месеци, са изузетком априла, забележена је виша температура у односу на вишегодишњи просек, што указује да су температурни услови били неповољни за раст и развиће кукуруза.

Табела 2. Температура ваздуха у току вегетационог периода кукуруза у 2015. и 2016. години на локалитетима Римски Шанчеви и Панчево

Месец	Средње месечне температуре ваздуха (°C)					
	Римски Шанчеви			Панчево		
	2015.	2016.	Вишегодишњи просек (1981-2010)	2015.	2016.	Вишегодишњи просек (2000-2014)
Април	12,0	14,1	11,8	11,9	14,1	13,4
Мај	18,0	16,7	17,3	18,5	16,3	18,7
Јун	20,6	21,6	20,1	23,3	21,6	22,3
Јул	24,2	22,5	21,9	27,5	22,5	24,1
Август	23,7	20,6	21,6	25,5	20,8	23,6
Септембар	18,5	17,8	16,9	20,9	17,8	18,2
Просек	19,5	18,9	18,3	21,3	18,9	20,1

4.3.1.2. Падавине

Подаци приказани у Табели 3 указују на врло велике разлике у режиму падавина између две вегетационе сезоне. У 2015. години, након кишног маја, наступио је двомесечни период изражене суше. Иако је на оба локалитета у августу било око 70 mm падавина, укупне падавине за вегетациони период биле су на Римским Шанчевима 271,6 mm и 293,6 mm у Панчеву, што је 30%, односно 20% мање у односу на вишегодишњи просек. Насупрот овоме, у 2016. години, на локалитету Римски Шанчеви укупна количина падавина (370,6 mm) била је слична, а у Панчеву око 27% виша (479,0 mm) у односу на вишегодишњи просек. Распоред падавина у другој години је био равномеран на оба локалитета, са великим количинама падавина у мају, јуну и јулу, што је врло битан период за почетни пораст кукуруза. Једино је током августа на локалитету Панчево било мало падавина (14,2 mm).

Табела 3. Падавине у току вегетационог периода кукуруза у 2015. и 2016. години на локалитетима Римски Шанчеви и Панчево

Месец	Падавине (mm)					
	Римски Шанчеви			Панчево		
	2015.	2016.	Вишегод. просек (1981-2010)	2015.	2016.	Вишегод. просек (2000-2014)
Април	9,0	48,0	49,2	25,0	67,8	47,7
Мај	98,4	53,6	63,0	88,2	93,4	74,6
Јун	19,0	50,8	91,4	20,1	160,6	83,5
Јул	5,0	113,4	64,3	4,8	103,2	52,4
Август	70,0	32,8	57,5	69,1	14,2	54,9
Септембар	70,2	72,0	53,8	86,4	39,8	63,9
Просек	271,6	370,6	379,2	293,6	479,0	377

4.3.2. Земљиште

Тип земљишта на коме је изведен оглед на оба локалитета је карбонатни чернозем. Пре заснивања огледа урађена је хемијска анализа земљишта (Табеле 4, 5, 6).

Земљиште на локалитету Римски Шанчеви је слабо алкално, средње хумозно, а према садржају CaCO_3 од 5,34% у хумусно-акумулативном хоризонту спада у средње карбонатна земљишта (Надџић и сар., 2004) (Табела 4). Када је реч о садржају макроелемената, ово земљиште је средње обезбеђено укупним N и доступним P добро обезбеђено доступним калијумом (K). У Табели 5 приказане су концентрације укупног Zn и Fe у земљишту, као и других микроелемената и потенцијално штетних елемената. Концентрација укупног Zn је била $54,6 \text{ mg kg}^{-1}$. На локалитету Панчево, кукуруз је гајен на благо алкалном и јако карбонатном земљишту, средње обезбеђеном хумусом, са високим садржајем укупног N и доступног P и K (Табела 4). Концентрација укупног Zn је била $52,3 \text{ mg kg}^{-1}$.

Табела 4. Основна хемијска својства земљишта на локалитетима Римски Шанчеви и Панчево

Локалитет	pH		CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	Укупан N (%)	AL-P ₂ O ₅ (mg 100g ⁻¹)	AL-Al-K ₂ O (mg 100g ⁻¹)
	у KCl	у H ₂ O					
Панчево	7,41	8,11	11,10	3,05	0,209	25,8	20,0
Р. Шанчеви	7,36	8,08	5,34	2,43	0,181	12,9	21,8

Укупан садржај бакра (Cu) и никла (Ni) на оба локалитета био је нешто виши у односу на вредности које су за земљишта на територији Војводине добили Ubavić i sar. (1993) и Milić (2016). Међутим, према наводима Mrvić et al. (2013), садржај никла у земљиштима типа чернозем може бити и виши, у просеку 32,0 mg kg⁻¹. Садржај укупног Zn на оба локалитета је био нижи у односу на просек за војвођанска земљишта од 60,3 mg kg⁻¹ (Ubavić i sar., 1993). Садржај хрома (Cr), арсена (As) и олова (Pb) на оба локалитета је био низак.

Табела 5. Концентрације укупних микро и потенцијално штетних елемената

Локалитет	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cd	Ni	Cr	As
	(mg kg ⁻¹)								
Панчево	27,3	52,3	404,2	8,6	12,9	н.д	24,2	32,2	7,7
Р. Шанчеви	27,5	54,6	449,8	8,8	14,4	н.д	23,3	32,5	7,7
МДК*	100,0	300,0	/	/	100,0	3,0	50,0	100,0	25,0

нд – није детектовано; МДК – максимално дозвољене концентрације према Уредби о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма (Сл. Гласник РС 23/1994).

Укупан садржај микроелемената у земљишту није добар показатељ количине коју биљка може да усвоји, јер су микроелементи у земљишту присутни у различитим формама, које су мање или више приступачни биљкама (Manojlović & Singh, 2012). Резултати анализе приказаних у Табели 6 показују да је у

земљишту на локалитету Панчево забележена већа концентрација доступних микроелемената него на Римским Шанчевима у обе сезоне. Концентрација доступног цинка у земљишту на локалитету Панчево била је у обе сезоне незнатно већа од $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ која се сматра критичном за Zn (Lindsay & Norvell, 1978), $0,53 \text{ mg kg}^{-1}$ и $0,58 \text{ mg kg}^{-1}$, док је на Римским Шанчевима у другој години она била мања од критичне, $0,33 \text{ mg kg}^{-1}$. Садржај доступног бакра је био нешто нижи од просека који се креће од $2-50 \text{ mg kg}^{-1}$ (Kastori, 1998), али већи од критичних дефицитарних вредности (Alloway & Tills, 1984). Alloway (2008b) наводи да је критична концентрација доступног гвожђа (ДТРА-Fe) у земљишту $4,5 \text{ mg kg}^{-1}$, а на оба локалитета забележена је знатно виша концентрација у обе сезоне. Садржај доступног Mn је био у границама просека који се креће од 2 до чак 170 mg kg^{-1} , у зависности од типа земљишта (Alloway, 2008b).

Табела 6. Концентрација доступних микроелемената (екстракција са ДТРА) на локалитетима Римски Шанчеви и Панчево.

Локалитет	Година	Узорци	Cu	Fe	Mn	Zn
			(mg kg ⁻¹)			
Римски Шанчеви	2015.	1	1,67	29,90	18,12	0,50
		2	1,68	31,54	18,01	0,50
		Просек	1,67	30,72	18,07	0,50
	2016.	1	1,42	14,40	8,78	0,34
		2	1,39	14,20	8,62	0,33
		Просек	1,41	14,30	8,70	0,33
Панчево	2015.	1	0,81	9,01	6,43	0,53
		2	0,82	8,98	6,38	0,53
		Просек	0,81	9,00	6,40	0,53
	2016.	1	0,71	7,36	5,40	0,57
		2	0,69	6,76	5,17	0,58
		Просек	0,70	7,06	5,29	0,58

4.4. Утицај хидропрајминга и прајминга цинком на квалитет и животну способност семена кукуруза

Испитивање животне способности семена након прајминга водом и цинком је изведено у Лабораторији за испитивање семена, Института за ратарство и повртарство, Нови Сад. Огледом су обухваћена четири хибрида кукуруза, и то: NS 6030, NS 4030, NS 4023 и NS 3022. Квалитет семена и почетни пораст изданака оцењени су употребом стандардног теста клијавости, док је животна способност семена оцењена применом вигор тестова, и то хладног теста и теста убрзаног старења.

4.4.1. Третмани прајминга семена

Прајминг семена је изведен потапањем 60 семена у 200 ml дестиловане воде (хидропрајминг; ХП) и 4 mM ZnSO₄ (прајминг семена цинком; ПЗн) (Imran et al., 2013). Посуде су покривене црном фолијом и третман је трајао 24 h, након чега су семена третирана Zn испрана дестилованом водом да би се уклонио остатак раствора са његове површине. Семе је сушено на филтер папиру, а затим на собној температури пре мерења концентрације цинка. Контрола је представљала семе без примене прајмига.

4.4.2. Стандардни тест клијавости

Радни узорак се састојао од 4 x 100 насумично одабраних семена. Стерилян песак је коришћен као подлога. Семе је инкубирано у комори за наклијавање на 25 °C у трајању од седам дана (ISTA, 2015). Енергија клијања је детерминисана четири дана након сетве, док су клијавост семена и проценат атипичних изданака детерминисани седмог дана након сетве. Параметри пораста изданака (дужина надземног дела и корена изданака), као и свежа маса надземног дела и корена 10 изданака мерени су седмог дана након сетве. По мерењу масе

свежег надземног дела и корена изданака, узорци су сушени у сушници на 80 °C током 24 h, након чега је измерена сува маса надземног дела и корена изданака.

4.4.3. Хладни тест

Радни узорак се састојао од 4 x 50 насумично одабраних семена. Семе је посејано у мешавину земље и стерилисаног песка у односу 3:1, затим су узорци изложени температури од 7 °C током седам дана, након чега су наклијавани у комори за наклијавање на 25 °C у трајању од шест дана (Hampton & TeKrony, 1995). Шестог дана детерминисани су клијавост семена и атипични изданци, као и дужина и маса свежег надземног дела и корена 10 изданака. Након мерења масе свежег надземног дела и корена изданака, узорци су сушени као што је већ описано и мерена је сува маса надземног дела и корена изданака.

4.4.4. Тест убрзаног старења

Радни узорак се састојао од 4 x 100 насумично одабраних семена. Семе је стављено у водено купатило и током 72 h било изложено температури од 45 °C и релативној влажности ваздуха од 100%. Затим је семе посејано у стерилисани песак и даљи поступак је спроведен као што је описано у стандардном тесту клијавости (Hampton & TeKrony, 1995).

4.5. Припрема узорака и аналитичке методе

Осушени узорци листова и семена млевени су на млину Termomix sa varopom до прашкасте конзистенције. Узорци масе 0,5 g разарани су са 2 ml H₂O₂ (30%) и 10 ml концентроване HNO₃ (2:1) у микроталасној дигестионој јединици (Milestone Ethos UP, Milstone, Inc, Shelton, USA). Концентрација Zn у листовима и минерални састав зрна одређени су методом оптичке емисионе спектроскопије са

индукованом спрегнутом плазмом (Spectro-Genesis EOP II, Spectro Analytical Instruments GmbH, Kleve, Germany и Varian Vista-PRO CCD Simultaneous ICP-OES, Varian, Inc.). Садржај беланчевина у зрну кукуруза одређен је методом спектрофотометрије NIR (*near infrared reflectance*) (NIR Analyzer, INSTALAB 600, Dickey John, USA).

4.6. Хемијска анализа земљишта

Активна киселост је одређена у води, у суспензији где је однос земљиште:вода износио $10 \text{ g}:25 \text{ cm}^3$, а супституциона киселост у 1M KCl суспензији са истим односом. Садржај CaCO_3 је мерен на Scheibler-овом калциметру, садржај хумуса методом оксидације органске материје према Tjurin-у, а укупног N CHNS анализатором. Садржај доступног P_2O_5 је одређен по амонијум-лактатној (AL) методи (Egner et al., 1960), спектрофотометријски, а доступног K_2O по амонијум-лактатној (AL) методи, пламенфотометријски. За одређивање укупне концентрације микро и потенцијално штетних елемената земљиште је разарано са концентрованом HNO_3 , а за концентрације доступних микроелемената рађена је екстракција са DTPA. Концентрација елемената је одређена методом оптичке емисионе спектроскопије са индукованом спрегнутом плазмом (Varian Vista-PRO CCD Simultaneous ICP-OES, Varian, Inc.).

4.7. Статистичка анализа

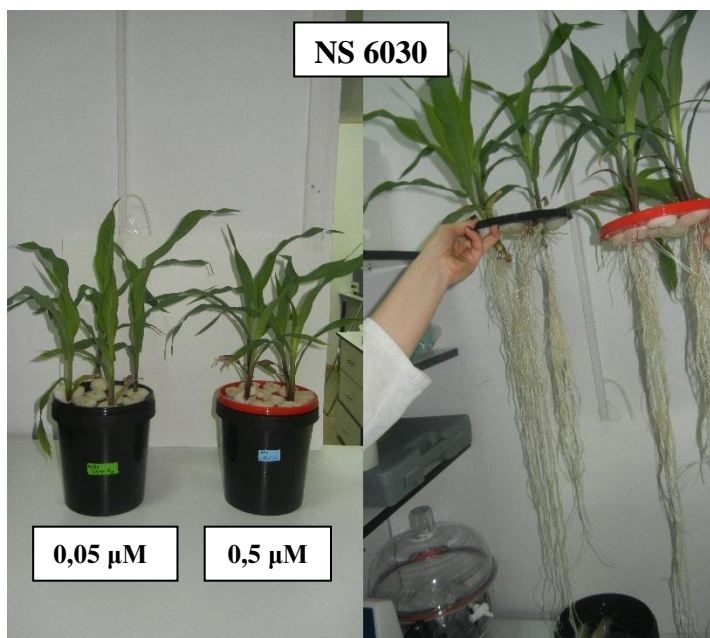
Добијени подаци обрађени су статистичким методама двофакторијалне и једнофакторијалне анализе варијансе коришћењем статистичких софтверских пакета STATISTICA (StatSoft, Inc. 2007, Version 8) и GenStat Release 9.1. (Rothamsted Experimental Station). Значајности разлика између средина тестирана је применом Данкановог и LSD теста на нивоу значајности $p < 0,05$. Коефицијент корелације за концентрацију цинка и гвожђа у зрну израчунат је на основу понављања на нивоу значајности $p < 0,05$.

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

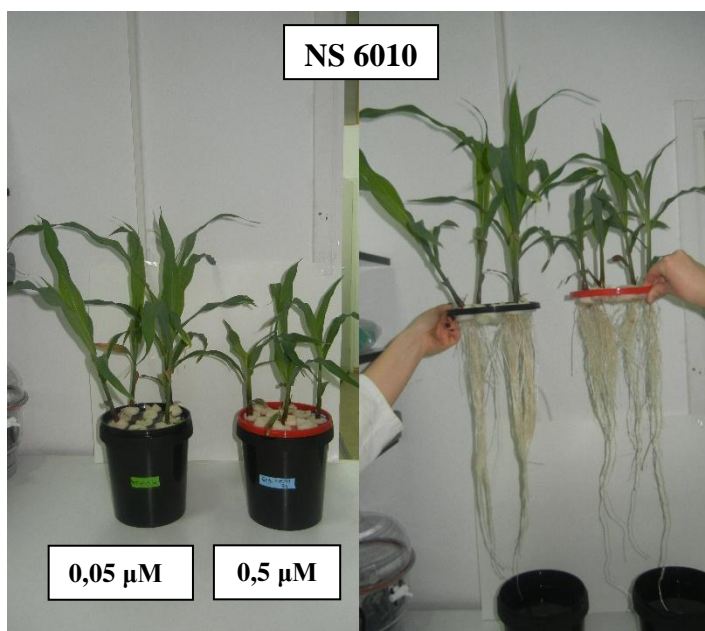
5.1. Генотипске разлике између хибрида кукуруза у Zn-ефикасности

Хибриди кукуруза су гајени у хранљивим растворима у контролисаним условима да би се проучила њихова Zn-ефикасност, да би се одабрали хибриди за истраживања у пољским огледима. Пре постављања огледа одређена је концентрација цинка у семену. Добијене вредности за све хибриде су биле сличне (резултати нису приказани), претпоставка је била да природна концентрација цинка у зрну није утицала на пораст биљака у третману са дефицитом Zn.

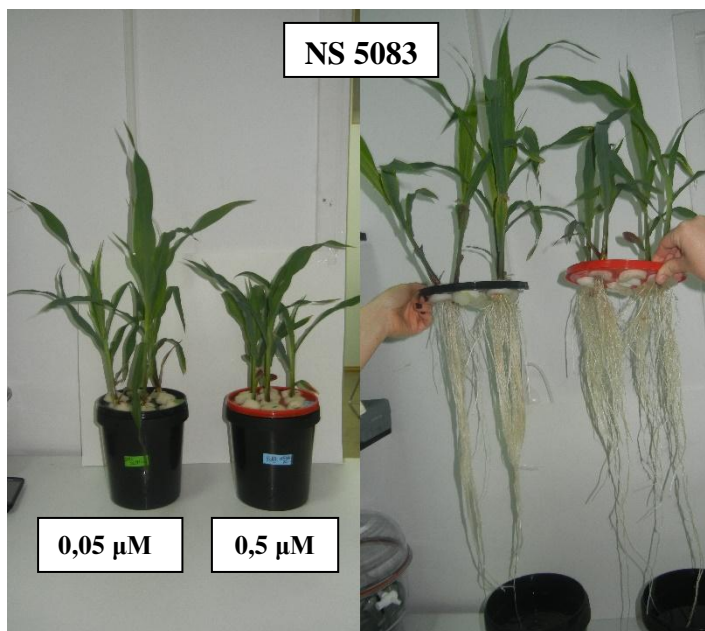
Видљиви симптоми недостака Zn као што су хлороза листова и скраћење интернодија уочени су након две недеље на биљкама које су расле у третману са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$). Биљке су фотографисане на крају огледа (Слике 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и 13). Резултати овог огледа су приказани у Табелама 7 и 8, а хибриди су представљени редом од највеће до најмање Zn-ефикасности одређене на основу суве масе надземног дела.



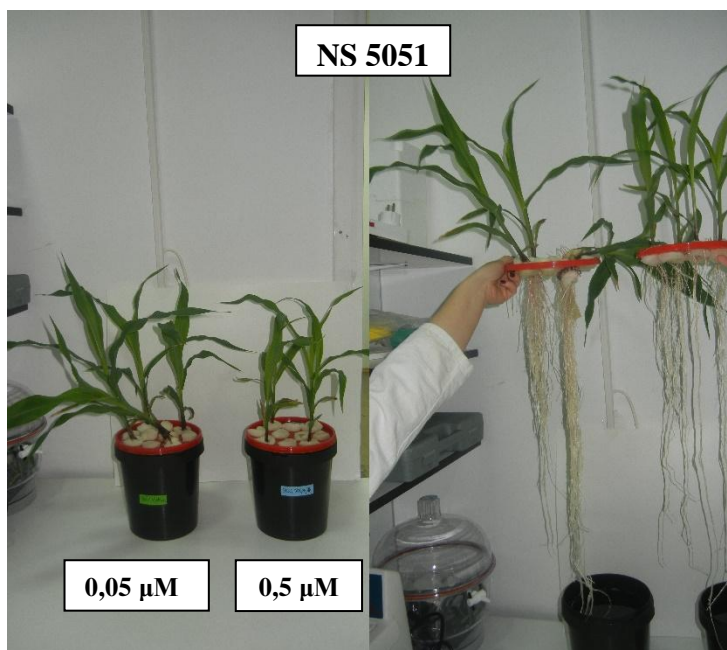
Слика 5. Пораст биљака хибрида кукуруза NS 6030 у хранљивим растворима са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$) и оптималном концентрацијом ($0,5 \mu\text{M}$) (Таминџић, 2015).



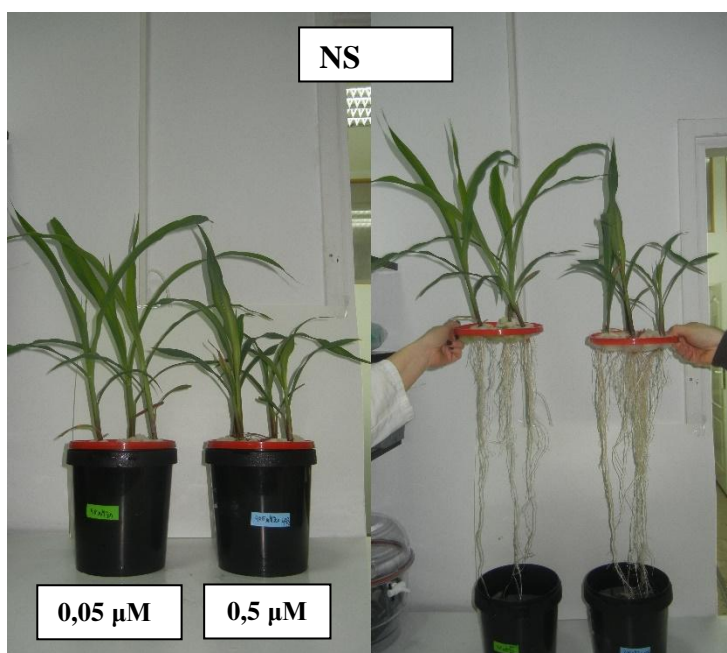
Слика 6. Пораст биљака хибрида кукуруза NS 6010 у хранљивим растворима са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$) и оптималном концентрацијом ($0,5 \mu\text{M}$) (Таминџић, 2015).



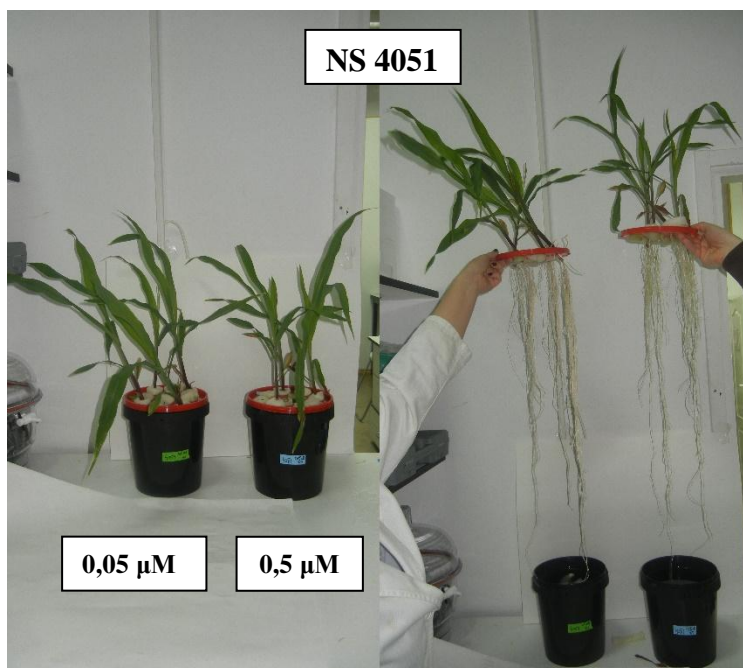
Слика 7. Пораст биљака хибрида кукуруза NS 5083 у хранљивим растворима са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$) и оптималном концентрацијом ($0,5 \mu\text{M}$) (Таминџић, 2015).



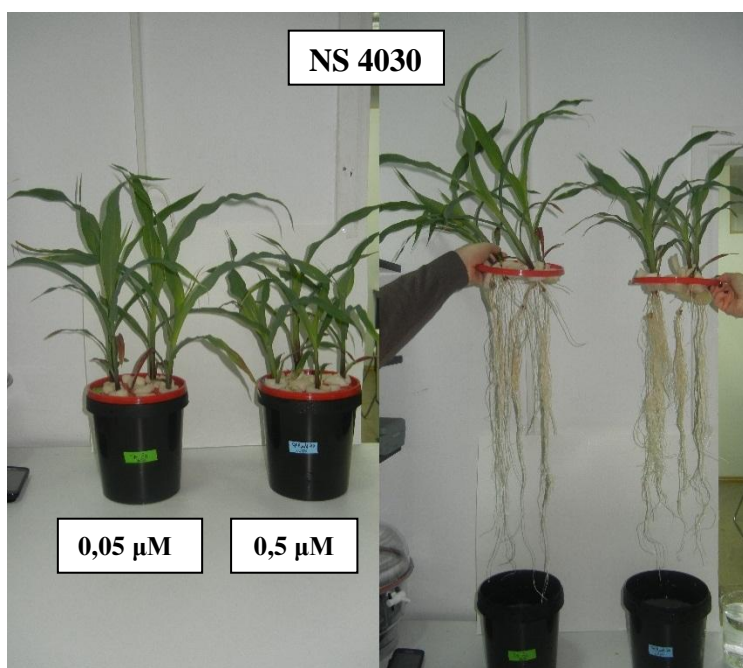
Слика 8. Пораст биљака хибрида кукуруза NS 5051 у хранљивим растворима са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$) и оптималном концентрацијом ($0,5 \mu\text{M}$) (Таминџић, 2015).



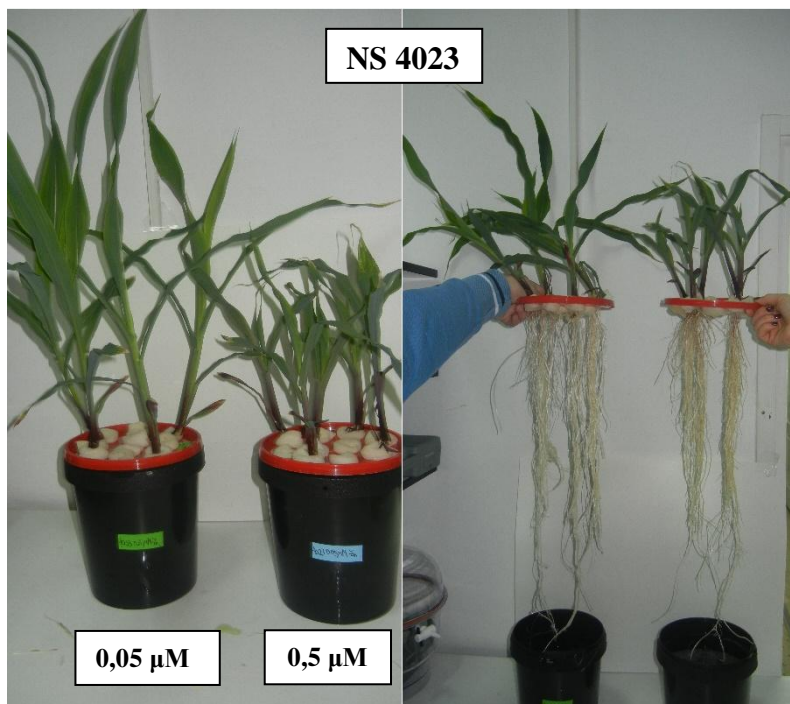
Слика 9. Пораст биљака хибрида кукуруза NS 4053 у хранљивим растворима са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$) и оптималном концентрацијом ($0,5 \mu\text{M}$) (Таминџић, 2015).



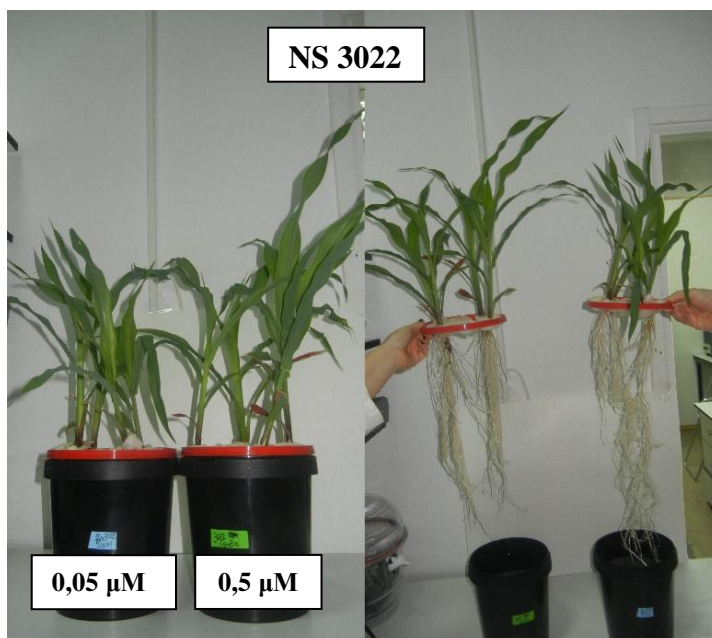
Слика 10. Пораст биљака хибрида кукуруза NS 4051 у хранљивим растворима са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$) и оптималном концентрацијом ($0,5 \mu\text{M}$) (Таминџић, 2015).



Слика 11. Пораст биљака хибрида кукуруза NS 4030 у хранљивим растворима са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$) и оптималном концентрацијом ($0,5 \mu\text{M}$) (Таминџић, 2015).



Слика 12. Пораст биљака хибрида кукуруза NS 4023 у хранљивим растворима са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$) и оптималном концентрацијом ($0,5 \mu\text{M}$) (Таминџић, 2015).



Слика 13. Пораст биљака хибрида кукуруза NS 3022 у хранљивим растворима са дефицитом Zn ($0,05 \mu\text{M}$) и оптималном концентрацијом ($0,5 \mu\text{M}$) (Таминџић, 2015).

Резултати су показали да се испитивани хибриди значајно разликују у Zn-ефикасности. Добијене вредности су варирале у релативно широком распону, и то 45-96% за суву масу надземног дела и 58-160% за суву масу корена. Хибриди NS 6030, NS 4030, NS 4053 и NS 5083 су означени као Zn-ефикасни, а хибриди NS 5051, NS 4023, NS 6010, NS 4051 и NS 3022 као Zn-неефикасни. Као што је било очекивано, ефекат третмана цинком је био статистички значајан. Резултати су јасно показали да је дефицит Zn довео до смањења пораста надземне масе хибрида, са изузетком Zn-ефикасних NS 6030 и NS 4030. Негативан ефекат дефицита Zn је био мање изражен на пораст корена, јер је код три Zn-ефикасна хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 4053 забележена већа или једнака сува маса у односу на третман са оптималном концентрацијом Zn.

Сува маса надземног дела и корена се значајно разликовала код хибрида гајених у растворима са дефицитом цинка (Табела 7). Тако је највећа сува биомаса надземног дела забележена код Zn-неефикасног хибрида NS 4023 (0,73 g), нешто мања код Zn-ефикасних NS 6030 и NS 4030 (0,64 g), а најмања код Zn-неефикасног NS 4051 (0,39 g). Zn-неефикасни хибрид NS 4023 и Zn-ефикасни NS 6030 имали су и највећу суву масу корена (0,27 g и 0,24 g, по реду), док је најмања вредност забележена код Zn-неефикасног NS 4051 (0,11 g) и Zn-ефикасног NS 4053 (0,12 g). Статистички значајне разлике су забележене и у третману са оптималном концентрацијом Zn у хранљивом раствору, где је продукција надземне биомасе варирала од 0,65 g до 1,38 g, а корена од 0,11 g до 0,33 g, док су веће вредности забележене код Zn-неефикасних хибрида.

Утицај хибрида и третмана цинком на однос надземни део/корен су били статистички значајни (Табела 7). Код биљака гајених у хранљивом раствору са дефицитом цинка, однос надземни део/корен је варирао између 2,28 и 4,22, док се у третману са оптималном концентрацијом кретао од 2,73 до 5,90. Једино су код хибрида NS 6030, који је окарактерисан као Zn-ефикасан, забележене скоро једнаке вредности за третмане цинком, док код осталих није било везе између овог параметра и Zn-ефикасности.

Утицај третмана са Zn на концентрацију и укупни садржај Zn у листовима хибрида био је статистички значајан (Табела 8). У просеку за све хибриде,

дефицит Zn је смањио његову концентрацију у листовима за 50%, а садржај за 74%. Највеће смањење концентрације Zn у листу од 70% забележено је код Zn-неефикасног хибрида NS 5051, а најмање код Zn-ефикасног NS 4030 и то само 7%. Такође, статистички значајне разлике за ова два параметра су забележене између хибрида у оба третмана са Zn (Табела 8); вредности су се смањивале посматрано од Zn-ефикасних ка Zn-неефикасним хибридима.

Табела 8. Концентрација и укупни садржај Zn у листовима биљака гајених четири недеље у хранљивим растворима са оптималном (0,5 μM) и дефицитарном (0,05 μM) концентрацијом Zn. Приказане вредности су просек \pm СД од три понављања

Хибрид	Концентрација Zn у листовима ($\mu\text{g g}^{-1}$ СМ)		Укупни садржај Zn у листовима ($\mu\text{g биљци}^{-1}$)	
	0,05 μM	0,5 μM	0,05 μM	0,5 μM
	NS 6030	40,8 \pm 5,7	51,9 \pm 6,9	11,6 \pm 0,3
NS 4030	30,0 \pm 2,7	32,2 \pm 3,4	9,0 \pm 2,6	14,4 \pm 2,0
NS 4053	24,8 \pm 3,4	68,1 \pm 14,5	5,3 \pm 0,6	24,4 \pm 3,0
NS 5083	26,7 \pm 7,2	66,1 \pm 7,5	6,2 \pm 1,1	28,2 \pm 2,2
NS 5051	19,9 \pm 0,7	66,4 \pm 3,2	4,2 \pm 0,7	28,2 \pm 4,6
NS 4023	12,4 \pm 2,1	29,4 \pm 1,2	3,3 \pm 0,3	21,9 \pm 4,7
NS 6010	20,2 \pm 5,1	37,6 \pm 3,1	4,0 \pm 0,8	19,2 \pm 0,2
NS 3022	20,2 \pm 4,5	51,6 \pm 8,2	5,3 \pm 0,8	32,7 \pm 4,3
NS 4051	20,4 \pm 3,9	32,1 \pm 2,2	4,4 \pm 0,2	14,4 \pm 2,0
Просек	23,9	48,4	5,9	22,46
LSD _{0,05} (X)	7,44	11,71	1,84	5,38
LSD _{0,05} (Zn)	7,14		2,79	

Табела 7. Маса сувог надземног дела и корена биљака, Zn-ефикасност (ZE, %) и однос надземни део/корен биљака кукуруза гајених четири недеље у хранљивим растворима са оптималном (0,5 µM) и дефицитарном (0,05 µM) концентрацијом Zn. Приказане вредности су просек ± СД од три понављања

Хибрид	Сува маса надземног дела (g биљци ⁻¹)			Сува маса корена (g биљци ⁻¹)			Надземни део/корен	
	0,05 µM	0,5 µM	ZE (%)	0,05 µM	0,5 µM	ZE (%)	0,05 µM	0,5 µM
NS 6030	0,64 ± 0,11	0,67 ± 0,11	96	0,24 ± 0,06	0,15 ± 0,02	160	2,60	2,73
NS 4030	0,64 ± 0,12	0,80 ± 0,10	80	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,01	100	3,99	5,08
NS 4053	0,51 ± 0,04	0,65 ± 0,07	79	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,01	109	4,22	5,90
NS 5083	0,51 ± 0,02	0,84 ± 0,10	61	0,18 ± 0,04	0,20 ± 0,03	90	2,85	4,26
NS 5051	0,42 ± 0,13	0,76 ± 0,13	54	0,17 ± 0,04	0,24 ± 0,02	70	3,34	5,16
NS 4023	0,73 ± 0,01	1,38 ± 0,33	53	0,27 ± 0,05	0,33 ± 0,07	82	3,50	4,67
NS 6010	0,49 ± 0,11	0,94 ± 0,07	52	0,21 ± 0,04	0,28 ± 0,02	75	2,28	3,46
NS 3022	0,62 ± 0,16	1,31 ± 0,11	47	0,20 ± 0,06	0,27 ± 0,03	74	2,88	4,23
NS 4051	0,39 ± 0,03	0,86 ± 0,13	45	0,11 ± 0,02	0,19 ± 0,03	58	2,70	4,16
Просек	0,55	0,89	63	0,21	0,19	95	2,97	3,99
LSD _{0,05} (X)	0,18	0,27		0,09	0,07		1,20	2,01
LSD _{0,05} (Zn)	0,12			0,04			0,98	

Највећа концентрација и укупни садржај Zn у листовима биљака гајених у условима дефицита Zn, били су код Zn-ефикасних хибрида NS 6030 и NS 4030 (40,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ СМ и 11,6 μg биљци $^{-1}$, 30,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ СМ и 9,0 μg биљци $^{-1}$, по реду), док су значајно мање вредности забележене код Zn-неефикасних (12,4-20,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ СМ и 3,3-5,4 μg биљци $^{-1}$). Очигледне разлике у концентрацији и укупном садржају Zn у листовима између хибрида у третману са оптималном концентрацијом Zn нису одговарале разликама у Zn-ефикасности.

5.2. Пољски оглед

5.2.1. Утицај прајминга на концентрацију и укупни садржај Zn у семену

Прајмингом семена ZnSO₄ значајно су повећани концентрација и садржај Zn у семену свих хибрида (Табела 9). Концентрација цинка у семену након прајминга је увећана 7-14 пута, а садржај цинка у семену 8-14 пута.

Табела 9. Концентрација и укупни садржај Zn у семену кукуруза пре и после прајминга ZnSO₄. Подаци представљају средње вредности ± СД (n=3).

Третман	Хибриди							
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	6030	4030	4032	3022	6030	4030	4032	3022
	Концентрација Zn (µg g ⁻¹)				Садржај Zn (µg по семену)			
Контрола	24,3 b	26,5 b	35,4 b	36,2 b	9,5 b	7,7 b	11,7 b	11,9 b
Zn	298,1 a	361,0 a	333,5 a	257,6 a	116,3 a	104,7 a	110,1 a	95,3 a

5.2.2. Утицај прајминга семена на ницање у пољу

Двофакторијална анализа варијансе је показала да је фактор хибрид значајно утицао на ницање на оба локалитета и у обе године, док је утицај третмана био значајан у првој години на локалитету Панчево, а у другој години на Римским Шанчевима (Графици 1 и 2). У 2015. години, на локалитету Римски Шанчеви, најмање ницање у контроли било је 73,1% за хибрид NS 4030, а највеће за NS 3022, 84,8% (График 1А). У просеку за третмане, највеће ницање је забележено за NS 3022, 84,8%, што је значајно мање у односу на хибриде NS 4030 (76,9%) и NS 4023 (78,3%). Иако двофакторијална анализа варијансе није показала значајан утицај фактора третман, ницање хибрида NS 4030 је значајно повећано у

односу на контролу у XII третману (81,5%). Нешто мањи број поника у односу на прву сезону забележен је код свих хибрида и третмана у 2016. години (График 1B). Вредности у контроли кретале су се од 67,4% за хибрид NS 4030 до 79,9% за NS 3022. Ницање хибрида NS 6030 је било у просеку за третмане 80,2%, што је значајно више у односу на NS 4030 (68,8%) и NS 4023 (77,0%). У просеку за хибриде, у XII третману ницање је било 79,7%, што је значајно више него у контроли (75,0%) и PZn (73,8%). Значајно повећање ницања у XII третману у односу на контролу забележено је код хибрида NS 4030 (76,1%), а значајно смањење за хибриде NS 4030 и NS 3022 у PZn третману (62,8% и 72,8%, по реду).

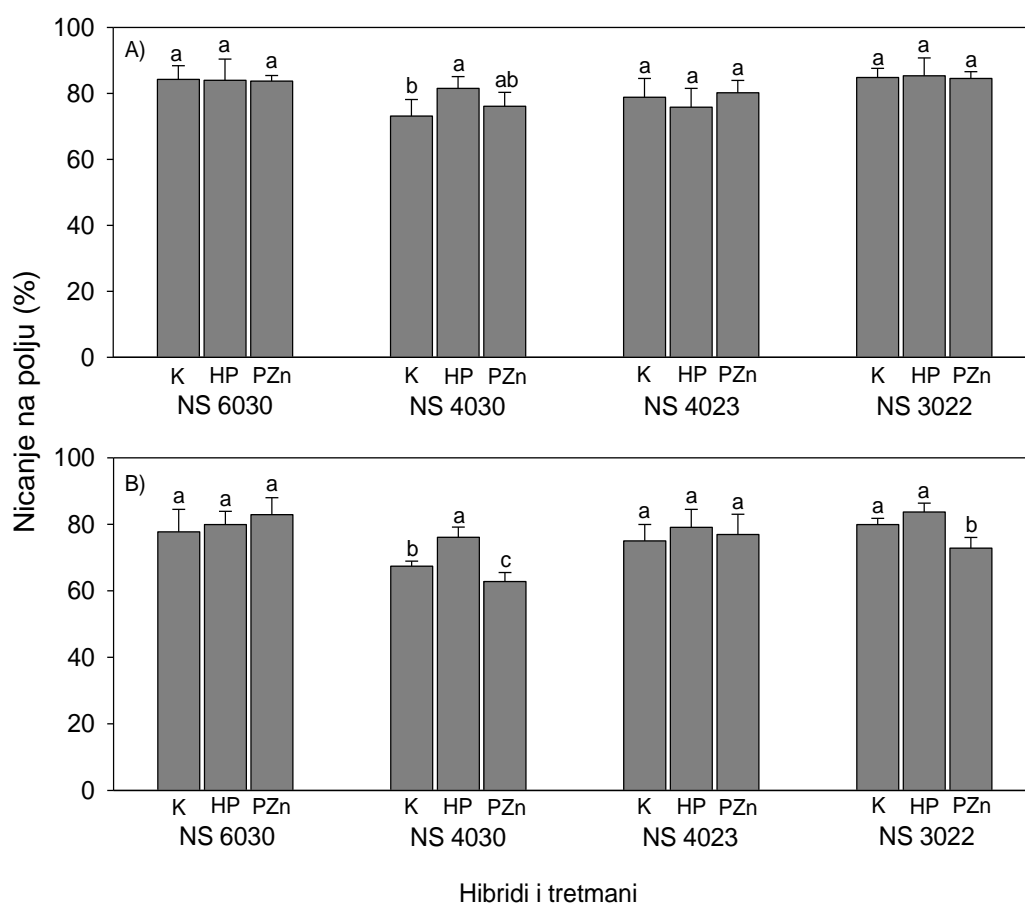


График 1. Утицај прајминга семена водом (XII) и цинком (PZn) на ницање у пољу на локалитету Римски Шанчеви у А) 2015. и Б) 2016. години. Стубови у графикону представљају средњу вредност, а вертикалне црте СД (n=4). А) LSD (X) 2,856 (F=12,26; $p < 0,001$), (T) н.з (F=0,58; $p = 0,628$), (TxX) н.з (F=1,08; $p = 0,397$); Б) LSD (X) 2,807 (F=22,52; $p < 0,001$), (T) 2,807 (F=4,78; $p = 0,005$), (TxX) 5,614 (F=2,26; $p = 0,034$). Различита мала слова означавају значајну разлику између третмана у оквиру хибрида ($p < 0,05$).

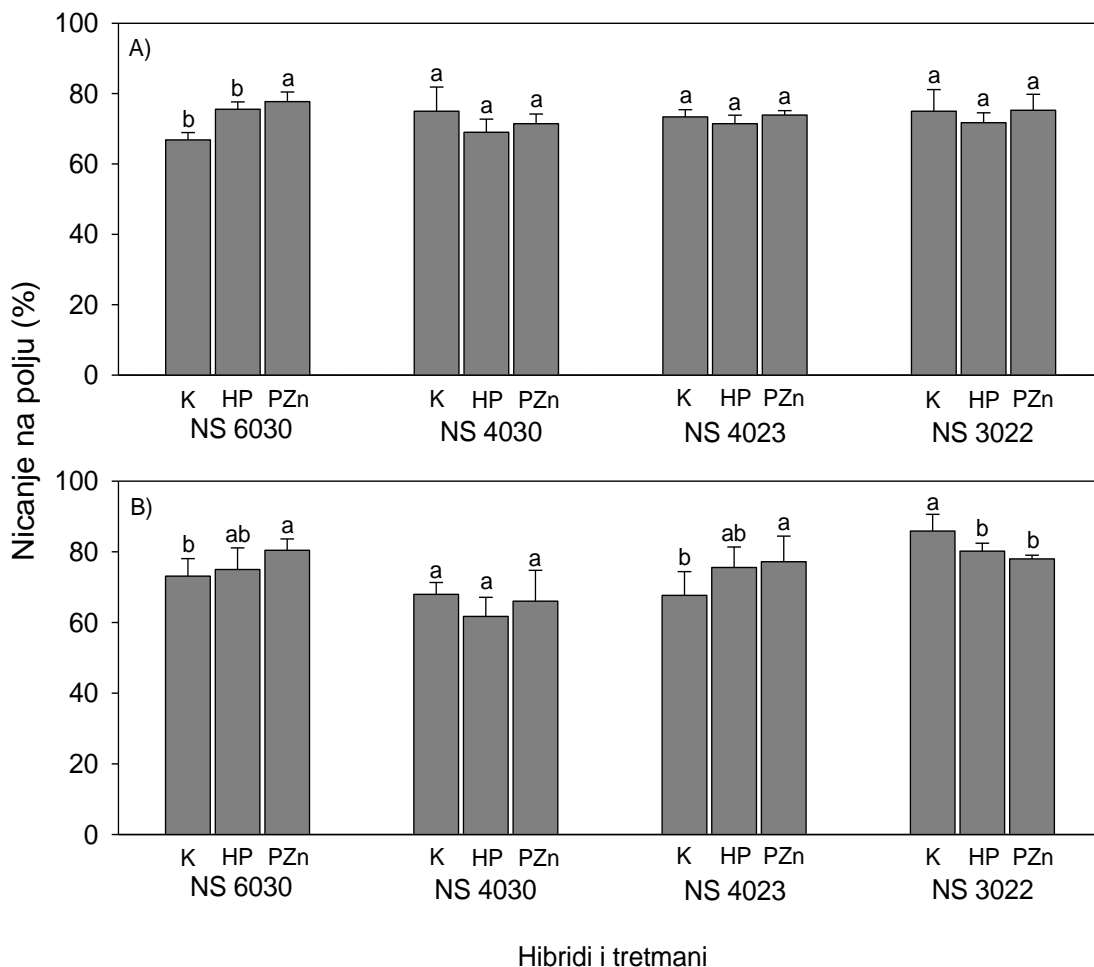


График 2. Утицај прајминга семена водом (ХП) и цинком (ПЗн) на ницање у пољу на локалитету Панчево у А) 2015. и Б) 2016. години. Стубови у графикону представљају средњу вредност, а вертикалне црте СД (n=4). А) LSD (X) 2,507 (F=3,72; p=0,018), (T) 2,507 (F=3,07; p=0,036), (TxX) 5,013 (F=4,31; p<0,001); Б) LSD (X) 3,684 (F=16,26; p<0,001), (T) н.з. (F=0,372; p=0,774), (TxX) н.з. (F=1,490; p=0,179). Различита мала слова означавају значајну разлику између третмана у оквиру хибрида (p<0,05).

На локалитету Панчево, ницање је у 2015. години у контроли варирало од 66,8 % код хибрида NS 6030 до 75,0 % код хибрида NS 3022 (График 2А). Највеће ницање је забележено за хибрид NS 3022, у просеку за третмане 74,0%, што је значајно више у односу на NS 4030 (71,8%). ПЗн третманом је значајно повећано ницање у односу на ХП третман (у просеку 74,6% и 71,9%, по реду). Ницање

хибрида NS 6030 је побољшано у третману ПZn (77,7%) у односу на контролу, док разлике између третмана ХП и контроле нису биле значајне код свих хибрида. У 2016. години, највећи проценат ницања у контроли забележен је за хибрид NS 3022 (85,9%), а најмањи за NS 4023 (67,7%) (График 2В). Највеће ницање је забележено за хибрид NS 3022, у просеку за третмане 81,3%, што је значајно више у односу на остале хибриде. Двофакторијална анализа није показала значајан утицај третмана на ницање, али је даља анализа показала различит одговор хибрида на третмане. Тако је значајно побољшано ницање у односу на контролу забележено у третману ПZn за хибриде NS 6030 (73,1% и 80,4%, по реду) и NS 4023 (67,7% и 77,2%, по реду). Супротно наведеним резултатима, оба третмана прајминга су довела до значајног смањења ницања у односу на контролу код хибрида NS 3022, док код хибрида NS 4030 нису имали значајан утицај.

5.2.3. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на пораст биљака

Током истраживања праћена је и акумулација свеже и суве масе биљака, а мерења су изведена седам недеља након сетве, док је висина биљака мерена непосредно пред жетву.

Двофакторијална анализа варијансе за локалитет Римски Шанчеви је показала да су у првој години ефекти хибрида и третмана и њихова интеракција значајно утицали на суву масу биљака, док је у другој години утицај хибрида и третмана био значајан, али не и њихова интеракција (График 3). У првој години, највећа сува маса по биљци забележена је за хибрид NS 4030, у просеку за третмане 48,1 g, што је значајно више у односу на NS 4023, где је била 43,9%. У ПZn и ФZn третманима вредности су биле у просеку за хибриде 48,4 g и 49,1 g, по реду, што је значајно више у односу на ХП третман где је забележено 43,9 g. У другој години, најбољи почетни пораст је имао хибрид NS 3022 код кога је забележена сува маса у просеку за третмане 54,1 g, што је било значајно више само у односу на NS 4023 код кога је маса била 43,2 g. Приказани резултати

показују да су хибриди гајени на Римским Шанчевима имали различит одговор на примењене третмане у обе сезоне. Тако је у првој години хибрид NS 6030 позитивно реаговао на ПZn третман, где је забележено значајно повећање суве масе биљака у поређењу са осталим третманима (за 11,1% у односу на контролу), што је био случај и за ФZn третман код хибрида NS 4030 (за 19,9% у односу на контролу) (График 3B). Нешто већи ефекат третмана забележен је у другој години, када је код хибрида NS 6030 у ПZn и ФZn третманима повећана сува маса по биљци у односу на контролу (за 16,6% и 15,2%, по реду) (График 3D), што указује на могуће ефикасније искоришћавање цинка у биљци. Статистички значајно повећање акумулације суве материје у биљкама у ПZn третману у односу на контролу забележено је и за хибрид NS 4030 (за 15,3%). ХП третман је имао негативан утицај на пораст биљака хибрида NS 3022, јер је сува маса била статистички значајно мања у односу на контролу. Значајно је да се истакне, да је код хибрида NS 4023 у ХП третману, у обе године сува маса била статистички значајно мања у односу на остале третмане (График 3B и 3D), што јасно указује на негативан ефекат прајминга водом на почетни пораст биљака овог хибрида. Резултати који се односе на свежу масу биљака (График 3A и 3C) слични су онима за суву масу, стога нису посебно анализирани.

На локалитету Панчево, утицај фактора хибрид и третман на почетни пораст кукуруза био је значајан у обе године истраживања, а њихова интеракција само у првој години (График 4). Резултати су јасно показали да је у првој години ПZn третманом значајно повећана сува маса биљака у односу на контролу и ФZn третман, у просеку за хибриде 40,5 g, 32,6 g и 34,7 g, по реду. Највећу суву масу у првој години је имао хибрид NS 3022, у просеку са третмане 38,7 g, што је значајно више у односу на NS 4030 код ког је забележено 35,4 g. Слични резултати су добијени за другу годину, када је највећу суву масу биљке имао хибрид NS 3022, у просеку са третмане 31,5 g, значајно већу у односу на NS 4030 код ког је забележено 27,4 g. Потврђен је позитиван утицај ПZn третмана на почетни пораст биљака, јер је сува маса била значајно већа у односу на контролу и ХП, у просеку 32,4%, 27,7% и 27,6%, по реду. Почетни пораст биљака на локалитету у Панчеву је био слабији у односу на Римске Шанчеве гледано за цео оглед, док су разлике између третмана у оквиру хибрида биле веће (Графици 3 и 4). Тако је сува маса

биљака свих хибрида у ПZn третману била статистички значајно већа у односу на контролу (за 30,3%, 41,1%, 15,1% и 12,2%, по редоследу на графицима) у првој години (График 4B), док је у наредној сезони овај ефекат забележен за NS 6030 и NS 4023 (за 25,4% и 31,2%, по реду) (График 4D). Повећање овог параметра у ХП третману у односу на контролу у првој години забележено је за све хибриде осим за NS 3022 (за 21,1%, 24,6% и 28,0%, по редоследу на графицима) (График 4B). Супротно овоме, у другој години је изостао позитиван ефекат овог третмана, док је код хибрида NS 4030 забележено значајно смањење у односу на контролу (График 4D). Сува маса биљака хибрида NS 4023 код којих је Zn примењен фолијарно, повећана је у односу на контролу у обе сезоне (за 16,4% и 20,9%, по реду).

Висина биљака је један од параметара који указује на продукцију биомасе, али и приноса. Двофакторијална анализа варијансе за Римске Шанчеве је показала значајан утицај фактора хибрид у обе године, а фактора третман само у другој години (График 5). На локалитету Римски Шанчеви, у 2015. години висина биљака у контроли кретала се између 240,0 cm (NS 4030) и 260,3 cm (NS 6030) (График 5A), а у 2016. години од 270,3 cm (NS 4030) до 294,5 cm (NS 6030) (График 5B). Већа висина биљака у другој години је сигурно резултат велике количине падавина. Иако је у другој години био приметан пораст висине стабла хибрида NS 6030 и NS 3022 у сва три третмана у односу на контролу, разлике између третмана за све хибриде нису биле статистички значајне.

Супротно овим резултатима, на локалитету Панчево, утицај третмана на висину биљака био је значајан у обе године, а хибрида у другој години (График 6). Ефекат третмана прајминга и фолијарне примене цинка у оквиру хибрида био је више изражен у другој години истраживања. Тако је у првој години висина биљака хибрида NS 3022 у третманима ПZn и ФZn била статички значајно већа у односу на контролу (за 5,6% и 4,2%, по реду), а хибрида NS 4023 у третманима ХП и ПZn (за 7,2% и 6,0%, по реду). У другој години истраживања, код ПZn и ФZn третмана, висина биљака свих испитиваних хибрида је била значајно већа у односу на контролу (за 8,3%, 6,5%, 7,4%, 6,5%, 4,5%, 8,0%, 3,4% и 7,2%, по

редоследу на графицима). Значајан позитиван ефекат XII третмана забележен је за хибриде NS 4023 и NS 3022.

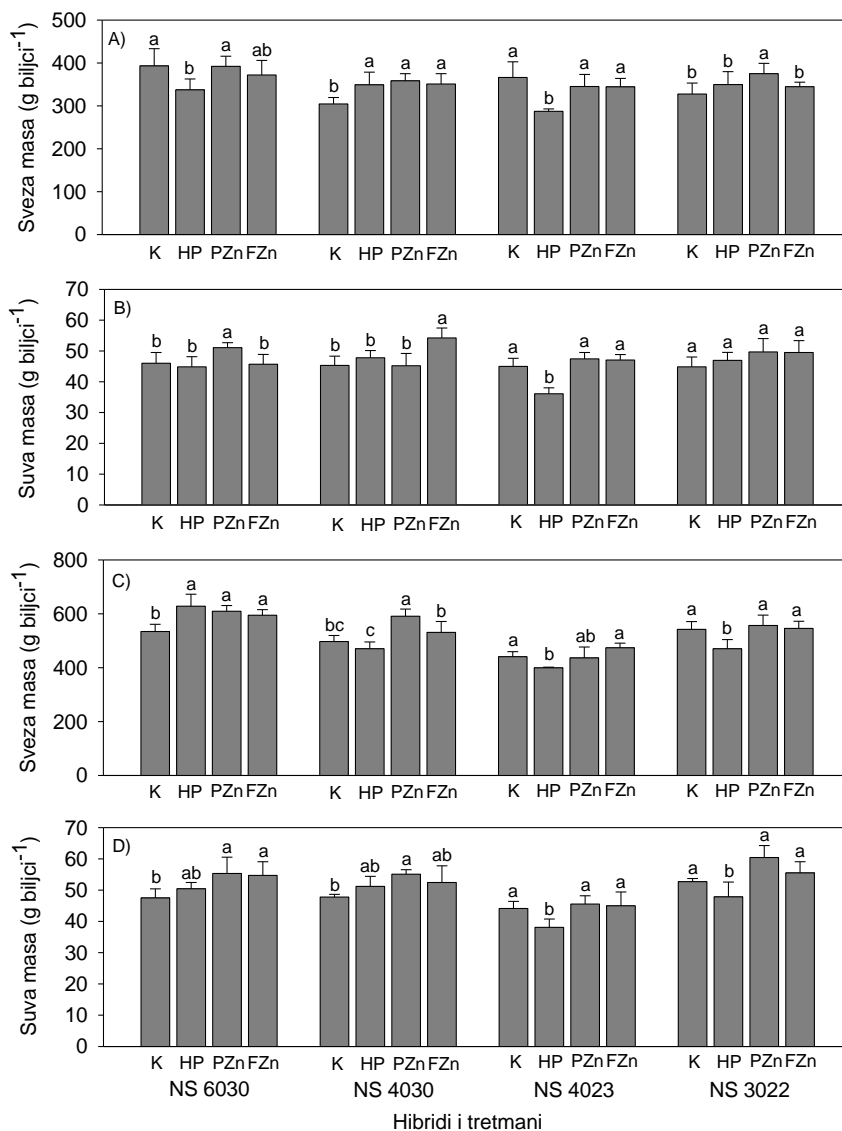


График 3. Утицај прајминга семена водом (XII), прајминга цинком (PZn) и фолијарне примене цинка (FZn) на свежу и суву масу биљака на локалитету Римски Шанчеви у А и В) 2015. години и С и D) у 2016. години. Мерења су извршена седам недеља након сетве. Стубови у графикону представљају средњу вредност, а вертикалне црте СД (n=4). За суву масу: B) LSD (X) 4,432 (F=6,50; $p=0,009$), (T) 4,432 (F=10,79; $p<0,001$), (TxX) 8,863 (F=5,17; $p<0,001$); D) LSD (X) 2,781 (F=31,40; $p<0,001$), (T) 2,781 (F=15,23; $p<0,001$), (TxX) н.з (F=1,97; $p=0,064$). Различита мала слова означавају значајну разлику између третмана у оквиру хибрида ($p<0,05$).

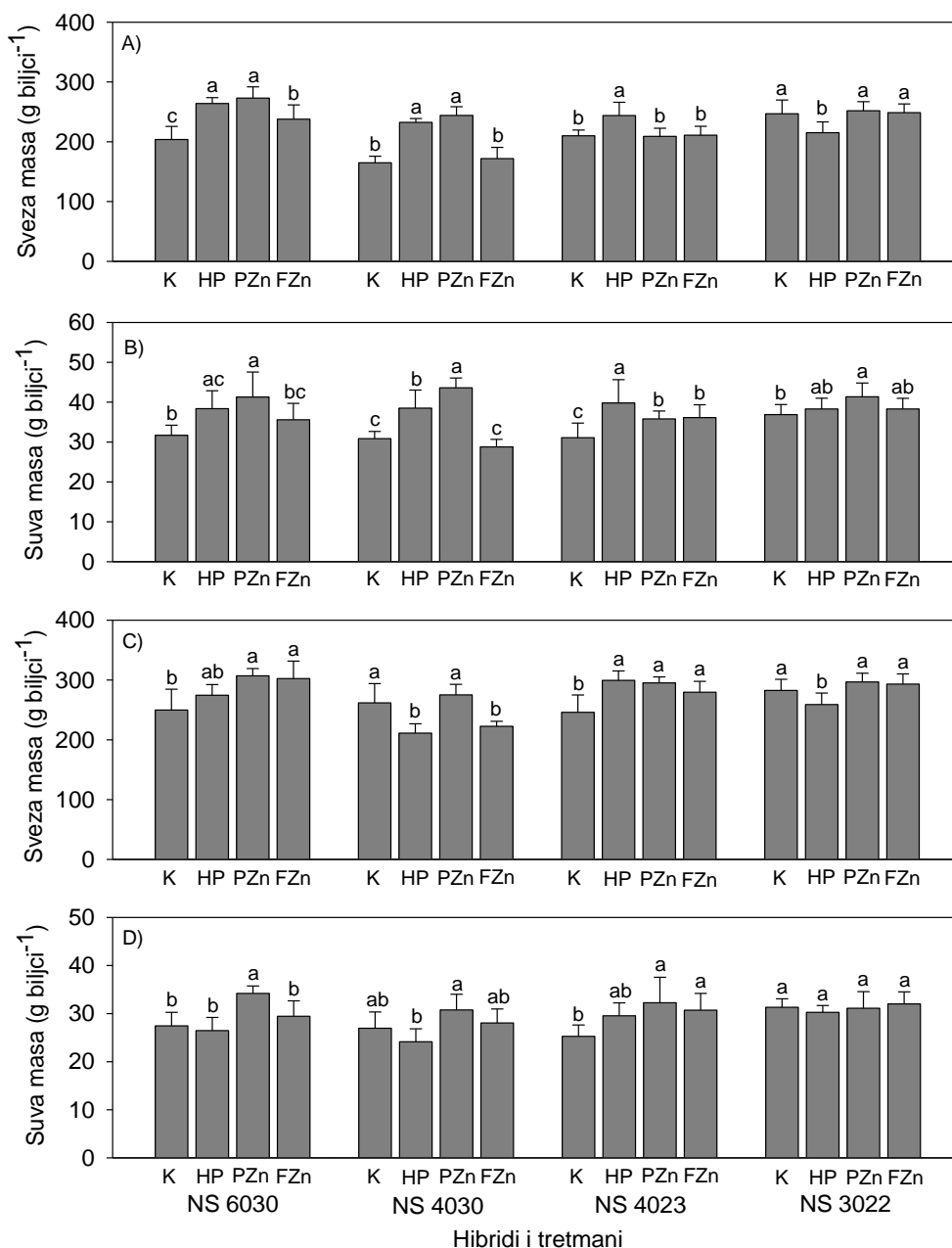


График 4. Утицај прајминга семена водом (HP), прајминга цинком (PZn) и фолијарне примене цинка (FZn) на свежу и суву масу биљака на локалитету Панчево у А и В) 2015. години и С и D) у 2016. години. Мерења су извршена седам недеља након сетве. Стубови у графикону представљају средњу вредност, а вертикалне црте СД (n=4). В) LSD (X) 3,179 (F=7,34; $p<0,001$), (T) 3,179 (F=43,50; $p<0,001$), (TxX) 6,358 (F=7,71; $p<0,001$); D) LSD (X) 2,375 (F=5,658; $p=0,002$), (T) 2,375 (F=10,794; $p<0,001$), (TxX) н.з. (F=1,478; $p=0,183$). Различита мала слова означавају значајну разлику између третмана у оквиру хибрида ($p<0,05$).

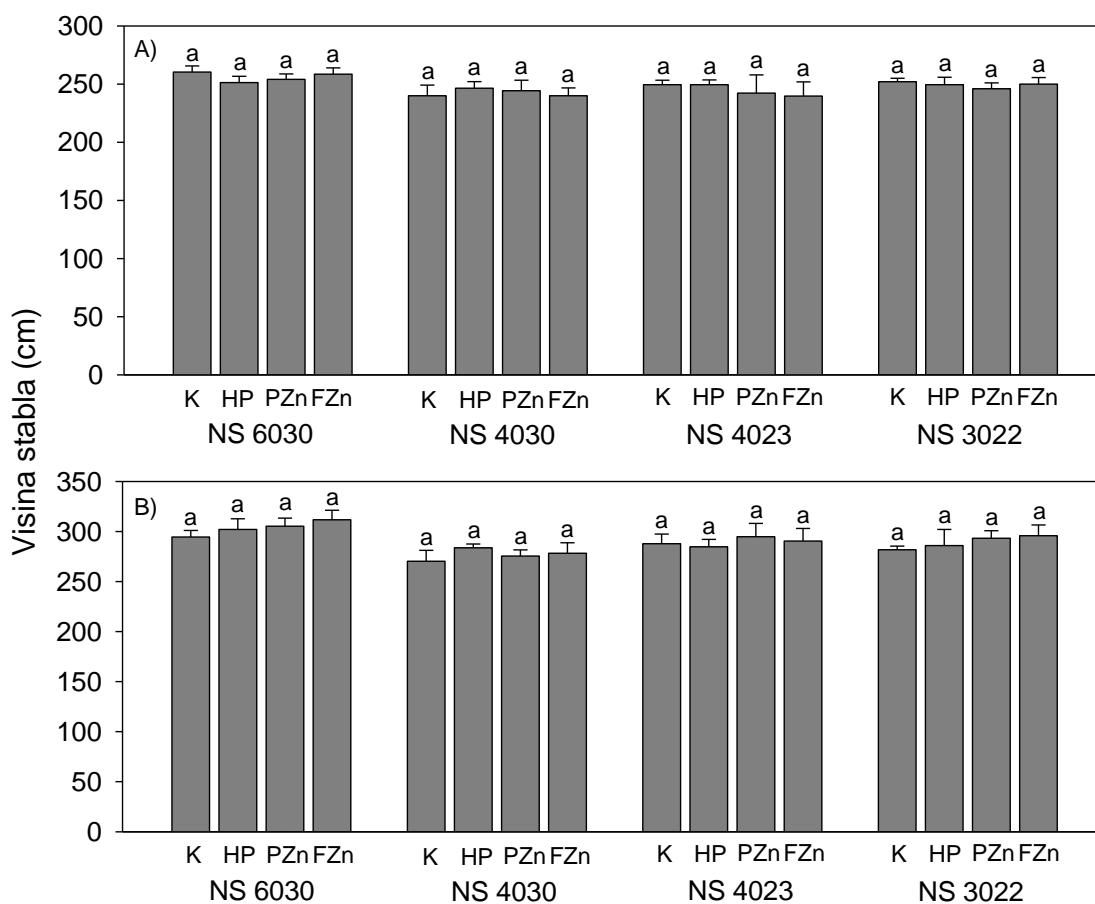


График 5. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПЗн) и фолијарне примене цинка (ФЗн) на коначну висину биљака на локалитету Римски Шанчеви у А) 2015. години и Б) у 2016. години. Стубови у графикону представљају средњу вредност, а вертикалне црте СД (n=4). А) LSD (X) 5,298 (F=9,52; $p<0,001$), (T) н.з (F=0,98; $p=0,410$), (TxX) н.з. (F=1,06; $p=0,410$); Б) LSD (X) 6,33 (F=19,63; $p<0,001$), (T) 6,33 (F=3,54; $p=0,021$), (TxX) н.з. (F=0,82; $p=0,601$). Различита мала слова означавају значајну разлику између третмана у оквиру хибрида ($p<0,05$).

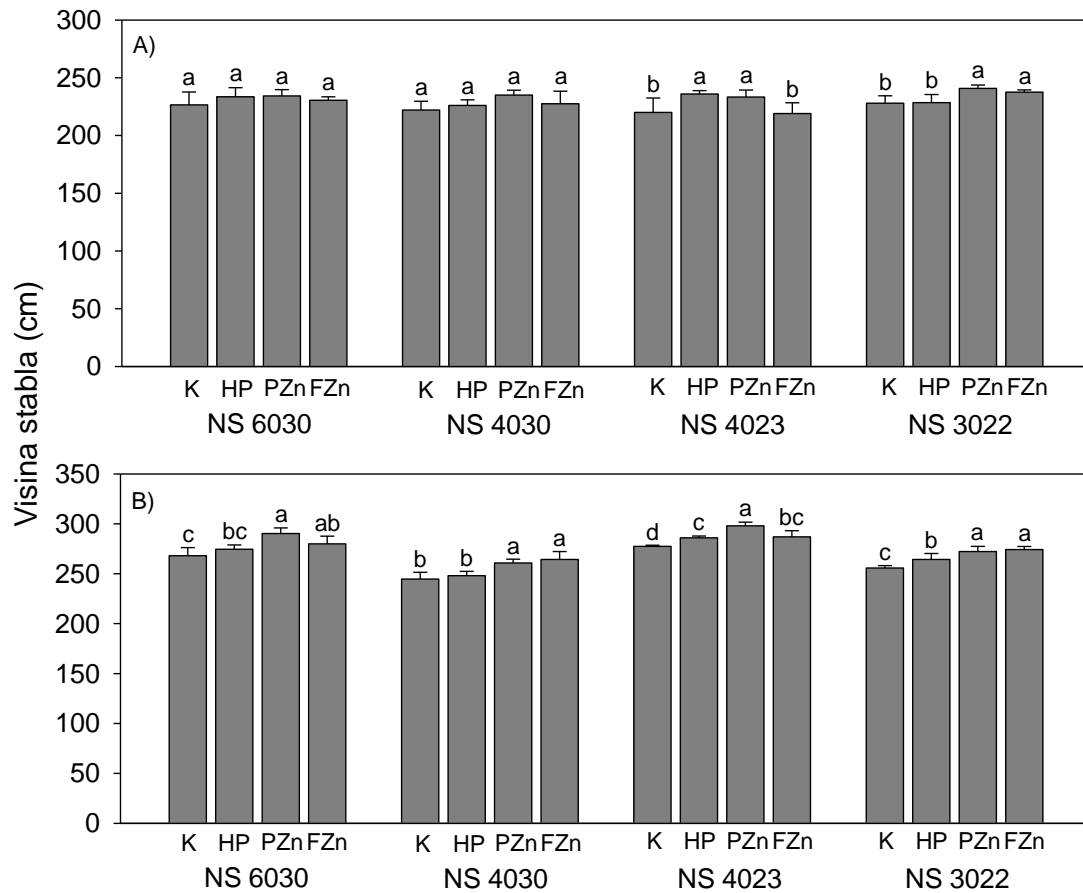


График 6. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПЗн) и фолијарне примене цинка (ФЗн) на коначну висину биљака на локалитету Панчево у А) 2015. години и Б) у 2016. години. Стубови у графикону представљају средњу вредност, а вертикалне црте СД (n=4). А) LSD (X) н.з (F=1,83; p=0,155), (T) 6,63 (F=4,45; p=0,008), (TxX) н.з. (F=1,03; p=0,429); Б) LSD (X) 4,998 (F=66,62; p<0,001), (T) 4,998 (F=23,43; p<0,001), (TxX) н.з. (F=1,05; p=0,417). Различита мала слова означавају значајну разлику између третмана у оквиру хибрида (p<0,05).

5.2.4. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на компоненте приноса кукуруза

Резултати испитивања утицаја прајминга семена и фолијарне примене цинка на компоненте приноса кукуруза приказани су у Табелама 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 и 21.

Табела 10 садржи резултате који се односе на утицај испитиваних третмана на дужину клипа кукуруза за локалитет Римски Шанчеви. Двофакторијалном анализом варијансе утврђен је значајан ефекат хибрида и третмана у обе године, док њихова интеракција није била значајна. У првој години, примењени третмани су испољили различит утицај на хибриде (Табела 10). Тако је XII третман у односу на контролу довео до значајног повећања дужине клипа само за хибрид NS 4023. Позитиван утицај PZn третмана на повећање дужине клипа био је присутан код свих испитиваних хибрида, с тим да код NS 4030 није био статистички значајан. Тако је највеће повећање забележено за хибрид NS 4023, код кога је дужина клипа у контроли била 16,4 cm, а у PZn третману 19,1 cm. Фолијарна примена цинка није имала значајан утицај на овај параметар за све хибриде.

Дужина клипа гледано за целокупан оглед, била је већа у другој години истраживања, чему је сигурно допринела знатно већа количина падавина у односу на прву годину (Табела 10). Прајминг семена водом довео је до статистички значајног повећања дужине клипа у односу на контролу за хибрид NS 4030 (21,5 cm и 20,0 cm, по реду) (Слика 14). Насупрот овоме, резултати су јасно показали да је PZn третман значајно утицао на повећање овог параметра код свих хибрида, а највише за NS 6030 код кога је у контроли дужина клипа била 20,9 cm и 24,1 cm у PZn. Такође су и биљке ФZn третмана свих хибрида имале значајно дужи клип у односу на контролу. Тако је дужина клипа хибрида NS 4023 у контроли била 19,4 cm, а 22,8 cm у ФZn третману. Јачи ефекат третмана у другој години, је сигурно резултат бољег општег пораста биљака захваљујући великим количинама падавина.

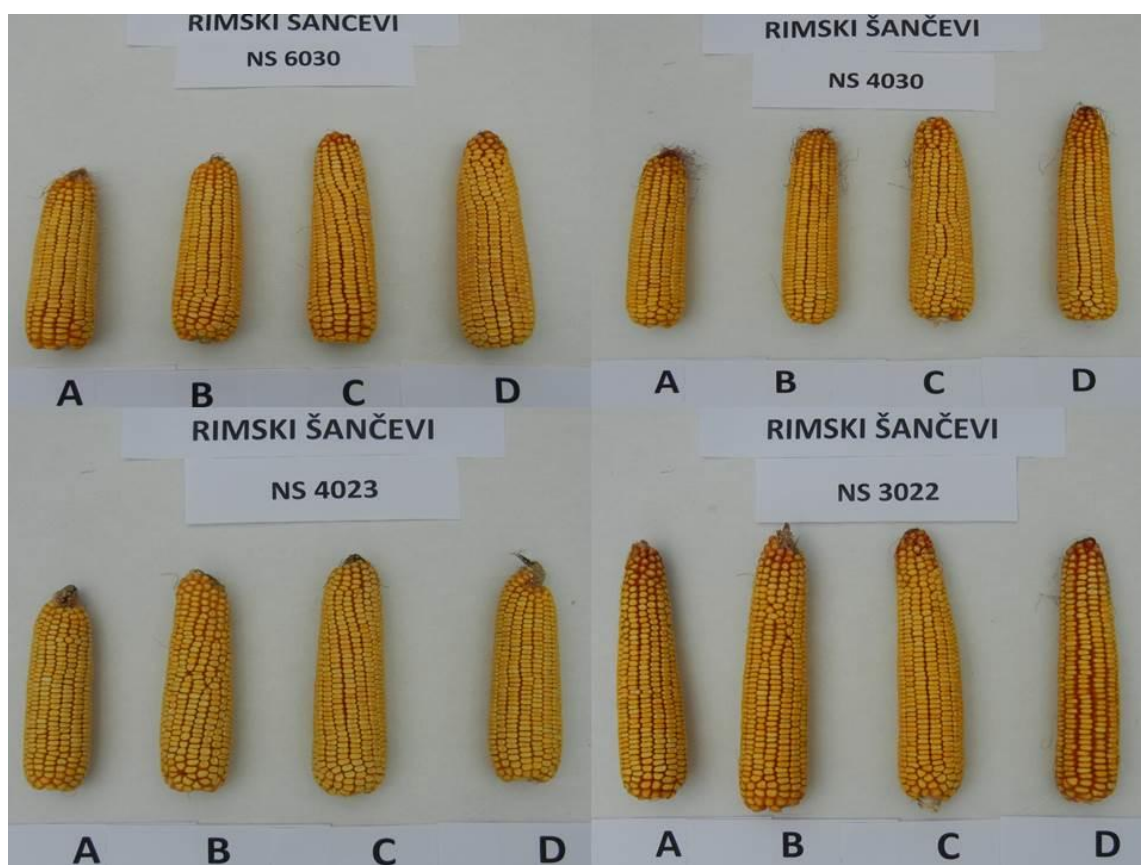
Табела 10. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на дужину клипа кукуруза на локалитету Римски Шанчеви

Третман	Дужина клипа (cm)				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	17,8 ± 0,4 bc	18,8 ± 0,7 ab	16,4 ± 0,4 c	19,9 ± 0,7 b	18,23
ХП	17,1 ± 0,4 c	18,1 ± 0,8 b	17,6 ± 0,8 b	20,5 ± 0,3 b	18,33
ПZn	19,0 ± 0,2 a	19,6 ± 1,6 a	19,1 ± 0,8 a	21,3 ± 0,3 a	19,75
ФZn	18,0 ± 0,6 b	18,6 ± 1,9 ab	17,1 ± 0,3 bc	19,9 ± 0,6 b	18,40
Просек	17,98	18,78	17,55	20,40	18,68
F	3,564	1,641	3,102	1,344	
p	0,006	0,014	0,055	0,307	
LSD _{0,05} (T) 0,708 (F=7,21; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) 0,708 (F=21,22; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,78; p=0,511)					
2016.					
Контрола	20,9 ± 0,6 c	20,0 ± 0,7 c	19,4 ± 0,2 c	21,7 ± 0,7 b	20,50
ХП	21,7 ± 0,3 c	21,5 ± 0,5 b	19,3 ± 0,4 c	22,2 ± 0,7 b	21,18
ПZn	24,1 ± 0,6 a	22,6 ± 0,4 a	21,4 ± 0,7 b	23,7 ± 0,5 a	22,95
ФZn	22,7 ± 0,7 b	22,2 ± 0,2 ab	22,8 ± 0,4 a	23,5 ± 0,2 a	22,80
Просек	22,35	21,58	20,73	22,78	21,86
F	5,583	8,39	7,993	10,810	
p	0,000	0,004	0,002	0,002	
LSD _{0,05} (T) 0,703 (F=25,10; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) 0,703 (F= 14,31; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,56; p=0,154)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Двофакторијална анализа варијансе је показала значајан утицај хибрида на дужину клипа биљака у првој години на локалитету Панчево, као и значајан утицај хибрида и третмана на дужину клипа биљака гајених на локалитету Панчево у другој години истраживања, док њихова интеракција није била значајна (Табела 11). Анализом резултата утврђено је да у првој години није било значајних разлика између третмана и контроле за NS 4030, NS 4023 и NS 3022.

Једино је код хибрида NS 6030, у односу на контролу забележено значајно повећање дужине клипа у ПZn третману (15,6 cm и 17,4 cm, по реду). У 2016. години, дужина клипа је била знатно већа него у 2015. години, јер је тада због веће количине падавина пораст биљака био бољи, као и јачи ефекат третмана на дужину клипа (Табеле 10 и 11). Код биљака ПZn и ФZn третмана, дужина клипа је била већа у односу на контролу за све хибриде, док је значајан позитиван ефекат ХП забележен за NS 4023 (Табела 11, Слика 15). На пример, дужина клипа хибрида NS 3022 била је у контроли 20,7 cm, у ПZn 23,0 cm, а у ФZn 22,9 cm.



Слика 14. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на дужину клипа кукуруза гајених на локалитету Римски Шанчеви у 2106. години; А – контрола, В – прајминг водом (ХП), С - прајминг цинком (ПZn); D - фолијарна примена цинка (ФZn) (Таминџић, 2016.)

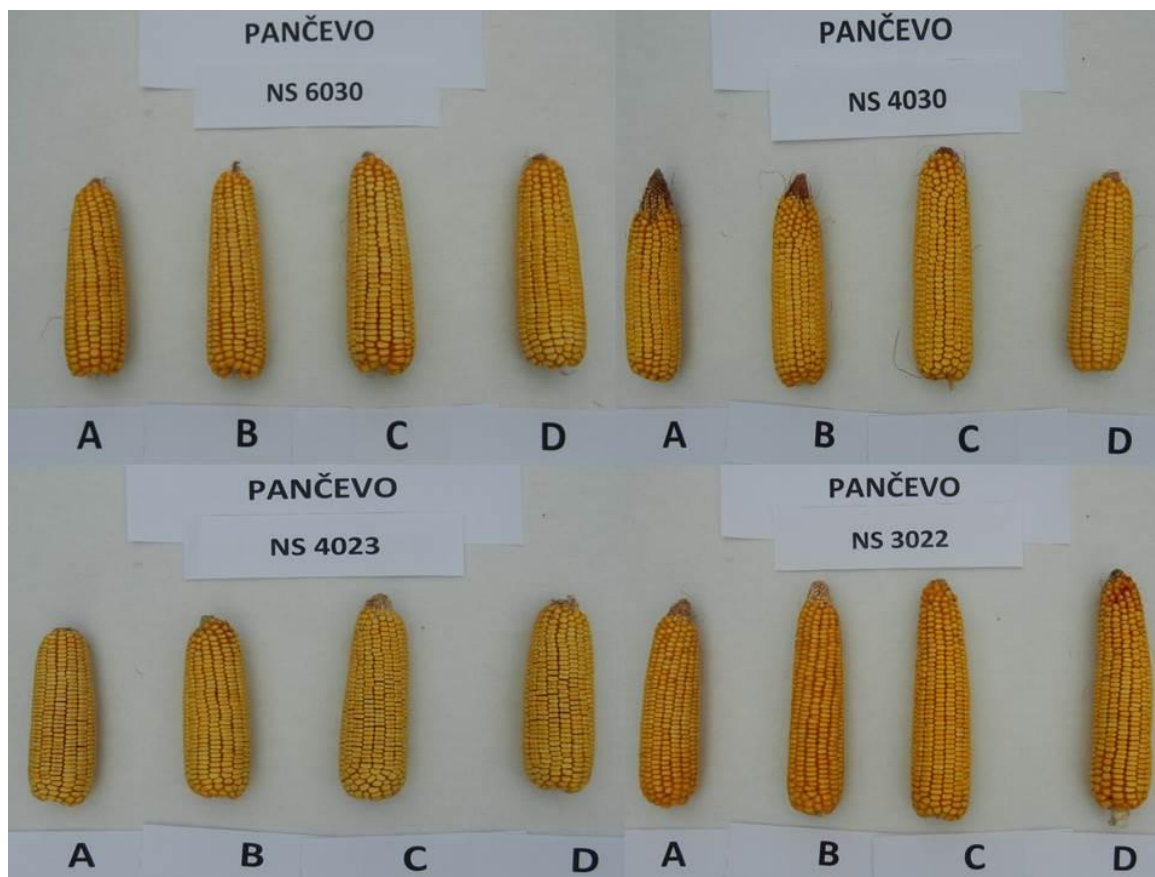
Табела 11. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на дужину клипа кукуруза на локалитету Панчево

Третман	Дужина клипа (cm)				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	15,6 ± 0,7 b	15,5 ± 0,7 a	15,4 ± 0,5 a	16,1 ± 1,1 a	15,65
ХП	15,2 ± 0,5 b	17,4 ± 0,8 a	15,8 ± 1,4 a	16,7 ± 1,8 a	16,28
ПZn	17,4 ± 0,5 a	16,8 ± 1,6 a	16,4 ± 1,2 a	17,6 ± 1,6 a	17,05
ФZn	15,2 ± 0,5 b	16,3 ± 1,9 a	15,5 ± 2,0 a	18,0 ± 2,4 a	16,25
Просек	15,85	16,5	15,78	17,1	16,31
F	2,604	1,454	0,473	0,962	
p	0,0001	0,027	0,0724	0,134	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=2,567; p=0,065)					
LSD _{0,05} (X) 1,061 (F=2,833; p=0,048)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,852; p=0,573)					
2016					
Контрола	20,9 ± 0,5 b	21,1 ± 0,1 c	19,3 ± 0,4 d	20,7 ± 0,6 b	20,50
ХП	21,0 ± 0,1 b	21,6 ± 0,2 bc	20,9 ± 0,4 c	21,5 ± 0,4 b	21,25
ПZn	22,5 ± 0,4 a	22,2 ± 0,1ab	21,5 ± 0,3 b	23,0 ± 0,2 a	22,30
ФZn	22,6 ± 0,4 a	22,4 ± 0,1 a	22,6 ± 0,3 a	22,9 ± 0,9 a	22,63
Просек	21,75	21,83	21,08	22,03	21,67
F	9,640	3,690	18,580	6,446	
p	0,000	0,043	0,000	0,002	
LSD _{0,05} (T) 0,513 (F=5,42; p=0,003)					
LSD _{0,05} (X) 0,513 (F=32,00; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,56; p=0,156)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Двофакторијална анализа варијансе је показала да је на локалитету Римски Шанчеви утицај хибрида и третмана на пречник клипа био значајан током двогодишњег истраживања, док није забележена њихова значајна интеракција (Табела 12). У првој години, разлике између контроле и третмана нису биле значајне за хибриде NS 6030 и NS 3022. Пречник клипа хибрида NS 4023 био је

значајно већи у односу на контролу за све третмане (4,2 cm, 4,5 cm, 4,8 cm, 4,5 cm, по редоследу у табели).



Слика 15. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на дужину клипа кукуруза гајених на локалитету Панчево у 2016. години; А – контрола, В – прајминг водом (ХП), С - прајминг цинком (ПЗn); D - фолијарна примена цинка (ФZn) (Таминџић, 2016.)

Такође, за хибрид NS 4030, статистички значајно већи пречник клипа забележен је у ПZn у односу на остале третмане и контролу. У другој години, пречник клипа свих хибрида је био већи код оба третмана са цинком у односу на контролу, с тим да разлика између контроле и ПZn није била статистички значајна за NS 4023 (Табела 12). Тако је пречник клипа хибрида NS 6030 у контроли био 4,5 cm, у ПZn третману 4,9 cm и у ФZn 4,8 cm.

Табела 12. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на пречник клипа кукуруза на локалитету Римски Шанчеви.

Третман	Пречник клипа (cm)				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	4,6 ± 0,2 a	4,3 ± 0,2 b	4,2 ± 0,2 c	4,4 ± 0,2 a	4,38
ХП	4,6 ± 0,2 a	4,2 ± 0,1 b	4,5 ± 0,2 b	4,4 ± 0,2 a	4,43
ПZn	4,8 ± 0,1 a	4,5 ± 0,1 a	4,8 ± 0,3 a	4,5 ± 0,1 a	4,63
ФZn	4,7 ± 0,2 a	4,3 ± 0,1 b	4,5 ± 0,1 b	4,3 ± 0,3 a	4,48
Просек	4,68	4,33	4,50	4,40	4,48
F	1,370	3,530	5,452	0,378	
p	0,299	0,049	0,013	0,770	
LSD _{0,05} (T) 0,131 (F=6,85; p=0,001)					
LSD _{0,05} (X) 0,131 (F=11,50; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,29; p=0,265)					
2016.					
Контрола	4,5 ± 0,2 b	4,1 ± 0,2 c	4,2 ± 0,3 b	4,3 ± 0,3 b	4,28
ХП	4,7 ± 0,3 ab	4,2 ± 0,3 bc	4,3 ± 0,2 ab	4,4 ± 0,3 ab	4,40
ПZn	4,9 ± 0,1 a	4,6 ± 0,1 a	4,6 ± 0,4 ab	4,7 ± 0,2 a	4,70
ФZn	4,8 ± 0,1 a	4,5 ± 0,2 ab	4,7 ± 0,2 a	4,8 ± 0,0 a	4,70
Просек	4,73	4,35	4,45	4,55	4,52
F	3,850	6,229	3,524	4,089	
p	0,038	0,019	0,043	0,047	
LSD _{0,05} (T) 0,164 (F=16,14; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) 0,164 (F=6,79; p=0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,32; p=0,971)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Статистичка анализа је показала да је фактор третман имао значајан утицај на пречник клипа биљака гајених у Панчеву у обе године истраживања, а фактор хибрид само у другој години (Табела 13). У првој години, разлике између контроле и свих третмана нису биле значајне за хибриде NS 6030, NS 4023 и NS 3022, док је значајно повећање пречника клипа хибрида NS 4030 забележено у третману ПZn (3,9 cm и 4,3 cm, по реду). Супротно овоме, у другој години, пречник клипа хибрида NS 4030 и NS 3022 био је значајно већи у оба третмана са

цинком у односу на контролу, док је за NS 6030 то био случај само за ПZn (Табела 13). На пример, пречник клипа хибрида NS 3022 у контроли је био 4,0 cm, у ПZn 4,4 cm и у ФZn 4,3 cm. Значајно је да се истакне да разлике између контроле и ХП третмана нису биле значајне за испитиване хибриде у обе године истраживања.

Табела 13. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на пречник клипа кукуруза на локалитету Панчево.

Третман	Пречник клипа (cm)				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	4,1 ± 0,4 a	3,9 ± 0,1 b	4,0 ± 0,2 a	3,7 ± 0,2 a	3,93
ХП	4,0 ± 0,2 a	4,1 ± 0,1 ab	4,0 ± 0,2 a	4,0 ± 0,2 a	4,03
ПZn	4,3 ± 0,3 a	4,3 ± 0,2 a	4,3 ± 0,1 a	4,1 ± 0,2 a	4,18
ФZn	4,1 ± 0,3 a	4,0 ± 0,1 b	4,0 ± 0,3 a	4,0 ± 0,2 a	4,03
Просек	4,13	4,08	4,08	3,95	4,06
F	0,728	4,150	1,675	1,800	
p	0,296	0,021	0,080	0,167	
LSD _{0,05} (T) 0,170 (F=4,97; p=0,004)					
LSD _{0,05} (X) н.з. (F=1,63; p=0,195)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,32; p=0,965)					
2016.					
Контрола	4,6 ± 0,1 b	4,2 ± 0,6 b	4,4 ± 0,2 b	4,0 ± 0,1 c	4,30
ХП	4,5 ± 0,1 b	4,2 ± 0,3 b	4,5 ± 0,2 ab	4,1 ± 0,1 bc	4,33
ПZn	4,8 ± 0,1 ab	4,4 ± 0,3 a	4,7 ± 0,1 ab	4,4 ± 0,2 a	4,58
ФZn	4,9 ± 0,1 a	4,4 ± 0,2 a	4,8 ± 0,1 a	4,3 ± 0,1 ab	4,60
Просек	4,70	4,30	4,60	4,20	4,45
F	8,190	5,460	3,570	5,100	
p	0,003	0,013	0,047	0,017	
LSD _{0,05} (T) 0,105 (F=18,41; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) 0,105 (F=38,71; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,92; p=0,519)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

У Табели 14 приказани су резултати који се односе на број редова зрна на клипу биљака гајених на Римским Шанчевима. Двофакторијална анализа варијансе је показала значајан утицај фактора хибрид на овај параметар током двогодишњих истраживања. Резултати прве године истраживања показују да

разлике између контроле и третмана нису биле значајне за хибриде NS 6030, NS 4030 и NS 4023, док је код хибрида NS 3022 број редова у третманима са цинком био значајно мањи у односу на контролу. Слични резултати су добијени и за другу годину, када је само код хибрида NS 4030 у односу на контролу забележено више редова у ПZn третману (15, 9 и 17,5, по реду) (Табела 14).

Табела 14. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на број редова зрна на клипу на локалитету Римски Шанчеви.

Третман	Број редова зрна на клипу				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	15,2 ± 0,5 a	18,1 ± 1,0 a	16,5 ± 0,6 a	17,6 ± 0,7 a	16,85
ХП	14,9 ± 0,4 a	18,1 ± 0,5 a	16,9 ± 0,4 a	16,9 ± 0,7ab	16,70
ПZn	14,8 ± 0,6 a	18,4 ± 0,5 a	17,0 ± 0,8 a	16,4 ± 0,5 b	16,65
ФZn	14,9 ± 0,5 a	18,0 ± 1,7 a	16,2 ± 0,5 a	16,2 ± 1,0 b	16,33
Просек	14,95	18,15	16,65	16,78	16,63
F	0,500	0,110	1,490	2,811	
p	0,627	0,706	0,267	0,085	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=1,38; p=0,260)					
LSD _{0,05} (X) 0,518 (F=48,64; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,95; p=0,489)					
2016.					
Контрола	14,0 ± 0,6 a	15,9 ± 0,5 b	16,0 ± 0,6 a	16,2 ± 0,5 a	15,53
ХП	14,7 ± 0,6 a	16,8 ± 1,2ab	16,0 ± 0,7 a	16,2 ± 0,2 a	15,93
ПZn	14,3 ± 0,4 a	17,5 ± 0,8 a	15,5 ± 1,1 a	16,3 ± 0,8 a	15,90
ФZn	14,7 ± 0,6 a	16,8 ± 0,7ab	16,0 ± 0,7 a	17,4 ± 0,6 a	16,23
Просек	14,43	16,75	15,88	16,53	15,90
F	1,560	2,411	0,342	0,110	
p	0,250	0,025	0,736	0,650	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=1,32; p=0,279)					
LSD _{0,05} (X) 0,505 (F=31,13; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,15; p=0,347)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Двофакторијалном анализом варијансе за број редова зрна хибрида кукуруза гајеног на локалитету Панчево утврђен је статистички значајан ефекат

хибрида у обе године испитивања, као и ефекат третмана у 2016. години. Разлике између третмана у оквиру хибрида нису биле значајне у обе године истраживања (Табела 15).

Табела 15. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на број редова зрна на клипу на локалитету Панчево.

Третман	Број редова зрна на клипу				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	15,3 ± 0,9 а	17,5 ± 1,4 а	17,0 ± 1,2 а	16,9 ± 0,6 а	16,68
ХП	15,2 ± 1,2 а	17,5 ± 1,4 а	16,3 ± 0,9 а	16,9 ± 1,5 а	16,48
ПZn	15,1 ± 1,1 а	17,2 ± 1,5 а	17,1 ± 0,4 а	16,4 ± 0,9 а	16,45
ФZn	15,2 ± 1,1 а	16,6 ± 1,7 а	16,3 ± 1,3 а	16,4 ± 0,6 а	16,13
Просек	15,20	17,20	16,68	16,65	16,43
F	0,022	0,317	0,710	0,382	
p	0,976	0,639	0,331	0,342	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=0,63; p=0,600)					
LSD _{0,05} (X) 0,837 (F=8,78; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,24; p=0,987)					
2016.					
Контрола	14,4 ± 0,9 а	16,8 ± 0,9 а	16,1 ± 0,5 а	15,8 ± 0,7 а	15,78
ХП	14,5 ± 0,7 а	16,8 ± 1,0 а	16,7 ± 0,5 а	16,6 ± 1,1 а	16,15
ПZn	14,8 ± 0,5 а	16,8 ± 0,7 а	16,3 ± 0,5 а	16,6 ± 1,1 а	16,13
ФZn	15,9 ± 0,8 а	16,9 ± 1,0 а	17,1 ± 0,9 а	17,0 ± 0,5 а	16,73
Просек	14,90	16,83	16,55	16,50	16,20
F	0,453	0,012	0,373	2,088	
p	0,220	0,997	0,026	0,076	
LSD _{0,05} (T) 0,624 (F=3,27; p=0,029)					
LSD _{0,05} (X) 0,624 (F=20,80; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,65; p=0,753)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Двофакторијална анализа варијансе је показала значајан утицај третмана и хибрида на број зрна у реду током двогодишњих истраживања, као и значајност ефекта интеракције хибрида и третмана у 2016. години на локалитету Римски Шанчеви (Табела 16). У 2015. години, значајно већи број зрна у реду забележен је у ПZn третману у односу на контролу за хибриде NS 6030, NS 4023 и NS 3022.

Тако је, на пример, код хибрида NS 3022 у контроли је било 41,9 зрна у реду, а у ПZn третману 47,0 зрна. Остале разлике између контроле и третмана у оквиру хибрида нису биле статистички значајне. Позитиван ефекат ПZn третмана забележен је и у другој години за NS 6030 и NS 4030, као и ФZn третмана за NS 4030 и NS4023, где су забележене значајно веће вредности у односу на контролу, за 12,8 %, 6,1%, 6,8% и 10%, по реду.

Табела 16. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на број зрна у реду на локалитету Римски Шанчеви.

Третман	Број зрна у реду				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	41,1 ± 2,4 b	41,4 ± 1,7ab	38,9 ± 2,0 b	41,9 ± 1,7 b	40,8
ХП	39,6 ± 1,9 b	40,0 ± 2,5 b	40,6 ± 2,4 ab	42,1 ± 0,5 b	40,6
ПZn	44,2 ± 0,8 a	43,8 ± 1,2 a	44,6 ± 4,0 a	47,0 ± 0,5 a	44,9
ФZn	41,5 ± 1,1 b	41,3 ± 1,9 ab	41,1 ± 0,9 ab	42,3 ± 2,7 b	41,6
Просек	41,6	41,6	41,3	43,3	42,0
F	5,360	2,971	3,515	8,210	
p	0,001	0,051	0,039	0,003	
LSD _{0,05} (T)	1,334 (F=3,48; p=0,023)				
LSD _{0,05} (X)	1,334 (F=16,4; p <0,001)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=0,66; p=0,738)				
2016.					
Контрола	46,2 ± 3,3 b	44,4 ± 1,1 b	45,2 ± 1,7 b	47,0 ± 1,1 a	45,7
ХП	46,6 ± 1,7 b	44,9 ± 2,3 b	45,8 ± 1,4 b	46,7 ± 1,3 a	46,0
ПZn	52,1 ± 1,5 a	47,8 ± 0,9 a	44,4 ± 2,7 b	49,0 ± 1,2 a	48,3
ФZn	48,4 ± 1,7 b	47,4 ± 1,8 a	49,7 ± 2,1 a	48,9 ± 1,6 a	48,6
Просек	48,3	46,1	46,3	47,9	47,2
F	5,094	4,660	6,245	3,440	
p	0,001	0,021	0,035	0,071	
LSD _{0,05} (T)	1,254 (F=11,33; p<0,001)				
LSD _{0,05} (X)	1,254 (F=5,93; p=0,002)				
LSD _{0,05} (T x X)	2,509 (F=3,03; p=0,006)				

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Табела 17. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на број зрна у реду на локалитету Панчево

Третман	Број зрна у реду				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	36,5 ± 2,1 a	34,8 ± 2,5 a	36,3 ± 0,9 a	36,3 ± 0,9 a	35,9
ХП	36,1 ± 2,5 a	37,7 ± 1,6 a	36,6 ± 1,3 a	36,6 ± 1,3 a	36,6
ПZn	39,1 ± 4,2 a	38,2 ± 2,6 a	38,5 ± 1,6 a	38,5 ± 1,6 a	38,8
ФZn	36,1 ± 1,5 a	36,7 ± 3,4 a	35,4 ± 2,5 a	35,4 ± 2,5 a	36,7
Просек	37,0	36,9	36,7	37,4	37,0
F	1,092	1,330	0,744	0,754	
p	0,018	0,020	0,042	0,057	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=2,528; p=0,068)					
LSD _{0,05} (X) н.з. (F=0,133; p=0,940)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,382; p=0,938)					
2016.					
Контрола	45,2 ± 1,1 bc	46,3 ± 1,4 a	44,3 ± 1,7 b	45,3 ± 1,3 bc	45,3
ХП	44,6 ± 1,4 c	45,4 ± 1,3 a	43,8 ± 2,0 b	44,8 ± 4,3 c	44,7
ПZn	47,0 ± 1,1 ab	47,1 ± 1,4 a	46,3 ± 0,7 ab	48,6 ± 1,4 a	47,3
ФZn	47,8 ± 1,5 a	46,4 ± 1,2 a	47,3 ± 1,9 a	47,1 ± 2,2 ab	47,2
Просек	46,2	46,3	45,4	46,5	46,1
F	5,330	0,780	3,990	4,770	
p	0,014	0,529	0,013	0,020	
LSD _{0,05} (T) 1,089 (F=11,93; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) н.з. (F=1,57; p=0,210)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,97; p= 0,475)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Двофакторијална анализа варијансе је показала значајан утицај третмана на број зрна у реду у 2016. години на локалитету Панчево (Табела 17). У првој години истраживања разлике између контроле и третмана у оквиру хибрида нису биле статистички значајне. У другој години, позитиван ефекат ФZn третмана на број зрна у реду забележен је код хибрида NS 6030 и NS 4023 (5,8% и 6,8%, по реду). Значајно већи број зрна у реду забележен је у ПZn третману у односу на контролу код хибрида NS 3022 (7,3%).

Табела 18. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на број зрна по клипу на локалитету Римски Шанчеви.

Третман	Број зрна по клипу				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	624 ± 16 b	748 ± 28 ab	640 ± 15 b	736 ± 38 ab	687,0
ХП	684 ± 30 ab	723 ± 46 b	685 ± 35 b	711 ± 18 ab	700,8
ПZn	738 ± 36 a	806 ± 40 a	757 ± 60 a	798 ± 39 a	774,8
ФZn	712 ± 52 ab	741 ± 42 b	666 ± 16 b	685 ± 57 b	701,0
Просек	689,5	754,5	687,0	732,5	715,9
F	1,922	3,295	7,507	3,561	
p	0,180	0,058	0,004	0,047	
LSD _{0,05} (T)	26,91 (F=12,18; p<0,001)				
LSD _{0,05} (X)	26,91 (F=36,95; p <0,001)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=1,29; p=0,268)				
2016.					
Контрола	663 ± 16 b	706 ± 20 c	722 ± 44 b	761 ± 18 b	713,0
ХП	684 ± 30 ab	772 ± 51 b	731 ± 19 b	756 ± 25 b	735,8
ПZn	738 ± 36 a	836 ± 27 a	714 ± 63 b	798 ± 39 a	771,5
ФZn	712 ± 52 ab	797 ± 60 ab	795 ± 61 a	801 ± 18 a	776,3
Просек	699,3	777,8	740,5	779,0	749,2
F	3,144	6,526	2,197	3,260	
p	0,065	0,007	0,141	0,060	
LSD _{0,05} (T)	28,24 (F=9,08; p<0,001)				
LSD _{0,05} (X)	28,24 (F=14,44; p<0,001)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=0,060; p=0,060)				

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Резултати приказани у Табели 18 показали су да је утицај третмана и хибрида на број зрна по клипу на Римским Шанчевима био значајан у обе године истраживања, док њихова интеракција није била значајна. ПZn третман довео је до значајног повећања броја зрна по клипу у односу на контролу код хибрида NS 4030 за 7,75 % и код NS 4023 за чак 18,3 % у првој години истраживања на локалитету Римски Шанчеви. ХП и ФZn третмани нису имали значајан утицај на

овај параметер. Насупрот овоме, у 2016. години за хибриде NS 4030, NS 4023 и NS 3022 у Φ Zn третману и за NS 4030 у ХП третману, забележено је значајно повећање броја зрна по клипу у односу на контролу и то за 12,9%, 10,1%, 5,3% и 9,3%, по реду. Резултати су јасно показали да је код биљака ПZn третмана и у другој години број зрна по клипу био већи у односу на контролу, и то код хибрида NS 6030 (11,3 %), NS 4030 (12,9%) и NS 3022 (4,9%).

Табела 19. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (Φ Zn) на број зрна по клипу на локалитету Панчево.

Третман	Број зрна по клипу				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	557 ± 36 b	610 ± 80 a	616 ± 47 a	608 ± 42 b	597,8
ХП	546 ± 29 b	660 ± 66 a	597 ± 50 a	605 ± 44 b	602,0
ПZn	591 ± 87 a	660 ± 102 a	657 ± 42 a	641 ± 18 a	637,3
Φ Zn	548 ± 34 b	613 ± 113 a	578 ± 81 a	631 ± 69 a	592,5
Просек	560,5	635,7	612,0	621,2	607,4
F	0,628	0,373	1,377	0,576	
p	0,611	0,774	0,297	0,642	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=1,572; p=0,208)					
LSD _{0,05} (X) 45,77 (F=4,143; p=0,011)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,328; p=0,961)					
2016.					
Контрола	651 ± 52 b	706 ± 20 b	722 ± 44 b	761 ± 18 b	710,0
ХП	684 ± 30 b	772 ± 51 b	731 ± 19 b	756 ± 25 b	735,7
ПZn	738 ± 36 a	836 ± 27 a	714 ± 63 b	798 ± 39 a	771,5
Φ Zn	712 ± 52 a	797 ± 60 a	795 ± 61 a	801 ± 18 a	776,2
Просек	696,2	777,7	740,5	779,0	748,4
F	3,864	0,701	8,453	5,204	
p	0,038	0,569	0,003	0,016	
LSD _{0,05} (T) 26,88 (F=12,53; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) 26,88 (F=26,28; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,84; p=0,085)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Двофакторијална анализа варијансе је показала значајан утицај хибрида на број зрна по клипу у обе године истраживања на локалитету Панчево, док је

ефекат третмана био значајан у другој години (Табела 19). У првој години истраживања, код хибрида NS 4030 и NS 4023 нису утврђене значајне промене у броју зрна по клипу између третмана. Насупрот томе, повећање вредности овог параметра у ПZn третману у односу на контролу утврђено је код хибрида NS 6030 и NS 3022, као и код хибрида NS 3022 у ФZn третману. У другој години, забележене су разлике између контроле и третмана код свих хибрида. Тако је у ФZn третману број зрна по клипу свих хибрида био значајно већи у односу на контролу, и то за 9,4%, 12,9%, 10,1% и 5,3%, по редоследу у Табели 19. Сличан утицај је имао и ПZn третман, са релативним повећањем у односу на контролу код хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 3022 за 13,4%, 18,4% и 4,9%, по реду. Ефекат ХП третмана није био значајан у обе године истраживања.

Двофакторијална анализа варијансе за масу 1000 зрна биљака гајених на Римским Шанчевима, показала је значајан утицај хибрида и третмана, док њихова интеракција није била значајна у обе године истраживања (Табела 20). Резултати су показали да је и утицај третмана био различит у оквиру хибрида. Тако је у првој години ХП третман утицао на повећање масе 1000 зрна код хибрида NS 3022 за 12,0%. Такође, резултати јасно показују позитиван утицај ПZn третмана на повећање масе 1000 семена код хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 3022 у односу на контролу и то за 5,3%, 11,16% и 18,22 %, по реду. Позитиван значајан утицај фолијарне примене цинка на масу 1000 зрна забележен је код хибрида NS 3022, где је релативно повећање у односу на контролу било 13,2%. Због знатно веће количине падавина у 2016. години, просечна маса 1000 зрна за оглед (383,0 g) била је већа у односу на 2015. годину (291,3 g). Значајно повећање вредности овог параметра у ПZn третману у односу на контролу, забележено је и у 2016. години за све хибриде и то за 8,9%, 6%, 14,7% и 7,3%, према редоследу у Табели 20. Хибрид NS 3022 је у ХП третману имао 11,3% већу масу 1000 зрна у односу на контролу, док је за ФZn третман то био случај за хибриде NS 4030 и NS 4023, код кога је повећање било чак 18,1%.

Резултати приказани у Табели 21 односе се на локалитет Панчево. Двофакторијална анализа варијансе је показала да је утицај оба фактора на масу 1000 зрна био значајан у обе године истраживања, али не и њихова интеракција. У

првој години, разлике у маси 1000 зрна између третмана нису биле статистички значајне за хибрид NS 4023. Супротно овоме, применом сва три третмана код хибрида NS 4030 значајно је повећана маса 1000 зрна у односу на контролу, на пример у оба третмана прајминга чак за око 23%. Применом оба третмана са цинком, значајно је повећана вредност овог параметра за хибрид NS 3022, док је у XII третману значајно смањена у односу на контролу за NS 6030. Забележено је повећање масе 1000 зрна у 2016. години на нивоу огледа и за локалиет Панчево.

Табела 20. Утицај прајминга семена водом (XII), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на масу 1000 зрна на локалитету Римски Шанчеви.

Третман	Маса 1000 зрна (g)				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	338 ± 6 bc	251 ± 14 b	261 ± 13 a	258 ± 33 b	277,0
XII	348 ± 13 b	245 ± 9 b	263 ± 18 a	289 ± 7 a	286,3
ПZn	362 ± 9 a	279 ± 14 a	289 ± 19 a	305 ± 6 a	308,8
ФZn	356 ± 8 ab	244 ± 9 b	281 ± 19 a	292 ± 16 a	293,3
Просек	351,0	254,8	273,5	286,0	291,3
F	1,674	8,182	2,439	4,548	
p	0,004	0,001	0,089	0,024	
LSD _{0,05} (T) 14,94 (F=7,79; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) 14,94 (F=51,24; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,8; p=0,332)					
2016.					
Контрола	449 ± 8 b	332 ± 9 b	320 ± 11 b	344 ± 13 c	361,3
XII	453 ± 16 b	340 ± 15 ab	333 ± 18 b	383 ± 14 ab	377,3
ПZn	489 ± 16 a	352 ± 10 a	367 ± 15 a	397 ± 12 a	401,0
ФZn	471 ± 18 ab	352 ± 14 a	378 ± 11 a	369 ± 16 bc	392,5
Просек	465,5	343,8	349,5	373,3	383,0
F	2,467	1,646	6,028	1,611	
p	0,010	0,276	0,011	0,254	
LSD _{0,05} (T) 15,92 (F=8,79; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) 15,92 (F=104,18; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,74; p=0,672)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Табела 21. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на масу 1000 зрна на локалитету Панчево.

Третман	Маса 1000 зрна (g)				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	275 ± 26 a	184 ± 16 b	201 ± 14 a	201 ± 9 b	215,3
ХП	212 ± 17 b	224 ± 10 a	200 ± 19 a	198 ± 7 b	208,5
ПZn	272 ± 21 a	226 ± 24 a	218 ± 13 a	233 ± 14 a	237,3
ФZn	246 ± 9 a	218 ± 14 a	200 ± 14 a	229 ± 16 a	223,3
Просек	251,3	213,0	204,8	215,3	221,1
F	2,336	2,584	0,372	3,766	
p	0,000	0,007	0,599	0,000	
LSD _{0,05} (T) 19,96 (F=3,003; p=0,039)					
LSD _{0,05} (X) 19,96 (F=8,534; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,725; p=0,109)					
2016.					
Контрола	410 ± 17 a	325 ± 13 b	371 ± 28 b	352 ± 18 ab	364,5
ХП	434 ± 19 a	324 ± 15 b	387 ± 35 b	324 ± 21 b	367,3
ПZn	438 ± 40 a	342 ± 12 a	407 ± 22 a	362 ± 17 a	387,3
ФZn	440 ± 24 a	347 ± 4 a	412 ± 19 a	368 ± 23 a	391,8
Просек	430,5	334,5	394,3	351,5	377,7
F	1,127	4,270	2,012	2,177	
p	0,336	0,029	0,035	0,066	
LSD _{0,05} (T) 16,74 (F=5,45; p=0,003)					
LSD _{0,05} (X) 16,74 (F=53,66; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,73; p=0,676)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Тако је у првој години просечна маса била 221,0 g, а у другој 377,7 g. Утицај третмана се ипак разликовао у оквиру хибрида. Иако је маса 1000 зрна хибрида NS 6030 повећана у свим третманима у односу на контролу, ове разлике нису биле статистички значајне. Код хибрида NS 3022 само је у ХП третману забележено значајно смањење у односу на контролу. Супротно представљеним резултатима за хибрид NS 4023 у првој години истраживања, у оба третмана са цинком маса 1000 зрна је значајно повећана у односу на контролу, док је потврђен њихов позитиван утицај на NS 4030.

5.2.5. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на принос зрна

У Табели 22 приказани су резултати пољског огледа изведеног на Римским Шанчевима. Двофакторијална анализа варијансе за принос зрна кукуруза показала је значајан утицај фактора хибрида за двогодишња истраживања, а третмана само у 2016. години. У првој години, у просеку за све третмане, добијен је највећи принос за хибрид NS 3022 (11,99 t ha⁻¹), а најмањи за NS 4030 (9,65 t ha⁻¹). Резултати који се односе на утицај третмана у оквиру хибрида показали су значајно повећање приноса хибрида NS 6030 у PZn и FZn третманима у односу на контролу и то за 12,4% и 7,6%, по реду. Позитиван утицај ХП забележен је само за хибрид NS 4030 код кога је принос повећан у односу на контролу за 19,7%, као и PZn третмана за NS 4023 уз повећање од 20,8%. Код хибрида NS 3022 нису утврђене значајне разлике у приносу зрна између третмана.

Захваљујући повољнијем режиму падавина у другој години истраживања, забележен је знатно већи принос у просеку за све хибриде и третмане од 11,85 t ha⁻¹ у односу на прву годину када је био 10,60 t ha⁻¹. У другој години, највећи принос зрна у просеку за третмане забележен је за хибрид NS 6030 (13,13 t ha⁻¹), а најмањи за NS 4030 (9,72 t ha⁻¹). У просеку за све хибриде у контроли је остварен принос од 9,84 t ha⁻¹ и значајно повећање у свим третманима, 10,69 t ha⁻¹, 10,68 t ha⁻¹ и 10,78 t ha⁻¹, према редоследу у Табели 22. Код свих хибрида највећи принос је остварен у PZn третману, док је статистички значајно повећање у односу на контролу забележено код NS 4030 и NS 3022 и то за чак 20,7% и 20,6%, по реду. Фолијарном применом цинка значајно је повећан принос код хибрида NS 3022 за 10,4% у односу на контролу, као и у ХП третману код NS 4030 и NS 3022 за 13,5% и 13,3%, по реду. Важно је да се истакне да разлике између третмана за хибрид NS 6030 нису биле значајне.

Знатно већи приноси у другој години у односу на прву годину забележени су и у огледима изведеним у Панчеву (у просеку 8,47 t ha⁻¹ и 6,69 t ha⁻¹, по реду) (Табела 23). Двофакторијална анализа варијансе је показала значајан утицај хибрида током двогодишњих истраживања, док је фактор третмана значајно

утицао на принос само у другој години. У 2015. години, када је забележена мала количина падавина (Табела 23), најмањи принос у просеку за третмане остварен је за хибрид NS 6030 (5,99 t ha⁻¹), који има дужи вегетациони период него NS 3022 код кога је принос био највећи (7,42 t ha⁻¹).

Табела 22. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на принос зрна на локалитету Римски Шанчеви

Третман	Принос (t ha ⁻¹)				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	9,65±0,45 b	8,43 ± 0,13 b	9,37 ± 0,68 b	11,92 ± 0,78 a	9,84
ХП	9,20±0,29 b	10,09 ±0,66 a	10,58 ± 0,77 ab	11,90 ± 1,24 a	10,69
ПZn	10,38±0,45a	9,18 ±0,52 ab	11,32 ± 1,20 a	12,24 ± 0,32 a	10,78
ФZn	10,85±0,69a	9,89 ± 0,67 a	10,10 ± 0,30 ab	11,91 ± 1,34 a	10,68
Просек	10,02	9,65	10,34	11,99	10,50
F	2,776	6,618	1,231	0,104	
p	0,013	0,000	0,018	0,854	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=2,685; p=0,057)					
LSD _{0,05} (X) 0,811 (F=12,942; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,807; p=0,091)					
2016.					
Контрола	12,82±0,51 a	8,89±0,44 b	12,74±0,50 ab	10,53±0,39 d	11,25
ХП	13,12±0,39 a	10,09±0,59 a	12,45±0,33 b	11,93±0,53 bc	11,89
ПZn	13,33±0,22 a	10,73±0,51 a	13,17±0,24 a	12,70 ± 0,15 a	12,48
ФZn	13,24±0,39 a	9,18±0,23 b	12,98±0,42 ab	11,62 ± 0,17 c	11,75
Просек	13,13	9,72	12,84	11,69	11,85
F	3,356	0,458	5,511	2,055	
p	0,000	0,089	0,000	0,099	
LSD _{0,05} (T) 0,635 (F=8,037; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) 0,635 (F=26,865; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,610; p=0,782)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Табела 23. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на принос зрна на локалитету Панчево.

Третман	Принос (t ha ⁻¹)				Просек
	Хибрид				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	5,32 ± 0,47 b	6,97 ± 0,47 a	6,23 ± 0,43 a	6,63 ± 0,36 b	6,29
ХП	5,80 ± 0,26 ab	7,31 ± 0,26 a	6,04 ± 0,24 a	6,78 ± 0,16 b	6,48
ПZn	6,55 ± 0,67 a	7,14 ± 0,53 a	6,14 ± 0,41 a	8,17 ± 0,65 a	7,00
ФZn	6,27 ± 0,46 a	7,50 ± 0,26 a	6,10 ± 0,33 a	8,11 ± 0,54 a	6,99
Просек	5,99	7,23	6,13	7,42	6,69
F	1,139	0,122	0,043	2,924	
p	0,000	0,259	0,840	0,004	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=1,490; p=0,229)					
LSD _{0,05} (X) 0,725 (F=8,980; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,603; p=0,788)					
2016.					
Контрола	8,36 ± 0,43 c	6,59 ± 0,41 a	8,02 ± 0,12 b	7,54 ± 0,49 c	7,63
ХП	9,02 ± 0,33 b	6,75 ± 0,53 a	9,78 ± 0,17 a	8,13 ± 0,32 bc	8,42
ПZn	9,70 ± 0,28 a	7,12 ± 0,71 a	9,86 ± 0,24 a	9,02 ± 0,29 a	8,93
ФZn	9,96 ± 0,46 a	7,07 ± 0,70 a	9,94 ± 0,34 a	8,57 ± 0,47 ab	8,89
Просек	9,26	6,88	9,40	8,32	8,47
F	3,356	1,717	6,467	3,353	
p	0,001	0,040	0,000	0,010	
LSD _{0,05} (T) 0,583 (F=10,342; p<0,001)					
LSD _{0,05} (X) 0,583 (F=35,024; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,487; p=0,180)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Када је реч о третманима, најмањи принос у просеку за хибриде је забележен у контроли (6,29 t ha⁻¹), а највећи у ПZn и ФZn третманима (7,00 t ha⁻¹ и 6,99 t ha⁻¹, по реду). Када је реч о утицају третмана у оквиру хибрида, забележен је позитиван утицај ПZn и ФZn на хибрид NS 6030 код кога је принос повећан у односу на контролу за 23,1% и 17,9%, по реду, као и за NS 3022 са 23,2% и 22,3%, по реду. Код хибрида NS 4023 нису уочене значајне разлике у приносу између третмана, што је био случај и код NS 4030 у обе године.

5.2.6. Оцена ефикасности хибрида у акумулацији цинка у зрну и утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на концентрацију цинка и гвожђа у зрну

Концентрација цинка у зрну је мерена у циљу оцене ефикасности хибрида за акумулацију цинка у зрну, за које је претходно утврђено да се разликују у Zn-ефикасности. Пољски огледи су изведени на две локације: Римски Шанчеви и Панчево, које се разликују по садржају карбоната, доступног фосфора и неких микроелемената.

Посматрано за цео двогодишњи оглед, концентрација Zn у зрну се кретала од 18,9 до 33,5 mg kg⁻¹ (Табеле 24 и 25). На оба локалитета, вредности су биле веће у другој години (27,6 mg kg⁻¹ на Римским Шанчевима и 26,5 mg kg⁻¹ у Панчеву) него у првој (20,8 mg kg⁻¹ и 23,1 mg kg⁻¹, по реду).

Резултати двофакторијалне анализе варијансе показали су значајан утицај фактора хибрид и третман на концентрацију Zn у зрну, у обе године, на локалитету Римски Шанчеви (Табела 24). У обе године, у просеку за све третмане, највеће вредности су забележене код хибрида NS 4030 (22,9 mg kg⁻¹ и 30,3 mg kg⁻¹), а најмање код NS 4023 (19,1 mg kg⁻¹ и 25,6 mg kg⁻¹). Концентрација цинка, у првој години, у контроли кретала се између 19,2 mg kg⁻¹ (NS 4023) и 20,0 mg kg⁻¹ (NS 3022) и није било значајне разлике између хибрида. Посматрајући утицај третмана у оквиру хибрида, резултати су јасно показали да је хидропрајминг позитивно утицао на хибрид NS 4030, где је забележена за 21,3% већа вредност у поређењу са контролом (на остале хибриде овај третман није имао значајан утицај). PZn третман је утицао на повећање концентрације цинка за хибриде NS 6030 (8,7%) и NS 4030 (15,2%). Значајно повећање концентрације цинка у зрну у односу на контролу запажено је након фолијарне примене цинка код хибрида NS 6030 (за 9,79%), NS 4030 (за 29,4%) и NS 3022 (за 17,9 1%). Разлике између третмана код хибрида NS 4023 нису биле значајне. Најмања концентрација цинка у зрну у контроли у 2016. години забележена је код хибрида NS 3022 (20,0 mg kg⁻¹), а највећа код NS 4030 (27,8 mg kg⁻¹). Разлике између третмана код NS 6030 нису биле значајне. Утврђено је да је хидропрајминг имао позитиван утицај на

концентрацију цинка у зрну хибрида NS 4030, NS 4023 и NS 3022, код којих је повећање у односу на контролу било 20,5%, 35,2% и 49%, по реду. Затим, у ПZn третману код хибрида NS 3022 вредности су биле више у односу на контролу за 51,5%. Повећање концентрације цинка у зрну након фолијарног третмана утврђено је код хибрида NS 4030, NS 4023 и NS 3022, које је у односу на контролу било веће за 20,1%, 43,4% и 42,5%, по реду.

Табела 24. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на концентрацију Zn у зрну на локалитету Римски Шанчеви.

Третмани	Концентрација Zn у зрну (mg kg ⁻¹)				Просек
	Хибриди				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	19,4 ± 0,3 b	19,7 ± 1,1 d	19,2 ± 1,3 a	20,1 ± 0,9 b	19,6
ХП	18,9 ± 1,1 b	23,9 ± 1,6 c	19,0 ± 0,8 a	20,9 ± 0,2 b	20,6
ПZn	21,1 ± 0,9 a	22,7 ± 0,6 bc	18,9 ± 0,7 a	20,3 ± 0,4 b	20,7
ФZn	21,3 ± 1,6 a	25,5 ± 1,0 a	19,4 ± 1,4 a	23,7 ± 2,7 a	22,4
Просек	20,1	22,9	19,1	21,2	20,8
F	0,672	4,676	0,028	0,874	
p	0,036	0,000	0,903	0,002	
LSD _{0,05} (T)	2,329 (F=3,204; p=0,031)				
LSD _{0,05} (X)	2,329 (F=4,846; p=0,005)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=0,607; p=0,784)				
2016.					
Контрола	25,8 ± 2,4 a	27,8 ± 3,4 b	20,7 ± 2,1 b	20,0 ± 4,4 b	23,5
ХП	27,7 ± 2,8 a	33,5 ± 4,6 a	28,0 ± 5,4 a	29,8 ± 4,1 a	29,7
ПZn	26,8 ± 2,4 a	26,7 ± 3,5 b	24,3 ± 3,1 ab	30,3 ± 6,0 a	27,0
ФZn	28,8 ± 1,8 a	33,4 ± 0,9 a	29,7 ± 2,4 a	28,5 ± 5,5 a	30,1
Просек	27,2	30,3	25,6	27,1	27,6
F	4,413	1,148	5,493	3,701	
p	0,000	0,000	0,000	0,000	
LSD _{0,05} (T)	3,424 (F=9,448; p<0,001)				
LSD _{0,05} (X)	3,424 (F=3,496; p=0,023)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=1,778; p=0,097)				

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Резултати двофакторијалне анализе варијансе су показали да је на локалитету Панчево био значајан само утицај фактора хибрид у првој години (Табела 25).

Табела 25. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на концентрацију Zn у зрну на локалитету Панчево

Третмани	Концентрација Zn у зрну (mg kg^{-1})				Просек
	Хибриди				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	21,1 ± 1,6 c	20,2 ± 1,2 b	24,9 ± 2,3 a	22,0 ± 1,5 c	22,0
ХП	22,5 ± 1,6 bc	19,1 ± 1,1 b	23,5 ± 1,1 a	21,1 ± 1,0 c	21,6
ПZn	25,2 ± 1,8 a	24,3 ± 1,3 a	24,0 ± 2,2 a	23,5 ± 1,0 b	24,2
ФZn	24,0 ± 0,6 ab	24,1 ± 1,5 a	26,4 ± 1,1 a	25,0 ± 1,1 a	24,8
Просек	23,2	21,9	24,7	22,9	23,1
F	0,822	3,624	0,539	1,150	
p	0,022	0,000	0,057	0,004	
LSD _{0,05} (T)	2,464 (F=4,234; p=0,010)				
LSD _{0,05} (X)	н.з. (F=1,7559; p=0,168)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=0,510; p=0,860)				
2016.					
Контрола	30,4 ± 2,6 a	25,6 ± 3,0 a	23,4 ± 3,4 a	21,9 ± 2,0 c	25,3
ХП	33,5 ± 3,8 a	28,3 ± 2,1 a	25,1 ± 0,9 a	23,6 ± 0,4 bc	27,6
ПZn	29,9 ± 3,2 ab	26,1 ± 2,5 a	26,5 ± 2,9 a	24,3 ± 2,6 ab	26,7
ФZn	25,2 ± 3,4 b	27,1 ± 1,4 a	27,1 ± 2,7 a	26,5 ± 2,2 a	26,4
Просек	29,7	26,7	25,5	24,0	26,5
F	0,360	0,809	2,266	0,244	
p	0,065	0,357	0,000	0,370	
LSD _{0,05} (T)	н.з. (F=0,962; p=0,418)				
LSD _{0,05} (X)	4,166 (F=3,684; p=0,018)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=0,870; p=0,558)				

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана ($p < 0,05$).

У просеку за третмане, у првој години највећа концентрација Zn у зрну је забележена за хибрид NS 4023 ($24,7 \text{ mg kg}^{-1}$), а најмања за NS 4030 ($21,9 \text{ mg kg}^{-1}$). Просечна вредност за хибриде била је највећа у ФZn третману ($24,8 \text{ mg kg}^{-1}$), а најмања у ХП третману ($21,6 \text{ mg kg}^{-1}$). Разлике између третмана у оквиру хибрида NS 4023 нису биле значајне, док је за остале хибриде концентрација Zn у зрну била виша у оба третмана са цинком у односу на контролу. На пример, ПZn третманом повећана је концентрација Zn у зрну хибрида NS 6030 за 19,4% и NS 4030 за 20,3%. У другој години, највеће вредности у просеку за третмане забележене су за хибрид NS 6030 ($29,7 \text{ mg kg}^{-1}$), а најмање за NS 3022 ($24,0 \text{ mg kg}^{-1}$). ХП третман је дао највећу концентрацију Zn у зрну, у просеку за хибриде $27,6 \text{ mg kg}^{-1}$, док је најмања била у контроли, $25,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Разлике између третмана нису биле значајне за хибриде NS 4030 и NS 4023. ПZn и ФZn третмани повећали су концентрацију Zn у зрну хибрида NS 3022 за 11,0% и 21,0% у односу на контролу, док је за NS 6030 забележен супротан ефекат ова два третмана. Тако је у ФZn третману концентрација Zn смањена за чак 20,6% у односу на контролу, што може бити последица тзв. ефекта разблажења.

Супротно резултатима за концентрацију Zn у зрну, у првој години су концентрације Fe биле знатно више него у другој години (Табеле 26 и 27). Тако је у просеку за локалитет Римски Шанчеви у првој години било $40,4 \text{ mg kg}^{-1}$, у другој $32,3 \text{ mg kg}^{-1}$, а за Панчево $36,8 \text{ mg kg}^{-1}$ и $27,9 \text{ mg kg}^{-1}$, по реду. На локалитету Панчево, највиша концентрација Fe у зрну, у просеку, за третмане забележена је у обе године за хибрид NS 3022 ($39,6$ и $29,9 \text{ mg kg}^{-1}$), док је најнижа у 2015. години била за NS 6030 ($34,4 \text{ mg kg}^{-1}$), а у 2016. години за NS 4023 ($26,2 \text{ mg kg}^{-1}$). Разлике између третмана су биле значајне за хибрид NS 4030 у првој години и за NS 3022 у другој години, када је концентрација Fe у зрну била виша у ПZn третману у односу на контролу.

Корелациона анализа за просек оба локалитета је показала да концентрација Zn у зрну није у значајној корелацији са Fe у зрну, јер су коефицијенти корелације били $r=-0,07$ за прву годину и $r=-0,09$ за другу годину.

Табела 26. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на концентрацију Fe у зрну на локалитету Римски Шанчеви.

Третмани	Концентрација Fe у зрну (mg kg ⁻¹)				Просек
	Хибриди				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	36,5 ± 2,0 b	38,5 ± 1,0 a	36,9 ± 2,3 b	40,2 ± 1,8 b	38,1
ХП	40,2 ± 1,7 ab	39,6 ± 3,4 a	35,6 ± 1,7 b	43,2 ± 2,8 ab	39,7
ПZn	39,4 ± 4,9 ab	42,7 ± 3,9 a	36,3 ± 3,7 b	51,1 ± 8,5 a	42,4
ФZn	42,9 ± 1,5 a	38,3 ± 1,9 a	44,1 ± 1,7 a	39,6 ± 2,2 b	41,2
Просек	39,8	39,8	38,2	43,5	40,4
F	2,465	1,549	7,393	3,756	
p	0,137	0,276	0,011	0,060	
LSD _{0,05} (T)	2,779 (F=3,775; p=0,020)				
LSD _{0,05} (X)	2,779 (F=5,431; p=0,004)				
LSD _{0,05} (T x X)	5,559 (F=3,588; p=0,003)				
2016.					
Контрола	30,3 ± 2,3 a	31,1 ± 1,7 a	31,0 ± 2,6 a	36,2 ± 2,5 a	32,1
ХП	27,6 ± 1,3 a	32,2 ± 15,6 a	34,9 ± 3,5 a	39,7 ± 9,5 a	33,6
ПZn	27,9 ± 0,9 a	30,9 ± 2,5 a	34,6 ± 7,2 a	37,1 ± 1,9 a	32,7
ФZn	31,5 ± 5,9 a	31,9 ± 1,5 a	27,2 ± 1,7 a	32,2 ± 3,7 a	30,7
Просек	29,3	31,5	31,9	36,3	32,3
F	0,970	0,371	2,122	1,044	
p	0,453	0,777	0,176	0,424	
LSD _{0,05} (T)	н.з. (F=1,173; p=0,335)				
LSD _{0,05} (X)	3,241 (F=6,789; p=0,001)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=1,368; p=0,243)				

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Због већих остварених приноса зрна и веће концентрације Zn у зрну у другој години на оба локалитета (Табеле 24 и 25), укупна количина акумулираног Zn у приносу била је знатно већа него у првој, у просеку по годинама за оглед на Римским Шанчевима 220,8 g ha⁻¹ и 325,5 g ha⁻¹ (Табела 28), у Панчеву 156 g ha⁻¹ и 224,5 g ha⁻¹ (Табела 29).

Табела 27. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на концентрацију Fe у зрну на локалитету Панчево.

Третмани	Концентрација Fe у зрну (mg kg^{-1})				Просек
	Хибриди				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	34,1 ± 2,3 a	37,4 ± 1,4 ab	35,6 ± 2,8 a	38,6 ± 2,5 a	36,4
ХП	36,6 ± 3,6 a	39,3 ± 1,8 a	39,7 ± 4,1 a	42,0 ± 2,2 a	39,4
ПZn	34,3 ± 3,6 a	33,7 ± 3,4 b	36,2 ± 3,6 a	39,6 ± 8,2 a	36,0
ФZn	32,7 ± 0,6 a	36,9 ± 3,1 ab	34,2 ± 3,0 a	38,1 ± 2,3 a	35,5
Просек	34,4	36,8	36,4	39,6	36,8
F	0,990	2,417	1,387	0,431	
p	0,443	0,142	0,315	0,737	
LSD _{0,05} (T)	2,867 (F=3,140; p=0,039)				
LSD _{0,05} (X)	2,867 (F=4,632; p=0,008)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=0,337; p=0,955)				
2016.					
Контрола	25,7 ± 1,1 a	30,6 ± 1,9 a	25,3 ± 2,6 a	27,8 ± 0,7 b	27,4
ХП	27,6 ± 2,1 a	29,0 ± 3,1 a	25,7 ± 0,7 a	28,8 ± 2,2 ab	27,8
ПZn	28,3 ± 2,5 a	26,9 ± 1,3 a	26,2 ± 1,6 a	31,0 ± 1,0 a	28,1
ФZn	28,1 ± 2,5 a	28,8 ± 2,0 a	27,7 ± 1,7 a	29,3 ± 1,6 ab	28,5
Просек	27,4	28,8	26,2	29,9	27,9
F	0,957	1,528	1,045	2,357	
p	0,458	0,280	0,424	0,148	
LSD _{0,05} (T)	н.з. (F=0,76; p=0,525)				
LSD _{0,05} (X)	1,590 (F=6,17; p=0,002)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=1,58; p=0,650)				

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана ($p < 0,05$).

Резултати двофакторијалне анализе варијансе су показали да је утицај оба фактора на акумулацију Zn био значајан на оба локалитета и у обе године, док је њихова интеракција била значајна у обе године на Римским Шанчевима. Просечне вредности за третмане су се кретале на Римским Шанчевима од 196,7 до 254,5 g ha^{-1} у првој години и од 293,2 до 358,5 g ha^{-1} у другој години. За све третмане забележено је значајно повећање у односу на контролу, и то највише за

ФZn, у просеку за 24,6% у првој години, и за 33,8% у ХП и ФZn третманима. Разлике између третмана су биле значајне у обе године за хибриде NS 4030 и NS 4023 и за NS 6030 у првој и NS 3022 у другој години.

Табела 28. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на акумулацију Zn на локалитету Римски Шанчеви

Третмани	Акумулација Zn (g ha ⁻¹)				Просек
	Хибриди				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	187 ± 4 b	166 ± 8 c	178 ± 4 c	239 ± 15 a	192,5
ХП	174 ± 13 b	265 ± 17 a	200 ± 10 ab	248 ± 24 a	221,7
ПZn	247 ± 40 a	209 ± 15 b	213 ± 15 a	248 ± 7 a	229,2
ФZn	230 ± 8 a	251 ± 15 ab	196 ± 10 b	283 ± 49 a	240,0
Просек	209,5	222,7	196,7	254,5	220,8
F	3,256	15,467	1,405	1,749	
p	0,000	0,000	0,289	0,210	
LSD _{0,05} (T) 22,52 (F=8,913; p=0,001)					
LSD _{0,05} (X) 22,52 (F=14,223; p=0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) 45,03 (F=2,633; p=0,015)					
2016.					
Контрола	331 ± 33 a	246 ± 23 b	263 ± 26 b	211 ± 48 b	262,7
ХП	364 ± 46 a	336 ± 38 a	349 ± 69 a	357 ± 61 a	351,5
ПZn	357 ± 35 a	285 ± 26 b	320 ± 44 ab	385 ± 78 a	336,7
ФZn	382 ± 29 a	306 ± 13 a	385 ± 49 a	331 ± 63 a	351,0
Просек	358,5	293,2	329,2	321,0	325,5
F	9,952	0,764	10,672	3,813	
p	0,000	0,003	0,000	0,000	
LSD _{0,05} (T) 34,95 (F=15,487; p=0,001)					
LSD _{0,05} (X) 34,95 (F=15,093; p=0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) 69,9 (F=2,532; p=0,018)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Табела 29. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на акумулацију Zn на локалитету Панчево.

Третмани	Акумулација Zn (g ha ⁻¹)				Просек
	Хибриди				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	112 ± 10 b	141 ± 12 b	159 ± 12 a	148 ± 3 b	140,0
ХП	130 ± 8 b	141 ± 9 b	142 ± 3 a	143 ± 3 b	139,0
ПZn	165 ± 19 a	169 ± 8 a	148 ± 11 a	193 ± 18 a	168,7
ФZn	150 ± 9 a	191 ± 7 a	161 ± 13 a	203 ± 8 a	176,2
Просек	139,2	160,5	152,5	171,7	156,0
F	2,891	1,804	0,569	2,359	
p	0,000	0,001	0,014	0,000	
LSD _{0,05} (T) 25,25 (F=5,504; p=0,002)					
LSD _{0,05} (X) 25,25 (F=3,182; p=0,032)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,856; p=0,570)					
2016.					
Контрола	254 ± 19 b	161 ± 11 b	188 ± 27 b	166 ± 18 c	192,2
ХП	302 ± 30 a	191 ± 21 a	245 ± 13 a	192 ± 10 bc	232,5
ПZn	290 ± 29 ab	186 ± 27 a	261 ± 30 a	219 ± 23 ab	239,0
ФZn	250 ± 23 b	193 ± 23 a	269 ± 21 a	227 ± 24 a	234,5
Просек	274,0	182,5	240,7	201,0	224,5
F	0,189	0,980	6,401	0,705	
p	0,032	0,069	0,000	0,152	
LSD _{0,05} (T) 38,21 (F=4,565; p=0,007)					
LSD _{0,05} (X) 38,21 (F=12,502; p<0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,962; p=0,483)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

5.2.7. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на концентрацију протеина у зрну

Резултати двофакторијалне анализе варијансе су показали значајан утицај фактора хибрид на концентрацију протеина у зрну биљака гајених на локалитету Римски Шанчеви у обе године истраживања, док је фактор третман био значајан само у првој години (Табела 30).

Табела 30. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на концентрацију укупних протеина у зрну на локалитету Римски Шанчеви

Третмани	Концентрација протеина у зрну (%)				Просек
	Хибриди				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	8,0 ± 0,3 a	8,6 ± 0,4 b	8,5 ± 0,7 a	7,7 ± 0,3 b	8,20
ХП	8,0 ± 0,5 a	8,7 ± 0,4 b	8,0 ± 0,3 a	7,8 ± 0,4 b	8,13
ПZn	8,3 ± 0,2 a	9,5 ± 0,5 a	8,7 ± 0,7 a	8,6 ± 0,5 a	8,78
ФZn	8,1 ± 0,4 a	9,2 ± 0,2 ab	8,9 ± 0,7 a	8,0 ± 0,6 ab	8,55
Просек	8,10	9,00	8,53	8,02	8,42
F	0,906	5,331	1,535	2,998	
p	0,467	0,014	0,256	0,073	
LSD _{0,05} (T)	0,339 (F=6,17; p=0,001)				
LSD _{0,05} (X)	0,339 (F=12,78; p<0,001)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=1,11; p=0,372)				
2016.					
Контрола	8,6 ± 0,2 a	9,4 ± 0,7 a	8,8 ± 0, a	8,9 ± 0,3 a	8,92
ХП	8,4 ± 0,3 a	9,4 ± 0,3 a	8,3 ± 0,3 a	8,6 ± 0,4 a	8,68
ПZn	8,8 ± 0,1 a	9,7 ± 0,3 a	8,8 ± 0,1 a	8,9 ± 0,5 a	8,91
ФZn	8,7 ± 0,1 a	9,6 ± 0,6 a	8,9 ± 0,5 a	8,7 ± 0,6 a	8,98
Просек	8,63	9,53	8,70	8,78	8,91
F	0,603	0,342	1,925	0,568	
p	0,625	0,795	0,179	0,647	
LSD _{0,05} (T)	н.з. (F=2,37; p=0,082)				
LSD _{0,05} (X)	0,311 (F=14,15; p<0,001)				
LSD _{0,05} (T x X)	н.з. (F=0,30; p=0,972)				

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

Табела 31. Утицај прајминга семена водом (ХП), прајминга цинком (ПZn) и фолијарне примене цинка (ФZn) на концентрацију укупних протеина у зрну на локалитету Панчево

Третмани	Концентрација протеина у зрну (%)				Просек
	Хибриди				
	NS 6030	NS 4030	NS 4023	NS 3022	
2015.					
Контрола	8,0 ± 0,4 а	8,7 ± 0,8 а	8,7 ± 0,6 а	8,7 ± 0,5 а	8,52
ХП	8,4 ± 1,0 а	8,8 ± 0,2 а	9,0 ± 0,3 а	8,7 ± 0,4 а	8,72
ПZn	8,1 ± 0,2 а	9,8 ± 0,4 а	9,4 ± 0,1 а	8,8 ± 0,5 а	9,02
ФZn	8,1 ± 0,5 а	9,6 ± 0,8 а	8,5 ± 1,1 а	8,5 ± 0,4 а	8,67
Просек	8,15	9,23	8,90	8,67	8,73
F	0,317	0,079	1,540	0,500	
p	0,813	0,970	0,255	0,689	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=1,32; p=0,280)					
LSD _{0,05} (X) 0,412 (F05,22; p=0,003)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,41; p=0,923)					
2016.					
Контрола	8,6 ± 0,4 а	9,1 ± 0,6 а	8,6 ± 0,2 а	8,3 ± 0,1 а	8,65
ХП	8,6 ± 0,5 а	9,2 ± 0,4 а	8,8 ± 0,5 а	8,0 ± 0,1 ab	8,65
ПZn	8,4 ± 0,3 а	9,4 ± 0,4 а	9,0 ± 0,5 а	8,0 ± 0,3 ab	8,70
ФZn	8,3 ± 0,1 а	9,2 ± 0,2 а	8,6 ± 0,4 а	7,7 ± 0,5 b	8,45
Просек	8,47	9,22	8,75	8,00	8,54
F	0,377	0,345	0,829	2,450	
p	0,813	0,793	0,503	0,114	
LSD _{0,05} (T) н.з. (F=1,41; p=0,251)					
LSD _{0,05} (X) 0,266 (F=32,24; p=0,001)					
LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,650; p=0,650)					

Подаци представљају средње вредности ± СД (n=4); различита мала слова у колони означавају значајну разлику између третмана (p<0,05).

У обе године, највиша концентрација протеина у зрну је забележена код хибрида NS 4030 (у просеку за третмане 9,00% и 9,53%), а најмања код NS 3022 у првој години (у просеку за третмане 8,02%) и NS 6030 у другој (у просеку за третмане 8,63%). Код биљака ПZn третмана забележена је највиша концентрација протеина у зрну у првој години (у просеку за хибриде 8,78%), а у другој за ПZn и ФZn (8,91

и 8,98%, по реду), док је најнижа била у ХП третману у обе године (8,12% и 8,68%). Разлике између третмана су биле значајне једино за хибрид NS 3022, код кога је у првој години у ПZn третману било 8,6% протеина у зрну, што је значајно више у поређењу са контролом и ХП третманом (7,7% и 7,8%, по реду).

Када је реч о локалитету Панчево, резултати анализе варијансе су показали значајан утицај хибрида на садржај протеина у зрну. У обе године, највише вредности су забележене за ПZn третман (у просеку за хибриде 9,02% и 8,70%), а најниже за контролу у првој години (у просеку за хибриде 8,52%) и ФZn третман у другој години (у просеку за хибриде 8,45%). Разлике између третмана биле су значајне само за хибрид NS 3022 у другој години, када је концентрација протеина у ФZn (7,7%) била значајно нижа у односу остале третмане.

5.3. Утицај хидропрајминга и прајминга цинком на квалитет и животну способност семена кукуруза

Лабораторијски огледи испитивања квалитета семена и животне способности семена након хидропрајминга и прајминга семена цинком изведени су у контролисаним условима. Испитивања су урађена на четири хибрида кукуруза NS 6030, NS 4030, NS 4023 и NS 3022. Квалитет семена и почетни пораст изданака оцењени су употребом стандардног теста клијавости, док је животна способност семена оцењена применом вигор тестова, и то хладног теста и теста убрзаног старења.

5.3.1. Стандардни тест клијавости

Двофакторска анализа варијансе је показала значајан утицај хибрида на енергију клијања, клијавост семена, атипичне изданке и вигор индекс, као и значајан утицај третмана на атипичне изданке и вигор индекс, док интеракција хибрида и третмана није била значајна једино за атипичне изданке (Табела 32). У просеку за све третмане, хибрид NS 3022 је имао највећу енергију клијања

(96,2%), док је у просеку за све хибриде била највећа у третману ХП (92,6%) (Табела 33). Енергија клијања семена кукуруза у контроли се кретала између 90,0% (NS 4030) и 93,0% (NS 3022) (Табела 33).

Табела 32. Резултати двофакторијалне анализе варијансе за стандардни тест клијавости

Параметар	LSD _{0,05} , F и p вредности
Енергија клијања (%)	LSD _{0,05} (X) 1,96 (F=22,18; p<0,001) LSD _{0,05} (T) н.з. (F=1,37; p=0,268) LSD _{0,05} (T x X) 3,39 (F=4,81; p=0,001)
Клијавост семена (%)	LSD _{0,05} (X) 1,41 (F=19,9; p<0,001) LSD _{0,05} (T) н.з. (F=2,90; p=0,069) LSD _{0,05} (T x X) 2,44 (F=3,30; p=0,011)
Атипични изданци (%)	LSD _{0,05} (X) 1,361 (F=11,36; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 1,179 (F=3,34; p=0,047) LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,21; p=0,323)
Вигор индекс	LSD _{0,05} (X) 2918,1 (F=4,75; p=0,007) LSD _{0,05} (T) 2527,2 (F=24,51; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 5054,3 (F=3,36; p=0,010)
Дужина надземног дела изданка (mm)	LSD _{0,05} (X) 4,11 (F=62,60; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 3,56 (F=20,05; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 7,13 (F=3,75; p=0,005)
Дужина корена изданка (mm)	LSD _{0,05} (X) н.з. (F=0,71; p=0,551) LSD _{0,05} (T) 7,23 (F=66,66; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=1,02; p=0,431)
Свежа маса надземног дела изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,307 (F=5,94; p=0,002) LSD _{0,05} (T) 0,265 (F=45,44; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,531 (F=5,05; p=0,001)
Свежа маса корена изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,322 (F=63,08; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,279 (F=101,87; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,559 (F=4,84; p=0,001)
Сува маса надземног дела изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,020 (F=18,23; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,017 (F=69,57; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,035 (F=6,88; p<0,001)
Сува маса корена изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,034 (F=80,15; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,029 (F=62,17; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,059 (F=3,65; p=0,006)

Посматрајући разлике између третмана по хибридима, енергија клијања хибрида NS 4030 и NS 3022 је била статистички значајно већа у односу на контролу у третману са ХП и хибрида NS 6030 и NS 3022 у третману са ПЗп. Клијавост семена, најзначајнија компонента квалитета семена, у контроли се

кретала од 93,0% за NS 4030 до 96,3% за NS 3022 (Табела 33), код ког је забележено и највеће ницање у пољу за цео пољски оглед (Графици 1 и 2). У просеку за све хибриде, највећи проценат клијавости забележен је у третману ХП, 96,2%, као и енергија клијања, 92,6%. Значајно повећање клијавости семена кукуруза у оба третмана прајминга у односу на контролу забележено је за хибриде NS 6030 и NS 3022, док код NS 4030 и NS 4023 утицај третмана није био статистички значајан.

Табела 33. Утицај хидропрајминга (ХП) и прајминга цинком (ПZn) на квалитет семена - стандардни тест клијавости

Хибрид	Третман	Енергија клијања (%)	Клијавост семена (%)	Атипични изданци (%)	Вигор индекс
NS 6030	Контрола	91,0 b	94,8 b	3,3 a	2486,3 b
	ХП	90,5 b	97,3 a	1,5 b	3300,4 a
	ПZn	93,5 a	98,3 a	0,8 b	3590,8 a
	Просек	91,7	96,8	1,9	3125,8
NS 4030	Контрола	90,0 b	93,0 a	5,3 a	2905,8 b
	ХП	94,3 a	95,5 a	3,0 a	3423,5 a
	ПZn	89,0 b	92,3 a	6,0 a	3562,7 a
	Просек	91,1	93,6	4,8	3297,3
NS 4023	Контрола	90,8 a	94,8 a	4,3 a	2638,6 b
	ХП	87,5 a	92,8 a	3,5 a	2769,9 ab
	ПZn	87,0 a	93,3 a	4,3 a	2968,2 a
	Просек	88,4	93,6	4,0	2792,3
NS 3022	Контрола	93,0 b	96,3 b	2,3 a	2738,8 b
	ХП	98,0 a	99,0 a	1,0 b	3248,5 a
	ПZn	97,5 a	98,3 a	1,3 b	3416,4 a
	Просек	96,2	97,9	1,5	3134,6
Просек	Контрола	91,2	94,8	3,8	2692,4
	ХП	92,6	96,2	2,3	3185,6
	ПZn	91,8	95,6	3,1	3384,5

*Различита мала слова у колони означавају значајне разлике између третмана у оквиру хибрида ($p < 0,05$, Данканов тест).

Удео атипичних изданака хибрида NS 4030 и NS 4023 није био под значајним утицајем третмана семена, док је код NS 6030 и NS 3022 значајно смањен у поређењу са контролом. Резултати су показали и статистички значајан позитиван утицај третмана прајминга у односу на контролу на вигор индекс хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 3022. Приказани резултати указују да третмани прајминга у оптималним условима за клијање позитивно утичу на енергију клијања, клијавост семена, појаву атипичних изданака и вигор индекс.

Табела 34. Утицај хидропрајминга (ХП) и прајминга цинком (ПZn) на почетни пораст и акумулацију биомасе изданака хибрида кукуруза - стандардни тест клијавости

Хибрид	Третман	Дужина надземног дела (mm)	Дужина корена (mm)	Свежа маса надземног дела (g)	Свежа маса корена (g)	Сува маса надземног дела (g)	Сува маса корена (g)
NS 6030	Контрола	122,0 b	140,4 c	2,97 c	1,83 c	0,21 c	0,32 b
	ХП	160,5 a	178,9 b	4,26 b	2,61 b	0,26 b	0,33 b
	ПZn	160,5 a	205,0 a	4,93 a	4,42 a	0,35 a	0,55 a
	Просек	147,7	174,8	4,05	2,95	0,27	0,40
NS 4030	Контрола	158,5 b	154,5 b	3,44 b	1,94 b	0,22 c	0,27 b
	ХП	176,3 a	182,4 a	3,94 b	2,19 b	0,26 b	0,27 b
	ПZn	184,0 a	202,1 a	5,07 a	3,64 a	0,36 a	0,36 a
	Просек	172,9	179,7	4,15	2,59	0,28	0,30
NS 4023	Контрола	118,0 a	160,4 c	3,93 a	1,99 b	0,29 a	0,32 b
	ХП	116,1 a	182,6 b	3,93 a	3,24 a	0,31 a	0,39 ab
	ПZn	117,1 a	201,1 a	4,26 a	3,68 a	0,30 a	0,46 a
	Просек	117,1	181,4	4,04	2,97	0,30	0,39
NS 3022	Контрола	128,1 b	156,4 b	3,99 b	3,42 b	0,28 c	0,48 c
	ХП	141,0 a	187,1 a	4,68 a	5,04 a	0,34 b	0,54 b
	ПZn	150,8 a	197,0 a	5,06 a	5,30 a	0,40 a	0,64 a
	Просек	140,0	180,2	4,58	4,59	0,34	0,55
Просек	Контрола	131,7	152,9	3,58	2,30	0,25	0,35
	ХП	148,5	182,8	4,20	3,27	0,29	0,38
	ПZn	153,1	201,3	4,83	4,26	0,35	0,50

*Различита мала слова у колони означавају значајне разлике између третмана у оквиру хибрида ($p < 0,05$, Данканов тест).

Двофакторска анализа варијансе је показала значајан утицај третмана на дужину и свежу и суву масу надземног дела и корена изданака у стандардном тесту клијавости, док ефекти хибрида и интеракција хибрида и третмана нису били значајни једино за дужину корена изданака (Табела 32). Код хибрида NS 4030 забележена је највећа дужина надземног дела изданка у просеку за све третмане, док је у просеку за све хибриде највећа дужина надземног дела изданка утврђена за третман ПZn (Табела 34). Дужина надземног дела изданака у контроли кретала се између 118,0 mm (NS 4023) и 158,5 mm (NS 4030), свежа маса од 2,97 g (NS 6030) до 3,99 g (NS 3022) и сува маса од 0,21 g (NS 6030) до 0,29 g (NS 4023) (Табела 34). Оба третмана прајминга имала су позитиван утицај на општи пораст надземног дела изданака хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 3022, код којих су дужина, свежа и сува маса корена били значајно већи у односу на контролу. У зависности од генотипа, дужина корена изданака у контроли се кретала између 140,4 mm (NS 6030) и 160,4 mm (NS 4023), свежа маса од 1,83 g (NS 6030) до 3,42 g (NS 3022) и сува маса од 0,27 g (NS 4030) и 0,48 g (NS 3022) (Табела 34). Вредности параметара који се односе на пораст корена су биле статистички значајно веће код оба третмана прајминга у односу на контролу код свих хибрида. На пример, у третманима ХП и ПZn, корен хибрида NS 6030 је био дужи за 28% и 46%, а свежа маса већа за 143% и 241% у односу на контролу, по реду, где су забележене и статистички значајне разлике између два третмана прајминга.

5.3.2. Хладни тест

Циљ извођења овог теста је био да се испита утицај прајминга семена на квалитет и вигор семена хибрида кукуруза у условима ниске температуре, високог садржаја воде у супстрату и могућег присуства патогена. Ефекти хибрида и третмана значајно су утицали на клијавост семена, атипичне изданке и вигор индекс у хладном тесту, док њихова интеракција није била значајна за вигор индекс (Табела 35). У просеку за све третмане, хибрид NS 3022 је имао највећу клијавост (93,8%), док у просеку за све хибриде највећа клијавост остварена у

контроли (89,5%). Клијавост семена хибрида кукуруза у контроли се кретала између 84,0% (NS 4030) и 94,5% (NS 3022) (Табела 36). Код хибрида NS 4030, клијавост семена је била значајно мања у XII и PZn третманима (71,7% и 69,5%) у односу на контролу (84,0%). Такође, значајно смањење процента клијавости у односу на контролу забележено је и код хибрида NS 6030 у XII, док код хибрида NS 4023 и NS 3022 није забележен статистички значајан утицај третмана.

Табела 35. Резултати двофакторијалне анализе варијансе за хладни тест

Параметар	LSD _{0,05} , F и p вредности
Клијавост семена (%)	LSD _{0,05} (X) 3,19 (F=51,20; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 2,76 (F=12,97; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 5,53 (F=5,63; p<0,001)
Атипични изданци (%)	LSD _{0,05} (X) 1,82 (F=11,11; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 1,58 (F=6,30; p=0,005) LSD _{0,05} (T x X) 3,15 (F=3,42; p=0,009)
Вигор индекс	LSD _{0,05} (X) 2322,0 (F=7,40; p=0,001) LSD _{0,05} (T) 2010,9 (F=4,44; p=0,019) LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=2,21; p=0,064)
Дужина надземног дела изданка (mm)	LSD _{0,05} (X) н.з. (F=0,24; p=0,867) LSD _{0,05} (T) 6,52 (F=7,24; p=0,002) LSD _{0,05} (T x X) 13,04 (F=2,56; p=0,036)
Дужина корена изданка (mm)	LSD _{0,05} (X) 6,17 (F=15,42; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 5,34 (F=23,57; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=2,08; p=0,080)
Свежа маса надземног дела изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,333 (F=17,74; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,288 (F=6,16; p=0,005) LSD _{0,05} (T x X) 0,577 (F=4,37; p=0,002)
Свежа маса корена изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,178 (F=247,63; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,154 (F=83,48; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,308 (F=17,01; p<0,001)
Сува маса надземног дела изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,015 (F=40,76; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,013 (F=8,81; p=0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,026 (F=3,29; p=0,011)
Сува маса корена изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,021 (F=136,89; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,018 (F=44,45; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,036 (F=10,08; p<0,001)

Најмањи удео атипичних изданака у контроли забележен је код хибрида NS 3022 (0,0%), а највећи код NS 4030 (8,8%) (Табела 36). Код хибрида NS 4030 и

NS 4023 проценат атипичних изданака у ПZn је био статистички значајно мањи него у контроли и ХП. Супротно томе, удео атипичних изданака хибрида NS 3022 је статистички значајно повећан у оба третмана прајминга у односу на контролу, а код хибрида NS 6030 то је био случај са ХП. Када је реч о вигор индексу семена, резултати су показали да је хибрид NS 3022 имао највећи вигор индекс у просеку за све третмане, док је највећи вигор индекс у просеку за све хибриде забележен у третману ПZn (Табела 36). Такође, резултати су показали да је код хибрида NS 6030 и NS 4030 он значајно смањен са ХП у односу на контролу, док је позитиван значајан утицај ПZn забележен само код NS 6030.

Табела 36. Утицај хидропрајминга (ХП) и прајминга цинком (ПZn) на квалитет семена хибрида кукуруза – хладни тест

Хибрид	Третман	Енергија клијања (%)	Клијавост семена (%)	Атипични изданци (%)	Вигор индекс
NS 6030	Контрола	-	92,8 a	3,3 b	1963,4 b
	ХП	-	81,0 b	8,0 a	1747,6 c
	ПZn	-	93,5 a	4,0 b	2121,8 a
	Просек	-	89,1	5,1	1944,3
NS 4030	Контрола	-	84,0 a	8,8 a	1872,2 a
	ХП	-	69,5 b	7,8 a	1267,1 b
	ПZn	-	71,8 b	4,3 b	1686,2 a
	Просек	-	75,1	7,0	1608,5
NS 4023	Контрола	-	86,5 a	8,0 a	2037,2 ab
	ХП	-	85,5 a	7,0 a	1896,2 b
	ПZn	-	86,0 a	4,0 b	2110,4 a
	Просек	-	86,0	6,3	2014,6
NS 3022	Контрола	-	94,5 a	0,0 b	2046,5 a
	ХП	-	94,0 a	3,5 a	2029,9 a
	ПZn	-	93,0 a	3,0 a	2199,8 a
	Просек	-	93,8	2,2	2092,1
Просек	Контрола	-	89,5	5,0	1979,8
	ХП	-	82,5	6,6	1735,2
	ПZn	-	86,1	3,8	2029,6

*Различита мала слова у колони означавају значајне разлике између третмана у оквиру хибрида ($p < 0,05$, Данканов тест).

Дужина надземног дела изданака и корена свих хибрида била је мања у стресним условима хладног теста (Табела 37) у односу на резултате добијене за стандардни тест клијавости у свим третманима и за све хибриде (Табела 34).

Двофакторска анализа варијансе показала је значајан утицај третмана на дужину и свежу и суву масу надземног дела и корена изданака, али утицај хибрида није био значајан на дужину надземног дела, као ни њихова интеракција на дужину корена изданака (Табела 35). У просеку за све третмане, највећа дужина надземног дела изданка утврђена је за хибрид NS 6030, док је у просеку за све хибриде највећа дужина надземног дела изданка остварена у третману PZn (Табела 37). Дужина надземног дела изданака у контроли кретале су се од 90,5 mm код хибрида NS 3022 до 96,1 mm код хибрида NS 4030 (Табела 37). Код хибрида NS 6030 и NS 4023 забележено је повећање у оба третмана прајминга у односу на контролу, али без статистичке значајности. Позитиван утицај PZn на дужину надземног дела изданка забележен је код хибрида NS 4030 и NS 3022, док је код NS 4030 у ХП третману значајно смањена дужина надземног дела изданка у односу на контролу и PZn.

Највећа дужина корена у просеку за све третмане утврђена је код хибрида NS 4023 (124,8 mm) (Табела 37). Дужина корена у просеку за све хибриде била је најмања у ХП третману, а највећа у PZn третману. Дужина корена у контроли била је најмања код хибрида NS 6030 (115,6 mm), а највећа код NS 4023 (140,8 mm) (Табела 37). ХП третман је редуковао дужину корена свих испитиваних хибрида у поређењу са контролом, али код хибрида NS 6030 смањење није било статистици значајно. Резултати добијени статистичком обрадом података, такође указују и на позитиван утицај PZn на пораст корена изданака хибрида NS 6030 у стресним условима хладног теста, у поређењу са контролом.

Упркос стресним условима хладног теста, хибриди су имали добар пораст надземног дела изданака (Табела 37). Свежа и сува маса у контроли су биле најмање код хибрида NS 4030 (3,21 g и 0,20 g, по реду), а највеће код NS 3022 (3,83 g и 0,20 g, по реду). Добијени резултати указују на различит утицај испитиваних третмана на ове параметре. Тако су свежа и сува маса хибрида NS 6030 у ХП третману биле значајно веће него у осталим третманима, док је код NS

4030 у ХП третману свежа маса била значајно нижа у односу на контролу. Резултати су такође показали да су у ПZn третману, свежа маса хибрида NS 4023 и сува маса NS 4030 биле значајно веће у односу на контролу и ХП.

Табела 37. Утицај хидропрајминга (ХП) и прајминга цинком (ПZn) на почетни пораст и акумулацију биомасе изданака хибрида кукуруза - хладни тест

Хибрид	Третман	Дужина надземног дела (mm)	Дужина корена (mm)	Свежа маса надземног дела (g)	Свежа маса корена (g)	Сува маса надземног дела (g)	Сува маса корена (g)
NS 6030	Контрола	96,0 a	115,6 b	3,32 b	2,65 b	0,22 b	0,25 b
	ХП	102,3 a	113,8 b	3,78 a	2,49 b	0,27 a	0,26 b
	ПZn	101,5 a	125,4 a	3,40 b	3,13 a	0,24 b	0,41 a
	Просек	99,9	118,3	3,50	2,76	0,24	0,31
NS 4030	Контрола	96,1 b	126,8 a	3,21 a	2,86 a	0,20 b	0,18 a
	ХП	82,4 c	100,0 b	2,11 b	1,24 c	0,20 b	0,18 a
	ПZn	112,1 a	122,4 a	3,55 a	2,19 b	0,23 a	0,19 a
	Просек	96,9	116,4	2,96	2,10	0,21	0,18
NS 4023	Контрола	94,8 a	140,8 a	3,40 b	3,28 b	0,23 b	0,29 b
	ХП	98,9 a	123,0 b	3,60 b	2,67 c	0,26 ab	0,26 b
	ПZn	103,8 a	141,5 a	4,00 a	3,81 a	0,28 a	0,36 a
	Просек	99,2	135,1	3,67	3,25	0,26	0,30
NS 3022	Контрола	90,5 b	126,0 a	3,83 a	4,02 b	0,28 a	0,35 b
	ХП	100,0 ab	116,5 b	4,09 a	4,02 b	0,28 a	0,40 a
	ПZn	105,1 a	131,8 a	4,40 a	5,18 a	0,30 a	0,42 a
	Просек	98,5	124,8	4,11	4,41	0,29	0,39
Просек	Контрола	94,4	127,3	3,44	3,20	0,23	0,27
	ХП	95,9	113,3	3,40	2,61	0,25	0,28
	ПZn	105,6	130,3	3,84	3,58	0,26	0,35

*Различита мала слова у колони означавају значајне разлике између третмана у оквиру хибрида ($p < 0,05$, Данканов тест).

Свежа маса корена изданака испитиваних хибрида у контроли кретала се од 2,65 g код хибрида NS 6030 до 4,02 g код NS 3022. Код хибрида NS 4023 и NS 4030, ХП третман је довео да значајног смањења свеже масе корена у односу на остале третмане. Када је реч о ПZn третману, забележен је значајан негативан утицај код хибрида NS 4030, а код осталих значајан позитиван утицај. Најмања

сува маса корена у контроли забележена је код хибрида NS 4030 (0,18 g), а највећа код NS 3022 (0,35 g) (Табела 37). Третман ХП утицао је значајно на повећање суве масе корена изданака хибрида NS 3022 (0,40 g) у поређењу са контролом (0,35 g), док код осталих нису уочене статистички значајне разлике. За разлику од ХП третмана, прајминг цинком је значајно повећао суву масу корена у поређењу са контролом код хибрида NS 6030, NS 4023 и NS 3022.

5.3.3. Тест убрзаног старења

Овај експеримент је изведен са циљем да се проучи потенцијал складиштења семена након третмана хидропрајминга и прајминга цинком, применом теста убрзаног старења. Код овог теста, семе се излаже високој температури (од 40 до 45 °C, у зависности од биљне врсте) и високој релативној влажности ваздуха (око 100%), након чега се семе тестира стандардним тестом клијавости. Овакав начин убрзаног старења семена је врло значајан у евалуацији вигора семена и потенцијала складиштења.

Двофакторијална анализа варијансе је показала значајан утицај хибрида и третмана, као и утицај њихове интеракције на енергију клијања, клијавост семена и атипичне изданке, док ефекат третмана није био значајан за вигор индекс (Табела 38). У Табели 39 су приказани резултати утицаја ХП и ПZn на квалитет семена и вигор индекс применом теста убрзаног старења. У просеку за све третмане, највеће вредности енергије клијања, клијавости семена и вигор индекса утврђене су код хибрида NS 6030, док су у просеку за све хибриде највеће вредности енергије клијања, клијавости, вигор индекса и најмањи удео атипичних изданака забележени у контроли. Резултати указују да се енергија клијања у контроли кретала од 88,3% код NS 4023 до 95,3% код NS 6030. Испитивани третмани у комбинацији са стресним условима старења довели су до статистички значајног смањења енергије клијања код хибрида NS 6030, NS 4023 и NS 3022 у поређењу са контролом, док код хибрида NS 4030 нису уочене значајније статистичке разлике.

Табела 38. Резултати двофакторијалне анализе варијансе за тест убрзаног старења

Параметар	LSD _{0,05} , F i p вредности
Енергија клијања (%)	LSD _{0,05} (X) 3,56 (F=52,65; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 3,08 (F=29,40; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 6,16 (F=6,71; p<0,001)
Клијавост семена (%)	LSD _{0,05} (X) 2,42 (F=49,19; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 2,10 (F=29,18; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 4,19 (F=16,99; p<0,001)
Атипични изданци (%)	LSD _{0,05} (X) 1,70 (F=4,25; p=0,011) LSD _{0,05} (T) 1,47 (F=6,86; p=0,003) LSD _{0,05} (T x X) 2,94 (F=5,55; p<0,001)
Вигор индекс	LSD _{0,05} (X) 3342,2 (F=6,69; p=0,001) LSD _{0,05} (T) н.з. (F=1,48; p=0,241) LSD _{0,05} (T x X) 5788,8 (F=3,99; p=0,004)
Дужина надземног дела изданка (mm)	LSD _{0,05} (X) 6,97 (F=69,47; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 6,04 (F=7,03; p=0,003) LSD _{0,05} (T x X) 12,07 (F=3,65; p=0,006)
Дужина корена изданка (mm)	LSD _{0,05} (X) 8,44 (F=13,71; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 7,31 (F=18,31; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 14,62 (F=6,08; p<0,001)
Свежа маса надземног дела изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,226 (F=5,69; p=0,003) LSD _{0,05} (T) 0,196 (F=14,61; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,392 (F=4,69; p=0,001)
Свежа маса корена изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,302 (F=28,06; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,262 (F=23,90; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,523 (F=7,35; p<0,001)
Сува маса надземног дела изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,022 (F=8,86; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,019 (F=10,01; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) н.з. (F=0,93; p=0,487)
Сува маса корена изданка (g)	LSD _{0,05} (X) 0,035 (F=71,27; p<0,001) LSD _{0,05} (T) 0,030 (F=30,03; p<0,001) LSD _{0,05} (T x X) 0,060 (F=5,21; p=0,001)

Иако су третмани прајминга значајно смањили енергију клијања хибрида NS 6030, NS 4023 и NS 3022, забележен је велики проценат клијања, па су се вредности у контроли кретале од 90,3% код хибрида NS 3022 до 96,3% код хибрида NS 6030 (Табела 39). Приказани резултати такође указују да испитивани

третмани нису значајно утицали на вредности овог параметра код хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 3022. Ипак, код хибрида NS 4023 уочава се значајно мањи проценат клијавости код ХП (71,5%) и ПZn (75,8%) у поређењу са контролом (95,8%). Удео атипичних изданака у контроли се кретао између 1,75% (NS 6030) и 6,25% (NS 4030) (Табела 39). Повећање процента атипичних изданака забележен код хибрида NS 6030 и NS 4023 након ХП, као и код хибрида NS 6030 након ПZn. Код хибрида NS 4030 и NS 3022 нису уочене значајније разлике у погледу атипичних изданака између третмана.

У стресним условима теста убрзаног старења, у просеку за све третмане, највећи вигор индекс утврђен је код NS 6030 (2928,3), док је у просеку за све хибриде највећи вигор индекс забележен у контроли и износио је 2735,5 (Табела 39). Статистички значајно смањење вигор индекса забележено је код хибрида NS 4023 и NS 3022 у ХП третману у поређењу са контролом. Такође, значајно смањење забележено је код NS 4023, а повећање код хибрида NS 4030 у третману ПZn. Код хибрида NS 6030 није било значајних разлика у погледу вигор индекса између третмана.

Резултати двофакторијалне анализе варијансе показују да су фактори хибрид и третман имали значајан утицај на пораст и акумулацију свеже и суве масе изданака у тесту убрзаног старења, док њихова интеракција није значајно утицала на суву масу надземног дела изданака (Табела 38). Хибрид NS 4030 је имао највећу дужину надземног дела изданка у просеку за све третмане, док је у просеку за све хибриде, највећа дужина надземног дела изданка забележена је у контроли (Табела 40). Пораст надземног дела изданака у контроли се кретао између 120,4 mm код NS 3022 и 155,9 mm код NS 4030 (Табела 40). Испитивани третмани прајминга нису значајно утицали на вредности овог параметра код хибрида NS 6030 и NS 4030, док је код NS 4023 и NS 3022 забележена статистички значајна редукција дужине надземног дела изданака у оба третмана прајминга у поређењу са контролом.

Резултати утицаја испитиваних третмана на дужину корена изданака применом теста убрзаног старења приказани су у Табели 40. У просеку за све третмане, хибрид NS 6030 је имао најдужи корен, док је у просеку за све хибриде,

највећа дужина корена остварена у ПZn третману. Вредности дужине корена изданака у контроли су се кретале између 135,3 mm (NS 4030) и 165,8 mm (NS 6030). Третман ХП је имао негативан утицај на вредности овог параметра код хибрида NS 4023 и NS 3022, код којих је значајно смањен, док је значајно повећана дужина корена изданака код NS 4030 у односу на контролу и ПZn третман. Значајан позитиван утицај ПZn третмана у односу на контролу забележен је код хибрида NS 6030 и NS 4030.

Табела 39. Утицај хидропрајминга (ХП) и прајминга цинком (ПZn) на квалитет семена – тест убрзаног старења

Хибрид	Третман	Енергија клијања (%)	Клијавост семена (%)	Атипични изданци (%)	Вигор индекс
NS 6030	Контрола	95,3 a	96,3 a	1,8 b	2947,5 ab
	ХП	90,8 b	93,5 a	4,5 a	2781,0 b
	ПZn	91,3 b	94,5 a	5,0 a	3056,4 a
	Просек	92,5	94,8	3,8	2928,3
NS 4030	Контрола	91,0 a	92,3 a	6,3 a	2651,1 b
	ХП	89,5 a	91,5 a	4,3 a	2863,6 ab
	ПZn	91,8 a	91,8 a	5,5 a	3071,7 a
	Просек	90,8	91,9	5,4	2862,1
NS 4023	Контрола	88,3 a	95,8 a	3,0 b	2852,1 a
	ХП	66,5 b	71,5 b	11,5 a	1795,2 c
	ПZn	66,8 b	75,8 b	4,8 b	2022,2 b
	Просек	73,9	81,0	6,4	2223,2
NS 3022	Контрола	88,5 a	90,3 a	5,5 a	2491,2 a
	ХП	74,3 b	88,5 a	7,0 a	2137,5 b
	ПZn	74,8 b	88,0 a	6,3 a	2375,2 a
	Просек	79,2	88,9	6,3	2334,6
Просек	Контрола	90,8	93,7	4,2	2735,5
	ХП	80,3	86,3	6,8	2394,3
	ПZn	81,2	87,5	5,4	2631,4

*Различита мала слова у колони означавају значајне разлике између третмана у оквиру хибрида ($p < 0,05$, Данканов тест).

Табела 40. Утицај хидропрајминга (ХП) и прајминга цинком (ПZn) на почетни пораст и акумулацију биомасе изданака хибрида кукуруза - тест убрзаног старења

Хибрид	Третман	Дужина надземног дела (mm)	Дужина корена (mm)	Свежа маса надземног дела (g)	Свежа маса корена (g)	Сува маса надземног дела (g)	Сува маса корена (g)
NS 6030	Контрола	140,5 a	165,8 b	4,41 a	3,10 ab	0,30 a	0,41 a
	ХП	132,9 a	164,6 b	3,93 b	2,51 b	0,26 b	0,28 b
	ПZn	136,1 a	187,5 a	4,43 a	3,45 a	0,30 a	0,39 a
	Просек	136,5	172,6	4,26	3,02	0,29	0,36
NS 4030	Контрола	155,9 a	135,3 c	3,60 b	1,77 b	0,24 b	0,21 b
	ХП	160,4 a	152,5 b	3,70 b	1,74 b	0,24 b	0,19 c
	ПZn	160,5 a	174,3 a	4,13 a	2,52 a	0,28 a	0,24 a
	Просек	158,9	154,0	3,81	2,01	0,25	0,21
NS 4023	Контрола	137,0 a	161,5 a	4,50 a	3,50 a	0,31 a	0,39 a
	ХП	106,5 b	145,1 b	3,55 b	2,15 b	0,27 b	0,30 b
	ПZn	110,5 b	156,5 a	3,74 b	2,73 b	0,32 a	0,40 a
	Просек	118,0	154,4	3,93	2,79	0,30	0,36
NS 3022	Контрола	120,4 a	156,0 a	4,38 a	2,75 b	0,31 a	0,41 b
	ХП	112,0 b	129,6 b	3,67 b	2,96 b	0,27 b	0,39 b
	ПZn	112,5 b	157,5 a	3,99 ab	4,24 a	0,31 a	0,58 a
	Просек	115,0	147,7	4,01	3,32	0,30	0,46
Просек	Контрола	138,5	154,7	4,22	2,78	0,29	0,36
	ХП	128,0	148,0	3,71	2,34	0,26	0,29
	ПZn	129,9	169,0	4,07	3,24	0,30	0,40

*Различита мала слова у колони означавају значајне разлике између третмана у оквиру хибрида ($p < 0,05$, Данканов тест).

Највећа свежа и сува маса надземног дела изданака у контроли забележена је код хибрида NS 4023 (4,50 g и 0,30 g, по реду), а најмања код хибрида NS 4030 (3,60 g и 0,24 g, по реду). Статистички значајно смањење вредности ових параметара у односу на контролу забележено је у ХП третману код свих хибрида осим NS 4030. Битно је да се истакне да су само код хибрида NS 4030 значајно повећане свежа и сува маса надземног изданка у третману ПZn у односу на контролу.

У просеку за све хибриде, највећа маса свежег и сувог корена остварена је у третману ПZn, док се у просеку за све третмане хибрид NS 3022 издаваја са највећом свежеом и сувом масом корена (Табела 40). Маса свежег корена изданака

испитиваних хибрида кукуруза у контроли се кретала од 1,77 g код NS 4030 до 3,50 g код NS 4023. Позитиван утицај третмана PZn на акумулацију свеже масе корена у односу на контролу и XII, упркос стресним условима теста убрзаног старења, забележен је код хибрида NS 4030 и NS 3022 (Табела 40). Супротно овим резултатима, оба третмана су довела до редукције свеже масе корена у односу на контролу код хибрида NS 4023. Када је реч о сувој маси корена, најмању вредност у контроли је имао хибрид NS 4030 (0,21 g), а највећу NS 6030 и NS 3022 (0,41 g) (Табела 40). Статистички значајна редукција масе сувог корена у XII третману у односу на контролу уочена је код хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 4023. Насупрот томе, PZn третман је имао статистички значајан позитиван утицај у односу на контролу код хибрида NS 4030 и NS 3022.

6. ДИСКУСИЈА

6.1. Генотипске разлике између хибрида кукуруза у Zn-ефикасности

Zn-ефикасност се дефинише као способност биљке да расте и даје добре приносе у земљиштима са дефицитом доступног Zn (Graham et al., 1992). Zn-ефикасност се најчешће објашњава ефикаснијим искоришћавањем Zn у биљци (Nacisalihoglu & Kochian, 2003; Nacisalihoglu et al., 2004) или интензивнијим усвајањем Zn кореном (Graham & Rengel, 1993; Erenoglu et al., 1999; Wissuwa et al., 2006). Генотипови великог броја гајених врста се разликују у погледу Zn-ефикасности. До сада су показане значајне разлике код спанаћа (Willaert et al., 1990), парадајза (Parker et al., 1992), пасуља (Singh & Westermann, 2002), сирка (Shukla et al., 1973; Ramani & Kannan, 1985), овса (Brown & McDaniel, 1978), пшенице (Graham, 1991; Cakmak et al., 1997; Torun et al., 2000; Rengel & Römheld, 2000), пиринча (Wissuwa et al., 2008), кукуруза (Shukla & Raj, 1976, Clark, 1978; Karim et al., 2012) и других.

Оглед је изведен са циљем да се утврде евентуалне разлике између хибрида у Zn-ефикасности у раној фази пораста биљака, а да се даља истраживања наставе извођењем пољских огледа. Zn-ефикасност базирана на сувој маси целог надземног дела биљака често је коришћена као параметар за оцену генотипске варијације у толерантности на недостатак Zn, како у огледима у којима су биљке гајене у земљишту, тако и у хранљивим растворима (Rengel & Graham, 1995; Khan et al., 1998; Torun et al., 2000; Rengel & Römheld, 2000). Ранија истраживања су показала да код пшенице и овса постоји значајна корелација између Zn-ефикасности у вегетативној и генеративној фази пораста (Kalayci et al., 1999; Genc et al., 2002). Приказани резултати по први пут указују на велико генотипско варирање у толерантности домаћих хибрида кукуруза на недостатак Zn. Релативно широк распон Zn-ефикасности за проучаване хибриде, 45-96% за надземни део и 58-160% за корен (Табела 7), добили су и Karim et al. (2012) за 30 кинеских генотипова кукуруза, као и Nacisalihoglu et al. (2004) за 34 генотипа пасуља.

Статистички значајно смањење пораста надземног дела и корена код Zn дефицитарних биљака у односу на контролу, показано је у овом огледу (Табела 9), што је у сагласности са резултатима других истраживања која се односе на кукуруз (Karim et al., 2012) и пасуљ (Nacisalihoglu et al., 2004) гајених у земљишту слабо обезбеђеном Zn. Такође, Sakmak et al. (1997) су дошли до закључка да је код генотипова ражи, тритикалеа, обичне и тврде пшенице, који нису ефикасни у усвајању Zn, дошло до значајне редукције акумулације свеже и суве надземне биомасе у условима недостатка Zn. Furlani et al. (2005) су спровели истраживања на 24 генотипа кукуруза и показали да се разликује њихов одговор у приносу суве материје и висини биљака на недостатак Zn. Даље, код неких генотипова, сува маса надземног дела је расла линеарно са повећањем концентрације Zn у хранљивом раствору, што указује да ти генотипови имају веће потребе за Zn.

Вредности односа надземни део/корен биле су ниже за све хибриде осим за Zn-ефикасни NS 6030 у третману са дефицитом Zn, што указује да је тада био више редукован пораст надземног дела биљака него корен. Појава расподеле биомасе у правцу корена у условима недостатка Zn, раније је показана у истраживањима са јечмом (Genc et al., 2002, 2007), пшеницом (Cumbus, 1985), наутом (Khan et al., 1998), луцерком (Grewal & Williams, 1999). Занимљиво је да су Streeter et al. (2001), проучавајући Zn-ефикасност врста рода *Medicago*, међу 19 врста издвојили само једну која је означена као Zn-ефикасна на основу пораста надземе масе и стабилног односа надземни део/корен, који се није мењао са смањивањем концентрације Zn у земљишту, што је у приказаном истраживању био случај са Zn-ефикасним хбридом NS 6030. Grewal и Williams (1999) су такође показали да је израженија редукција пораста надземног дела биљака него корена у условима дефицита Zn одлика Zn-неефикасних генотипова луцерке.

Ранија истраживања су показала да концентрација Zn у надземној маси није одговарајући параметар за проучавање Zn-ефикасности генотипова кукуруза (Karim et al., 2012) и пасуља (Nacisalihoglu et al., 2004). Резултати приказаних истраживања су показали да Zn-ефикасни хибриди имају значајно већу концентрацију Zn у листовима него Zn-неефикасни хибриди, што указује да је овај параметар много бољи показатељ Zn-ефикасности него концентрација Zn у целој надземној маси. Mattiello et al. (2015) су такође истакли значај

концентрације Zn у младим листовима за одређивање статуса Zn у биљкама. Такође, приказана истраживања су показала да је укупан садржај Zn у листовима поуздан показатељ који указује да се генотипови кукуруза разликују према осетљивости на недостатак Zn, јер је код Zn-ефикасних хибрида NS 6030, NS 4030, NS 4053 и NS 5083 акумулација Zn у листовима била најинтензивнија, док су Furlani et al. (2005) и Karim et al. (2012) раније показали да је укупан садржај Zn у надземном делу биљака такође добар показатељ.

6.2. Пољски огледи

6.2.1. Утицај прајминга семена на ницање у пољу

Као што је било очекивано, ницање у пољу је било мање у односу на клијање у лабораториским условима. Клијање нетретираног семена свих хибрида у стандардном тесту клијавости било је 93,0%-96,3% (Табела 32), док је на оба локалитета и у обе године ницање било <86,0% (Графици 1 и 2). Значајно је истаћи да лошије ницање хибрида NS 4030 на оба локалитета у другој години, одговара резултатима хладног теста, према којима је клијавост у свим третманима била знатно нижа у односу на остале хибриде (Табела 34). Ови резултати указују да хладни тест може да пружи поузданије резултате, који могу да укажу на ницање у пољу.

Резултати двогодишњег пољског огледа показали су да је прајминг семена имао различит утицај на ницање хибрида, што је зависило и од локалитета (Графици 1 и 2). Тако је код хибрида NS 4030 забележен позитиван утицај ХП третмана на ницање у обе године на Римским Шанчевима, као и код NS 6030 у првој години у Панчеву. Имајући у виду да је NS 4030 имао најмање ницање у контроли, ови резултати указују да прајминг семена водом може имати позитиван утицај на ницање хибрида који имају лошије ницање. Позитиван утицај хидропрајминга семена кукуруза на ницање раније је показан у двогодишњем огледу који су извели Mir-Mahmoodi et al. (2011). Резултати ових истраживања су

показали да је ницање повећано са 79% у контроли на 98% у третману у коме је семе потапано у воду током 18 h. Побољшање ницања семена кукуруза након хидропрајминга добили су Murungu et al. (2004), али ефекат овог третмана се разликовао између две сезоне, што указује да зависи и од агроколошких услова, што су показали и резултати приказаних истраживања. Mabhaudhi и Modi (2011) су такође показали да генотипови кукуруза, у овом случају хибриди и популације, различито реагују на хидропрајминг, као и да ефекат хидропрајминга зависи од дужине трајања третмана и влаге супстрата у којем је семе посејано. Тако је ницање хибрида NS 4030 и NS 3022 у Панчеву било значајно мање у ХП третману у односу на контролу.

Показано је да хидропрајминг доприноси уједначеном ницању и других врста као што су пшеница, јечам и овас (Kibite & Harker, 1991). Harris et al. (1999) су показали да потапање семена сирка у воду у трајању од најмање 6 h убрзава ницање у земљишту. Даље, Harris et al. (1999) и Musa et al. (2001) су добили резултате који указују на убрзано ницање кукуруза, пиринча и наута, захваљујући тзв. „on-farm“ хидропрајмингу, односно третману семена непосредно пред сетву. Основни циљ овог третмана је да се семе брзо хидрира и да се такво посеје, што омогућава брже ницање. Други аутори наводе да се након прајминга семена скраћује и време имбибиције (Brocklehurst & Dearman, 2008; McDonald, 2000; Taylor et al., 1998). У приказаним истраживањима није било разлике између третмана у брзини ницања за све хибриде, због чега резултати нису приказани у докторској дисертацији. Након релативно малих количина падавина у априлу забележених на оба локалитета у првој години истраживања, наступио је кишни период, а такође је и у другој години било падавина у време сетве и ницања (Табела 3), које су уз оптималан температурни режим биле повољни услови за ницање, због чега је можда изостао утицај третмана на брзину ницања.

Важно је да се истакне значајно смањење ницања у ПZn третману у другој години истраживања за хибрид NS 3022 на оба локалитета, као и за NS 4030 на Римским Шанчевима (Графици 1 и 2). Један од разлога смањеног ницања семена третираног цинк-сулфатом може бити неуједначена хидратација семена током потапања у раствору, што даје могућност за појаву токсичности Zn. Већа

концентрација Zn у семену може имати инхибиторно дејство на деобу ћелија на врху корена биљака и изазива пад вредности индекса митозе (Ghamery et al., 2003). Међутим, резултати приказаних пољских огледа су показали да је PZn третман позитивно утицао на пораст и на крају на принос зрна хибрида NS 3022 у другој години на оба локалитета (Табеле 22 и 23), што указује да токсичност цинка највероватније није узрок мањег броја поника. Слично овим резултатима, показано је да пријаминг семена пшенице са раствором CuEDTA (0,04 до 0,16 kg Cu ha⁻¹) значајно повећава принос зрна, али смањује ницање (Malhi, 2009). Са друге стране, прајминг семена цинком повећао је ницање семена хибрида NS 6030 и NS 4023 у Панчеву (График 2). Mir-Mahmoodi et al. (2011) су добили сличне резултате према којима је прајминг семена кукуруза цинком повећао ницање са 79% на 90%. Прајминг семена ехинацеје (*Echinacea purpurea* L.) 0,05% раствором ZnSO₄ такође је повећао ницање и до 41% (Babaeva et al., 1999).

6.2.2. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на пораст биљака

Побољшан пораст поника уз прајминг семена цинком, раније је показан за житарице попут пшенице, јечма и пиринча (Asgedom & Becker, 2001; Ajouri et al., 2004; Slaton et al., 2001; Farooq et al., 2006; Harris et al., 2008), наута (Harris et al., 2008) и сунцокрета (Trehan & Sharma, 2000). Позитиван утицај примене цинка прајмингом семена на принос суве биомасе кукуруза утврдили су и Mohsin et al. (2014). Обезбеђеност биљака микроелементима у почетним фазама пораста значајана је због утицаја абиотских и биотских стресних фактора. Imran et al. (2013) су показали да су, у условима ниске температуре у зони корена, сува и свежа маса биљака кукуруза гајених у контролираним условима значајно повећане са хидропрајмингом и прајмингом семена цинком у комбинацији са манганом (Mn). У пољским огледима, третман са Zn и Mn такође је значајно побољшао пораст биљака. Исти аутори истичу да недостатак цинка у условима стреса може довести до оксидативног оштећења ћелија корена и поремећаја у порасту биљака, што се може избећи прајмингом семена микроелементима. Harris et al. (2007) су

након хидропрајминга и третмана 1% и 2% раствором ZnSO₄ добили вишеструко повећање суве и свеже масе биљака кукуруза мерене 14. и 21. дана након сетве, као и већу висину биљака. Значајно је напоменути да су наведена истраживања рађена у Пакистану и да је наводњавање примењено две до три недеље након сетве, што указује да прајминг семена водом и цинком има велики ефекат на почетни пораст биљака у условима недостатка влаге. Приказани резултати су јасно показали да је позитиван утицај прајминга семена цинком био више изражен за хибриде NS 6030 и NS 4030, а мање за NS 4023 и NS 3022, што указује на генотипске разлике у одговору на овај третман. Супротно овоме, хидропрајмингом је значајно повећана сува маса хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 4023 само у првој години на локалитету Панчево, што уз значајан негативан утицај на суву масу хибрида NS 4023 и NS 3022 на Римским Шанчевима такође указује на генотипске разлике између хибрида, као и утицај фактора спољашње средине на испољавање утицаја овог третмана на почетни пораст биљака (Графици 3 и 4). Уочене генотипске разлике могу да буду резултат директног утицаја прајминга на процесе клијања семена, што је показано у огледу у коме су испитивани квалитет и животна способност семена, као и услова ницања. Занимљиво је да су свежа и сува маса биљака ХП третмана хибрида NS 4023 значајно смањене на Римским Шанчевима у обе године истраживања, док ницање није било под утицајем овог третмана (График 1). Ови резултати могу да се доведу у везу са значајним смањењем вигора семена овог хибрида у хладном тесту (Табела 34). Subedi и Ma (2005) такође нису установили позитиван утицај хидропрајминга на пораст биљака кукуруза, а до сличних резултата дошли су и Ibrahim et al. (2013) на пириначу. Са друге стране, раније је утврђено да хидропрајминг позитивно утиче на пораст поника кукуруза (Murungu et al., 2004; Rashid et al., 2002; Arif et al., 2005; Miraj, 2005), али и других врста као што су сирак (Harris, 1996), врста *Festuca sinensis* L. (Peng et al., 2013), пиринач (Matsushima & Sakagami, 2013).

Иако је временски период од фолијарног третмана до мерења био релативно кратак (три седмице), свежа и сува маса биљака хибрида NS 6030 и NS 4030, који су у огледу у хранљивим растворима оцењени као Zn-ефикасни, је значајно повећана на локалитету Римски Шанчеви у другој и првој години, по

реду, што указује на могућу већу ефикасност у искоришћавању цинка у биљци. Позитиван утицај фолијарног третмана цинком забележен је и на почетни пораст биљака хибрида NS 4023 (Zn-неефикасан) у обе сезоне у Панчеву. Продужени ефекат ФZn третмана био је изражен у другој години у Панчеву, када је уз знатно бољи пораст биљака, висина свих хибрида била значајно већа у односу на контролу, што је био случај и за ПZn третман (График 6). Резултати такође показују да је и на Римским Шанчевима висина биљака у другој години била већа у оба третмана са цинком у односу на контролу, али ове разлике нису биле статистички значајне (График 5). Позитиван утицај фолијарне примене цинка на пораст биљака до сада је утврђен за велики број врста, као што су гуава (Arshad & Ali, 2016), лук (Rafie et al., 2017), просо (Asgharipour & Azizmoghaddam, 2012), пшеница (Zain et al., 2015), кукуруз (Asif et al., 2013; Mohsin et al., 2014). Повећање висине биљака прајмингом семена цинком у стресним условима суше може се објаснити чињеницом да цинк има функцију у директној стабилизацији ћелијских мембрана, као и у биосинтези акусина и гиберелина, који су укључени у регулацију раста биљака и синтезу протеина генерално (Sekimoto et al., 1997; Asha et al., 2012; Aktas et al., 2006; Arya & Singh, 2001). Супротно овоме, Imran et al. (2015) су спровели истраживања чији резултати показују да прајминг семена цинком није довео до повећања масе стабљика пиринча.

Приказани резултати докторске дисертације указују на генотипске разлике у одговору хибрида на фолијарну примену цинка на почетку вегетационог периода, као и додавање цинка биљкама преко семена. Иако су резултати показали да Zn има значајну улогу у почетном порасту биљака кукуруза, који се гаји на карбонатном земљишту дефицитарном и потенцијално дефицитарном у доступном цинку, комбинација лабораторијских и пољских огледа може да пружи поуздане одговоре на питања која се намећу када је реч о практичној примени прајминга у гајењу кукуруза. Супротно великим разликама између хибрида у одговору на примењене третмане у почетним фазама развоја, за висину биљака то није био случај, што указује да је потребно радити истраживања са већим бројем мерења акумулације суве материје надземног дела биљака. Разлике у Zn-ефикасности између хибрида, установљене скринингом биљка које су гајене у хранљивим растворима, нису потврђене у пољском огледу, јер су сви хибриди у

контроли имали добар пораст на оба локалитета, без видљивих симптома дефицита цинка.

6.2.3. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на компоненте приноса

Истраживања су обухватила и проучавање утицаја третмана на важније морфолошке особине биљака, односно компоненте приноса. У првој години, само је PZn третман имао позитиван утицај на дужину и пречник клипа на оба локалитета, док је позитиван утицај PZn и FZn забележен код свих хибрида на оба локалитета у другој години, на шта је сигурно утицао бољи општи пораст биљака у условима већих количина падавина (Табеле 10, 11, 12 и 13). До сличних резултата су дошли и Mohsin et al. (2014), наводећи да је у третманима са прајмингом и фолијарном применом цинка клип био значајно дужи у односу на контролу. Повећање дужине клипа услед адекватне примене цинка приписује се његовој улози катализатора у различитим процесима раста и у синтези хормона и протеина (Ramkala et al., 2008). Asha et al. (2012) су такође утврдили позитиван утицај примене цинка на пречник клипа кукуруза.

Разлике у броју редова зрна на клипу између третмана нису биле значајне, осим за хибрид NS 4030, када су у другој години на Римским Шанчевима у PZn третману забележене веће вредности у односу на контролу, док је број зрна у реду свих хибрида је значајно повећан у PZn или FZn третману, без одређене правилности у односу на године и локалитете (Табеле 14, 15, 16, 17). Ehsanullah et al. (2015) такође нису забележили значајан утицај примене цинка на број редова зрна на клипу кукуруза, што је у сагласности са приказаним резултатима. Број редова зрна и број зрна у реду су особине које највише утичу на принос зрна (Orlyan et al., 1999). Значајно већи број зрна у реду на клипу након примене цинка (PZn или FZn третман) може се приписати већој дужини клипа. Значајна је улога цинка и у одржавању фертилности поленових зрна. Како наводе Sharma et al. (1990), у условима недостатка цинка значајно се одлаже развој антера и свиле.

Ова група аутора наводи да се смањење оплодње може приписати мушкој стерилности у условима недостатка цинка. Pandey et al. (2006) су такође потврдили значајну улогу цинка у одржавању фертилности полена и оплодње сочива. Када је реч о броју зрна на клипу, у првој години највеће вредности, у просеку, за хибриде забележене су у PZn третману на оба локалитета, а у другој години у ФZn, што указује да је позитиван утицај фолијарног третмана био више изражен у условима већих количина падавина (Табеле 18 и 19). Како наводе Ehsanullah et al. (2015), број зрна на клипу је особина која у значајној мери зависи од услова спољашње средине. У њиховим истраживањима, сви третмани цинком су позитивно утицали на повећање броја зрна на клипу, што је у сагласностима са приказаним резултатима. Grzebisz et al. (2008) такође наводе да биљке, које су обезбеђене цинком, формирају значајно већи број зрна на клипу, а тиме и принос.

Резултати студије коју су извели Liu et al. (2016), показују да примена различитих количина Zn-минералних ђубрива, као и комбинација са фолијарним третманом цинком у почетним фазама пораста, позитивно утиче на дужину клипа, број зрна на клипу и масу 1000 зрна. Поменута истраживања су изведена уз наводњавање, што уз приказане резултате, указује да оптимална обезбеђеност водом доприноси ефикаснијем искоришћавању цинка у биљкама. Резултати приказаних истраживања потврдили су значајан позитиван утицај примене цинка у гајењу кукуруза на масу 1000 зрна, као и велики значај падавина за испољавање ефекта примене цинка (Табеле 20 и 21). Маса 1000 зрна је била знатно већа у 2016. години, када су агрометеоролошки услови били повољнији. Тако маса 1000 зрна хибрида NS 4023 није била под утицајем третмана у првој години на оба локалитета, док је у другој значајно повећана у оба третмана са цинком. Tahir et al. (2009) такође наводе значајно повећање масе 1000 зрна кукуруза са фолијарном применом цинка. Исти ефекат је показан и код врста као што су наут (Siddiqui et al., 2016; Nadergoli et al., 2011), пасуљ (Valenciano et al., 2009), пиринач (Sudha & Stalin, 2015), пшеница (Ranjbar & Bahmaniar, 2007), сунцокрет (Khan et al., 2009). Siddiqui et al. (2009) истичу да се адекватном применом цинка повећава усвајање азота у фази формирања зрна, као и компоненте приноса сунцокрета, што је потврђено и за кукуруз (Grzebisz et al., 2008). Значајно повећање масе 1000 зрна кукуруза након хидропрајминга потврдили су у својим истраживањима Ahammad

et al. (2014), што је био случај само за хибрид NS 3020 у обе године на Римским Шанчевима.

Приказани резултати јасно указују на значај цинка за пораст генеративних органа кукуруза, оплодњу, образовање и наливање зрна. Оба начина примене цинка, преко семена када је одмах доступан клијанцима, као и преко листова, допринела су бољем расту клипа, оплодњи, формирању и наливању зрна. Разлике између хибрида у одговору на примену цинка не могу се довести у везу са карактеризацијом за Zn-ефикасност.

6.2.4. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на принос зрна

Резултати пољског огледа, који се односе на принос зрна остварен без примене третмана на оба локалитета (Табеле 22 и 23), нису у сагласности са резултатима огледа у хранљивим растворима, према којима су хибриди NS 6030 и NS 4030 окарактерисани као Zn-ефикасни, а NS 4023 и NS 3022 као Zn-неефикасни (Табела 7). Zn-ефикасност се дефинише као способност биљке да расте и даје добре приносе у земљиштима са дефицитом доступног Zn (Graham et al., 1992). У зависности од локалитета и сезоне, принос хибрида је био сличан или чак и већи код Zn-неефикасних. Велике разлике у приносу између хибрида на једном локалитету у сезони, пре су резултат дужине вегетационог периода хибрида и испољавања родности у контрастним условима обезбеђености водом, него доступношћу цинка у земљишту. Тако је принос хибрида NS 6030 у првој години на оба локалитета био нижи или сличан у односу на остале, док је у другој години, уз повољан режим падавина испољен његов потенцијал родности. Такође, позитиван ефекат оба третмана са цинком на принос зрна свих хибрида на једном или оба локалитета, који није био у свим случајевима статистички значајан, указује да међу њима нема разлике у ефикасности искоришћавања цинка у биљци. Значајно је истаћи да је, у просеку, за све хибриде, изостао значајан утицај третмана са цинком у првој години, коју је карактерисала јака суша, али је у

оквиру хибрида NS 6030 и NS 3022 забележено значајно повећање приноса зрна у односу на контролу, што указује на значајну улогу цинка за стрес суше, што су раније истакли (Sekimoto et al., 1997; Asha et al., 2012; Aktas et al., 2006; Arya & Singh, 2001).

Са друге стране, не треба искључити могућност постојања разлике између проучаваних хибрида у ефикасности усвајања цинка. Иако концентрације цинка у земљишту ($0,33-0,58 \text{ mg kg}^{-1}$, екстракција са ДТРА) указују да се земљишта на локалитетима, према прихваћеној категоризацији за карбонатна земљишта, могу сматрати дефицитарним и потенцијално дефицитарним у доступном цинку (Lindsay & Norvell, 1978; Liu et al., 1982), можда услови у којима су изведени пољски огледи, пре свега природна плодност земљишта, нису били одговарајући да би се испољиле разлике између хибрида. Када се говори о проучавању Zn-ефикасности, значајно је да се истакне да се механизми Zn-ефикасности, присутни у биљкама које расту у земљишту, разликују од оних у хранљивим растворима (Graham & Rengel, 1993); сорта пшенице Excalibur је оцењена као Zn-најефикаснија у односу на остале, када је гајена у Zn-дефицитарном земљишту. Ова сорта је образовала велики број малих коренова чији је пречник $<0,3 \text{ mm}$, што омогућава приступ већој запремини земљишта, самим тим и цинку. Супротно овоме, у хранљивом раствору, где мобилност цинка у зони корена није ограничена, међу 12 сорти имала је најмањи пораст. Аутори објашњавају слабији раст ове сорте у условима обезбеђености цинком од $0,1 \text{ }\mu\text{M}$ добро документованом појавом токсичности P изазване дефицитом цинка (видети ревијални рад Webb & Loneragan, 1988). Стога би комбинација огледа у контролисаним условима, укључујући и молекуларне методе, и пољских огледа дала најпрецизније одговоре на механизме Zn-ефикасности присутне у биљкама.

Примена Zn-ђубрива често не даје жељени ефекат, чак ни на земљиштима са малим концентрацијама доступног цинка. Тако принос кукуруза и пшенице гајених на земљишту са $0,48 \text{ mg kg}^{-1}$ у Кини, није повећан уз примену Zn-ђубрива (Wang et al., 2012). Супротно овоме, приказани резултати јасно показују да прајминг семена и фолијарни третман цинком у раним фазама пораста, као и хидропрајминг, представљају ефикасне методе примене, којима се може значајно

повећати принос зрна кукуруза гајеног на јако и средње карбонатном земљишу. Највеће повећање приноса зрна од 23,1% применом ПZn третмана, забележено за хибрид NS 6030, слично је резултатима које су добили Harris et al. (2005) уз прајминг семена кукуруза 1% раствором ZnSO₄. Imran et al. (2012) су прајмингом са Zn и Mn добили повећање приноса зрна од 15%. Значај практичне примене прајминга семена цинком показали су и Yilmaz et al. (1997, 1998), јер је у њиховим истраживањима, када је реч о приносу зрна пшенице, ова метода била ефикаснија од фолијарног третмана и ђубрења земљишта. Повећање приноса зрна кукуруза уз прајминг цинком доказано је и у другим истраживањима (Mohsin et al., 2014; Imran et al., 2012), али и пшенице (Aboutalebian et al., 2012; Harris et al., 2005), наута (Harris et al., 2005) и других врста. Иако у приказаним истраживањима није праћен утицај примене цинка на раст корена, значајно је да се истакне да су Imran et al. (2012), проучавајући утицај прајминга семена микроелементима на пораст кукуруза, чији је корен изложен ниским температурама, показали да је прајминг Zn и Mn побољшао раст корена, и то више повећањем дужине него биомасе корена, што указује да су образовани дужи као и финији бочни коренови, који побољшавају усвајање хранљивих елемената. Стога је могуће да је сличан ефекат прајминга цинком био и у приказаним истраживањима, што подржавају резултати о бољем почетном порасту и висини биљака.

Досадашња истраживања су показала да је фолијарна примена цинка у ранијим фазама пораста значајна за пораст биљака и повећање приноса, док се за биофортификацију примењује у генеративној фази, као што је недавно показано врло успешно и у комбинацији са пестицидима (Ram et al., 2016). Ипак, механизми усвајања хранљивих елемената преко листа још нису довољно проучени (Fernández et al., 2013). Истраживања су такође показала да је фолијарна примена цинка врло ефикасна мера којом се повећава концентрација цинка у зрну, док примена преко земљишта даје лошије резултате (Sakmak et al., 2010; Zou et al., 2012). Potarzycki и Grzebisz (2009) су добили повећање приноса у трогодишњем просеку за 18%, што је у сагласности са приказаним истраживањима, јер се повећање кретало од 7,6-23,9%, у зависности од локалитета и хибрида. Осим за кукуруз, повећање приноса уз фолијарну примену

забележено је и за пшеницу (Ghasemi et al., 2013), грашак (Rafique et al., 2015), наут (Khan et al., 2004) и друге врсте. Различит ефекат фолијарног третмана, у комбинацији са минералним ђубривима, на два локалитета забележили су и Liu et al. (2016), што указује на то да је овај начин примене под утицајем агроколошких фактора. Исти аутори су такође у више мерења забележили већи садржај хлорофила и повећање нето фотосинтезе у свим третманима са цинком, што објашњава побољшан пораст хибрида и повећање приноса у приказаном пољском огледу.

Важно је да се истакне да због усвајања цинка преко листа и даљег кретања до флоема, генотипови гајених врста могу да имају различит одговор на фолијарну примену цинка, као што је показано за пиринач (Phattarakul et al., 2012; Mabesa et al., 2013). Супротно овоме, Erenoglu et al. (2002) су показали да постојеће разлике у Zn-ефикасности између генотипова обичне и тврде пшенице нису у вези са транслокацијом и дистрибуцијом цинка у биљци. Могуће је да хибриди NS 4030 и NS 4023 нису реаговали на фолијарну примену у првој години због јаке суше, што треба да буде предмет будућих истраживања. Такође, треба имати у виду и генетички потенцијал родности хибрида. У другој години, на локалитету Римски Шанчеви, за хибрид NS 6030 није утврђено значајно повећање приноса у ФZn третману, али тада је због велике количине падавина принос био $>13 \text{ t ha}^{-1}$, што у нашим агроколошким условима представља производни максимум остварен без наводњавања.

Бројна истраживања су показала да се применом хидропрајминга постиже повећање приноса. Ова метода је описана као врло практична за производну праксу малих фармера зато што даје добре резултате без већих ризика (Harris et al., 1999, 2001). Применом хидропрајминга, уз бољи пораст биљака и раније цветање, постижу се већи приноси кукуруза (Harris et al., 1999, 2001, 2002). Такође, када се гаје усеви са кратким вегетационим периодом, хидропрајминг убрзава пораст и сазревање, чиме се избегава утицај абиотских и биотских стресова током и на крају сезоне, као што су Musa et al. (2001) показали за наут. Приказани резултати указују да је у третману са хидропрајмингом принос зрна повећан у односу на контролу за 7,9%-19,7% у зависности од хибрида и локалитета, што је слично

результатима које су добили (Harris et al., 2007), али је ефекат у односу на третмане са цинком био мање изражен у Панчеву, где су остварени мањи приноси у односу на Римске Шанчеве, што указује да ефекат хидропрајминга зависи од агроеколошких фактора.

6.2.5. Оцена ефикасности хибрида у акумулацији цинка у зрну. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на концентрацију цинка и гвожђа у зрну

Повећање концентрације цинка у јестивим деловима биљака може се постићи применом генетичке стратегије, која подразумева проучавање генетичке варијабилности у ефикасности усвајања цинка из земљишта, његову акумулацију у плодовима и толерантност на високе концентрације цинка у биљном ткиву (Pfeiffer & McClafferty, 2007; White & Broadley, 2009). Апсолутне вредности концентрације Zn, као и генетичка варијабилност, су често мање за семе него за листове (White & Broadley, 2011).

За већину гајених биљака показана је генетичка варијабилност у концентрацији Zn у ткивима (видети ревијални рад White & Broadley, 2011 и референце у њему). Bänziger и Long (2000) су у вишегодишњим пољским огледима проучавале генетичку варијабилност кукуруза за концентрацију Zn и Fe у зрну. У оквиру 1.814 генотипова, концентрација цинка је варирала од 12,9 до 57,6 mg kg⁻¹, а Fe од 9,6 до 63,2 mg kg⁻¹. Исте ауторке истичу да ове разлике нису резултат само генетичке варијабилности, већ су вероватно утицај имали и локалитети на којима су генотипови гајени, као и године. Међутим, посматрано по локалитетима, вредности веће од просечних забележене су за чак 49% и 69% генотипова за Zn и Fe, по реду, што указује на значајно варирање њихове концентрације у зрну. Студија Menkir-a (2008) је такође показала велику генетичку варијабилност у оквиру 278 линија кукуруза, где је концентрација Zn у зрну била од 14 mg kg⁻¹ до 45 mg kg⁻¹. Генотипске разлике у концентрацији Zn у зрну кукуруза показали су и Maziya-Dixon et al. (2000) и Fahad et al. (2015). Истраживања изведена у агроеколошким условима источне Хрватске, која су

слична нашим, показала су да се концентрација цинка у зрну 121 генотипа кукуруза кретала од 11,9-33,2 mg kg⁻¹ (Brkić et al., 2004). Посматрано за цео представљени пољски оглед, концентрација Zn у зрну четири хибрида варираше од 18,9 до 33,5 mg kg⁻¹ (Табеле 24 и 25). У контроли, у првој години огледа, вредности су биле релативно мале за све хибриде гајене на оба локалитета, и то 19,2-20 mg kg⁻¹ на Римским Шанчевима и 20,2-24,9 mg kg⁻¹ у Панчеву. Тада су због екстремне суше забележени и мањи приноси него у другој години, што указује да је услед недостатка земљишне влаге смањено усвајање Zn. Могуће је да су нешто веће вредности забележене у Панчеву пре резултат концентрационог ефекта због врло малих приноса на овом локалитету, него већег усвајања Zn из земљишта. Разлике између локалитета су биле мање у другој години, када је концентрација цинка у зрну кукуруза гајеног на Римским Шанчевима била 27,6 mg kg⁻¹, а у Панчеву 26,5 mg kg⁻¹.

Упркос забележеним значајним разликама између хибрида, резултати не указују на велике генотипске разлике у ефикасности акумулације цинка у зрну. Добијене вредности су знатно ниже од 38 mg kg⁻¹, што је, уз истовремено стабилне приносе кукуруза, један од циљева глобалног HarvestPlus програма (Bouis & Welch, 2010). Укупне количине акумулираног Zn у приносу такође не указују на разлике између хибрида у ефикасности акумулације цинка у зрну, јер су се вредности мењале по годинама и локалитетима. Такође, тешко је довести у везу цинк у земљишту са његовом концентрацијом у зрну. Према резултатима свеобухватне студије, само 13% узорака земљишта са 93 локације, на којима је гајена пшеница у Србији, је Zn-дефицитарно, али је концентрација Zn у зрну ниска, што показује вредност медијане од 21 mg kg⁻¹, док је у брашну, које потиче из Војводине, била још мања (Nikolić et al., 2016), што према ауторима значи да постоји могућност појаве латентног недостатка цинка код људи. Такође су показали да је интензивно ђубрење фосфором у главним производним подручјима пшенице у Војводини у јакој корелацији са малом концентрацијом цинка у зрну. Такође, Wang et al. (2012) су у огледима на земљишту са 0,63 и 0,48 mg kg⁻¹ P добили знатно ниже концентрације цинка у зрну у контроли, и то 14,36 и 16,4 mg kg⁻¹, по реду, него у приказаним истраживањима. Приказани пољски огледи су изведени у складу са производном праксом, те су ђубрењем примењене велике

количине P. Познато је да примена фосфорних ђубрива појачава дефицит цинка пре свега тако што утиче на усвајање и транспорт цинка у биљци, а не на његову доступност у земљишту (Loneragan & Webb, 1993). Imran et al. (2015) су у пољском огледу показали да примена P снижава концентрацију Zn у зрну кукуруза, док комбинација P и Zn снижава моларни однос фитата и Zn што повећава биодоступност Zn из зрна. Далеко већи број досадашњих истраживања је посвећен интеракцији Zn и P за пшеницу. Осим што високе концентрације P у хранљивом раствору смањују усвајање цинка, чак 2-3 пута смањују релативни удео цинка, који је транспортован до зрна у укупној количини коју је биљка усвојила (Yang et al., 2011).

Иако нису дефинисане вредности микроелемената у зрелом зрну, које могу да укажу на дефицит цинка код биљака, Rafique et al. (2006) су предложили концентрације од 20–24 mg kg⁻¹, као критичне за пшеницу гајеној на земљишту са 0,49-0,52 mg kg⁻¹ доступног цинка. Приказани резултати указују да је концентрација Zn у зрну, чак и у другој години истраживања, у зависности од хибрида и локалитета, била у оквиру предложених или слична, што указује на потребу примене Zn-ђубрива на карбонатном земљишту са дефицитом Zn. Иако је принос зрна у првој години био мали, концентрација цинка у зрну је такође била врло ниска, што потврђује да је доступност цинка у условима суше мала (Alloway, 2008b). Ови резултати указују на значај наводњавања којим се, поред постизања виших приноса, може побољшати и нутритивна вредност зрна кукуруза. Раније је показано да је осетљивост биљака на недостатак цинка више изражена у условима суше (Ekiz et al., 1998; Vagci et al., 2007).

Утицај третмана на концентрацију цинка у зрну разликовао се по годинама, локалитетима, као и између хибрида. За хибриде, код којих су третмани са цинком повећали концентрацију цинка у зрну, може се претпоставити да је то највећим делом резултат интензивнијег усвајања цинка из земљишта, захваљујући бољем порасту биљака, док је и Zn додат преко листа, највероватније транспортован до зрна. Свакако да треба узети у обзир и повећан садржај цинка у семену након прајминга ZnSO₄, али само истраживања усмерена ка праћењу кретања Zn из семена у биљку могу да дају прецизне одговоре на питање да ли прајминг директно утиче на концентрацију Zn у зрну. Прајмингом семена са

ZnSO₄ садржај Zn у семену је, у зависности од хибрида, повећан 8-13 пута у односу на садржај пре прајминга (Табела 9). Сличне резултате за кукуруз су добили и Imran et al. (2012) и Harris et al. (2007), као и Ajouri et al. (2004) за јечам. Imran et al. (2012) су показали да концентрација Zn у надземном делу кукуруза, гајеног пет недеља у пољу, нису биле више у третману са прајмингом, док је садржај у биљци био значајно већи у односу на контролу, али треба нагласити да је и пораст ових биљака био значајно побољшан. Harris et al. (2007) су довели у директну везу повећање концентрације Zn у зрну са прајмингом и навели да један део укупне количине Zn акумулиране у приносу потиче из прајмираног семена, али са неупоредиво мањим приносом зрна у односу на приказана истраживања. Резултати који се односе на утицај прајминга на квалитет и вигор семена (поглавље 5.3.), као и бољег почетног пораста биљака у свим третманима у пољском огледу, такође иду у прилог претпоставци да је побољшан раст корена допринео већем усвајању Zn из земљишта. Слично повећање концентрације Zn у зрну два хибрида кукуруза, са 19,88 mg kg⁻¹ на 22,57 mg kg⁻¹ прајмингом са 1%, односно 2% раствором ZnSO₄, као и применом фолијарног третмана (1% и 2% раствор ZnSO₄) један месец након сетве на 21,11 mg kg⁻¹, односно 25,85 mg kg⁻¹ добили су Mohsin et al. (2014). Изненађујуће значајно повећање концентрације Zn у зрну хибрида NS 4030, NS 4023 и NS 3022 у XII третману на Римским Шанчевима се такође може објаснити бољим порастом биљака и у сагласности је са резултатима Harris et al. (2007).

Један од проблема са којим се селекционери кукуруза сусрећу је тај што су концентрација Zn и Fe у зрну и принос често у негативној корелацији, што може да се објасни повећањем садржаја угљених хидрата код високо приносних генотипова (Bänziger & Long, 2000). Јак утицај фактора спољашње средине, као и интеракција генотипа и спољашње средине такође представљају велики изазов у селекцији усмереној ка повећању концентрације Zn и Fe у зрну кукуруза (Long et al., 2004; Oikeh et al., 2004). Највећи принос зрна на локалитету Панчево у другој години у ФZn третману забележен је за хибрид NS 6030, али и значајно смањење концентрације Zn у зрну, што се може објаснити појавом тзв. разблажења приноса. Супротно овоме, вишедеценијским радом добијени су знатно виши приноси зрна хибрида кукуруза у Онтарију, при чему нису уочене јасне промене

минералног састава зрна (Vyn & Tollenaar, 1998), а Akinwale и Adewopo (2016) такође нису показали зависност Zn и Fe у зрну од приноса.

Знатно ниже концентрације Fe у зрну у другој години могу се објаснити смањеним усвајањем и транслокацијом због великих количина падавина, што је раније описано (Chaney, 1984). За житарице је уобичајено да су Zn и Fe у позитивној корелацији (White & Broadley, 2005). Значајну корелацију између концентрације Zn и Fe у зрну кукуруза показали су Menkir (2008), Bänziger и Long (2000), као и за новије приносне сорте пшенице (Cakmak et al., 2004; Monasterio & Graham, 2000). Супротно овим резултатима, у приказаном пољском огледу није утврђена значајна линеарна корелација између концентрације Zn и Fe у зрну, јер су разлике између третмана биле, опште гледано, знатно мање за Fe него Zn. Занимљиво је да су Wang et al. (2012) добили значајну позитивну корелацију ова два елемента за зрно кукуруза, али не и за пшеницу, што такође указује да су процеси који регулишу акумулацију Zn и Fe специфични за врсте. Концентрације Fe у земљишту, на коме је гајен кукуруз на оба локалитета, веће су од 5 mg kg^{-1} , која се сматра дефицитарним (Cakmak et al., 1999), док су вредности за Zn критичне. Стога се може претпоставити да су у биљкама били присутни механизми који индукују дефицит Zn и Fe, као што је појачано излучивање фитосидерофора (Takagi et al., 1984; White & Broadley, 2009; Zhang et al., 1991). Међутим, Suzuki et al. (2006) су показали да је појачано излучивање фитосидерофора у условима дефицита Zn и Fe засебно регулисано, што указује на могућност да су доступност Zn и Fe биљкама, као и други абиотски фактори, затим велике разлике у приносу између хибрида, допринели неједнакој акумулацији ова два елемента.

6.2.6. Утицај прајминга семена и фолијарне примене цинка на концентрацију укупних протеина у зрну

Велики број истраживања је показао да је смањење концентрације протеина у зрну резултат повећања приноса (Ortiz-Monasterio et al., 2007). Слични резултати су добијени и у приказаним истраживањима. Посматрајући просечне вредности за третмане, у првој години, када су на оба локалитета остварени мањи

приноси, забележено је мало, али статистички значајно повећање у PZn третману на оба локалитета. Сличне резултате су добили Asif et al. (2013), истичући значајну улогу цинка у синтези протеина. Tahir et al. (2009) су такође установили да Zn-ђубрива имају значајан утицај на повећање садржаја протеина у зрну кукуруза. Супротно овоме, прајминг семена цинком и фолијарна примена цинка могу да смање концентрацију протеина у зрну, уз истовремено повећање приноса (Mohsin et al., 2014). С тим у вези, већа акумулација скроба у ендосперму, услед бољег раста биљке могла би бити разлог за смањење садржаја протеина (Mohsin et al., 2014; Mousavi et al., 2013; Nemati et al., 2009). Тако је концентрација протеина у зрну хибрида NS 3022 значајно смањена у свим третманима у другој години у Панчеву, када је принос повећан за 19,6% .

6.3. Испитивање утицаја хидропрајминга и прајминга семена цинком на квалитет и животну способност семена кукуруза

Семе је зачетак новог живота биљке, сложени биолошки систем и као такво, први и основни чинилац успешне производње. Стога, квалитет семена је једна од најважнијих карика у биљној производњи. Семе високог квалитета је један од основних предуслова сигурних, високих и квалитетних приноса ратарских и повртарских усева. Квалитет семена је комплексна категорија и одређује га већи број чинилаца, као што су чистоћа семена, клијавост семена, садржај воде у зрну, маса 1000 семена и др., који су под утицајем различитих фактора спољашње средине (Karagić i sar., 2001). Клијавост семена је особина која служи најчешће као показатељ квалитета семена. Према ISTA (2015), клијавост семена се дефинише као појава и развој изданака до степена када изглед његових основних структура показује да ли изданак јесте или није у стању да се даље развија у нормалну биљку у повољним условима. Осим високе клијавости семена, важно је да семе има и високу енергију клијања која представља важан показатељ животне способности семена, јер брзо и уједначено ницање управо зависи од енергије клијања семена (Роштић i sar., 2011). Утврђивање квалитета семена врши

се применом различитих тестова, који се стално иновирају у складу са научним сазнањима из области физиологије семена (Milošević et al., 2010; Tamindžić, 2013).

Употреба стандардног теста за испитивање клијавости даје коректне резултате, али није довољно прецизан да би указао на разлике у квалитету између партија са високом клијавошћу. Ове разлике су условљене другим компонентама квалитета семена, тзв. животном способношћу семена или вигором (Vuĳaković i Jovičić, 2011). McDonald и Copeland (1997) су дефинисали животну способност семена као збир свих карактеристика семена које после сетве доводе до брзог и уједначеног ницања, формирања снажног и здравог изданка, што је претпоставка оптималног склопа, како у повољним, тако и у неповољним условима спољашње средине. Стандардни тест клијавости и вигор тестови се користе за одређивање квалитета семена. Milošević i sar. (2007) наводе да све методе и тестови који се користе за одређивање квалитета семена морају бити поуздани и поновљиви, како би се омогућило упоређивање података.

Различити типови прајминга представљају технике које се примењују у циљу побољшања квалитета семена. У литератури се наводе многе предности прајминга као што је скраћење времена потребног за клијање (Harris et al., 2008), али и побољшање клијања кроз репарацију оштећених протеина, RNK и DNK (Koehler et al., 1997), као и смањење штетних утицаја суше (Farooq et al., 2010) и других стресова околине (Farooq et al., 2010; Jaffar et al., 2012). И поред наведених предности, у литератури је мало података о утицају ових техника на клијавост и животну способност семена и генотипске разлике. Стога су испитивања утицаја хидропрајминга и прајминга семена цинком на квалитет и животну способност семена спроведена на четири одабрана хибрида кукуруза у циљу пружања додатних информација о њиховом утицају на квалитет, али и на могућност складиштења семена након техника прајминга, с обзиром на чињеницу да поновно сушење након прајминга може утицати на дуговечност семена. С тим у вези, у литератури се наводе контрадикторни подаци код различитих биљних врста.

6.3.1. Стандардни тест клијавости

Оцена клијавости и идентификација партија семена високих перформанси је важан предуслов за успешну производњу усева и самим тим лабораторије за испитивање семена морају прецизно детектовати разлике у физиолошком потенцијалу између тестираних партија семена (Marcos-Filho, 2015). Нажалост, за сада не постоји универзално прихваћени појединачни тест за процену физиолошког потенцијала семена како би се постигли унапред одређени циљеви.

Резултати приказаних истраживања показали су да су испитивани хибриди кукуруза имали високу енергију клијања и клијавост у контроли применом стандардног теста клијавости (Табела 33). Хидропрајминг семена позитивно је утицао на енергију клијања хибрида NS 4030, али и на клијавост семена NS 6030 и NS 3022. Позитиван утицај хидропрајминга на ницање и укупну клијавост забележен је раније код зелене салате (Ghassemi-Golezani et al., 2008), пшенице, јечма и овса (Kibite & Harker, 1991), кенафе (Daniel et al., 2011), пиринча (Matsushima & Sakagami, 2013). Позитивни утицаји хидропрајминга могу се приписати основној физиолошкој улози овог третмана, а то је повећана метаболичка активност у семену (Basra et al., 2002). Такође, Gallardo et al. (2004) у својим истраживањима спроведеним на модел биљци *Arabidopsis thaliana* су идентификовали протеине који се јављају током хидропрајминга. Међу њима су производи разградње складиштеног протеина 12S-kruciferin β -subjedinica. Ово указује да се ензими који су укључени у мобилизацију складиштених протеина или синтетишу или активирају током прајминга (Varier et al., 2010). Насупрот наведеним и приказаним резултатима, Mabhaudhi и Modi (2011) наводе негативан утицај хидропрајминга на укупну клијавост локалних популација и хибрида кукуруза.

Семе хибрида кукуруза NS 6030 и NS 3022, имало је у PZn третману значајно већу енергију клијања и клијавост у поређењу са контролом, а забележено је и значајно смањење удела атипичних изданака. До сличних резултата дошли су и Mir-Mahmoodi et al. (2011) на кукурузу након прајминга семена цинком, наглашавајући да $ZnSO_4$ није имао фитотоксичне ефекте услед

акумулације јона у ембриону. Такође, Sallam (1999) наводи да предтретмани семена неорганским солима промовишу клијање семена многих биљних врста. Тако, прајминг семена јечма цинком стимулише клијање и пораст изданака, али и усвајање овог елемента од стране биљака (Ajouri et al., 2004). Међутим, како наводе Chen и Arora (2013), ћелијски механизми прајминга семена везани за побољшање клијавости, али и повећање толеранције на стресне услове нису у потпуности схваћени. У досадашњим истраживањима наводи се да прајминг семена регулише ниво сигналних молекула и фитохормона током клијања и има утицај и на каснији развој биљака (Wojtyla et al., 2016a). Током прајминга семена мобилишу се резервне хранљиве материје, долази до активације и поновне синтезе многих ензима и покреће се синтеза DNK и RNK, што резултира у бољем клијању семена (Nerson, 2007; Ashraf & Foolad, 2005). Усвајање воде је побољшано код примене разних техника прајминга, и показало се да семе након прајминга има бржу имбибицију од контролног семена, иако је прошло кроз фазу поновног сушења након прајминга (Kubala et al., 2015).

Вигор индекс је изведен показатељ вигора семена и према ауторима Abdul-Baki и Anderson (1973) израчунава се на основу дужине изданака и процента клијавости. Овако израчунат, вигор индекс је нашао широку примену у науци, где веће вредности овог параметра указују на већи вигор испитиване партије семена. У приказаним истраживањима, забележен је значајно већи вигор индекс у свим испитиваним третманима у поређењу са контролом код свих испитиваних хибрида. Mirshekari et al. (2012) су испитивали утицај прајминга семена цинком на клијавост и принос невена и дошли су до закључка да је овај третман утицао на повећање вигор индекса семена невена. Значајно повећање вигор индекса након хидропрајминга и прајминга семена цинком забележено је код кима (Rahnamae & Soltani, 2006). У овој студији, највећа вредност вигор индекса је забележена при концентрацији цинка у раствору од 1%, док даље повећање концентрације овог микроелемента није утицало на значајно повећање вигор индекса. Такође, позитиван утицај хидропрајминга на вигор индекс забележен је код кукуруза (Mir-Mahmoodi et al., 2011) и кенафе (Daniel et al., 2011).

Велики број истраживача као меру вигора користе и развијеност и дужину изданака, цео изданак или појединачно надземни део и корен (Edwards & Sodler, 1992). Веће вредности ових показатеља значе и већи вигор семена, који ће у неповољним еколошким условима обезбедити високу клијавост, уједначеност клијања, скраћење времена потребног за клијање, а након формирања изданака омогућити да он опстане и да се нормално даље развија (Vuĳaković, 1997). Третмани који су примењивани у приказаним истраживањима, имали су позитиван утицај на пораст надземног дела изданака хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 3022, али и корена код свих испитиваних хибрида кукуруза. Ови резултати су у сагласности са резултатима истраживања Mir-Mahmoodi et al. (2011). Ови аутори наводе да је прајминг семена кукуруза Zn, поред повећања брзине клијавости, утицао и на побољшање метаболичких процеса, стимулацију раста изданака и стога је утицао и на коначни принос усева. Позитиван утицај прајминга семена Zn на пораст изданака је забележен и код јечма (Ajourī et al., 2004). У истраживањима Mir-Mahmoodi et al. (2011), у третману хидропрајминга је такође забележена највећа дужина надземног дела и корена изданака, што је у сагласности са резултатима приказаних истраживања. Wahid et al. (2008) су установили код сунцокрета повећање концентрације растворљивих шећера као одговор на прајминг семена. Дошли су до закључка да је повећање клијавости и побољшање раста изданака изазвано прајмингом повезано са синтезом протеина, механизмима поправке мембрана и већом доступношћу супстрата за клијање.

Акумулацију биомасе, тј. свежу и суву масу надземног дела и корена изданака, велики број истраживача користи као меру вигора. Маса свежег надземног дела изданака један је од показатеља који се користе за оцену квалитета и вигора семена (McKersie & Tomes, 1982). Резултати приказаних истраживања указују на то да је XII третман имао позитиван утицај на масу свежег надземног дела изданака хибрида NS 6030 и NS 3022, док је PZn значајно утицао на свежу масу надземног дела изданака хибрида NS 6030, NS 4030 и NS 3022. Позитивни ефекти ових третмана прајминга на акумулацију биомасе су у сагласности са резултатима истраживања у којима су Arif et al. (2005) дошли до закључка да кукуруз, након прајминга семена цинком и хидропрајминга, има изданке веће свеже и суве масе у поређењу са контролом. Супротно овим

результатима, Begum et al. (2014) су показали да примена цинка са две концентрације (100 и 200 ppm ZnSO₄) није значајно утицала на акумулацију свеже масе изданака шећерне репе у поређењу са контролом, али су бољи резултати постигнути при концентрацији од 100 ppm ZnSO₄.

У оквиру приказаних истраживања, праћена је и маса сувог надземног дела и корена изданака применом стандардног теста клијавости. На основу добијених резултата може се јасно уочити позитиван утицај PZn на акумулацију суве масе надземног дела и корена изданака хибрида кукуруза. Prom-u-thai et al. (2012) су испитивали утицај прајминга семена цинком у различитим концентрацијама на број формираних корена и суву масу корена пиринча и дошли су до закључака да се при концентрација од 2,5 и 5 mM развија значајно већи број коренова, као и да је при концентрацији од 2,5 mM Zn забележена највећа маса сувог корена пиринча. Rehman et al. (2015) су установили позитиван утицај прајминга семена цинком на акумулацију суве масе надземног дела и корена изданака пшенице, као и јаку корелацију између просечне клијавости/времена клијања, дужине надземног дела и корена изданака са масом сувог изданка.

6.3.2. Хладни тест

Хладни тест је настао из потребе да се оцени клијање и ницање клијанаца осетљивијом процедуром од стандардног теста клијавости. Овај поступак има за циљ да процени одговор партије семена на стресне услове као што су ниска температура и висок садржај воде у супстрату и, уколико је могуће, и присуство патогена (Marcos-Filho et al., 2015). Веома важно је још једном напоменути да се овај тест често примењује код процене вигора семена и даје резултате који су често у бољој корелацији са пољским ницањем у неповољним условима спољашње средине у поређењу са резултатима добијеним применом стандардног теста клијавости (Milošević et al., 2010).

Резултати приказаних истраживања квалитета и животне способности (вигора) семена хибрида кукуруза добијени применом хладног теста, указују на

чињеницу да је код хибрида NS 4030, код свих испитиваних третмана, дошло до значајне редуције клијавости семена у поређењу са контролом. Такође, хидропрајминг семена је довео до редуције клијавости код хибрида NS 6030. Mabhaudhi и Modi (2011) су дошли до сличних резултата, наводећи да је разлог смањења процента клијања семена рапидно усвајање воде током прајминга, које може да изазове повреду током имбибиције, што доводи до спречавања клијања семена. У литератури се наводе слични случајеви имбибиционих повреда семена, укључујући и семе кукуруза (Pollock et al., 1969; Cal et al., 1972; Powell et al., 1978; Taylor et al., 1992; Bedi et al., 1993; Mabhaudhi & Modi, 2011). Ефекат третмана хидропрајминга зависи од афинитета семена за воду и критична тачка је да се пронађу оптимални услови температуре и влажности, како би се избегла појава радикуле (Taylor et al., 1998). Још један ограничавајући фактор хидропрајминга је недостатак хомогене хидратације семена, која може довести до неуједначеног клијања (McDonald, 2000). Међутим, у литератури се наводи да Zn побољшава клијавост и развој изданака код јечма (Ajourj et al., 2004), ехинацеје (Babaeva et al., 1999) и пшенице (Harris et al., 2008). Резултати приказаних истраживања такође указују на очигледне разлике у одговору хибрида на третмане прајминга кроз појаву атипичних изданака. Значајно повећање удела атипичних изданака након хидропрајминга забележено је код хибрида NS 6030 и NS 3022. Овакви резултати су у супротности са резултатима Ansari и Zadeh (2012), који су своја истраживања спровели на семену ражи. Са друге стране, у приказаним истраживањима PZn третман је утицао на смањење удела атипичних изданака код хибрида NS 4030 и NS 4023. Ozturk et al. (2006) истичу укљученост цинка у физиолошке процесе током почетног развоја изданака, могуће учешће у синтези протеина, издуживање ћелија, функцију мембрана и резистенцију на абиотичке стресове (Сакмак, 2000). Хибриди NS 6030 и NS 3022 формирају крупније семе од осталих испитиваних хибрида, које је склоно пуцању перикарпа при третману прајминга што може довести до редуције клијавости и појаве атипичних изданака, па се претпоставља да је то разлог различитог ефекта третмана на ове параметре код испитиваних хибрида.

ХП третман у комбинацији са стресним условима хладног теста значајно је редуковао вигор индекс код два испитивана хибрида (NS 6030, NS 4030). Ови

резултати су у супротности са резултатима истраживања Ansari и Zadeh (2012) спроведеним на ражи и указују на генотипску осетљивост хибрида на стресне услове као што је ниска температура. Код једног од наведених хибрида (NS 6030) прајминг семена цинком је значајно утицао на повећање вигор индекса. Овакав резултат може се приписати улози цинка у побољшању физиолошких процеса током клијања, као и значајној улози овог микроелемента у толеранцији биљке према ниским температурама.

Стресни услови хладног теста су, и поред извршеног хидропрајминга, довели до редукције надземног дела и корена изданака код хибрида NS 4030, као и редукције дужине корена код осталих испитиваних хибрида, што је у супротности са резултатима Ansari и Zadeh (2012). Код кукуруза, температуре испод 12-15 °C могу изазвати промрзавање код младих биљака, штетне су за развој и издуживање корена и доводе до водног стреса (Hola et al., 2003; Kasper & Bland, 1992; Melkonian et al., 2004). Код корена и надземног дела изданака који су изложени ниским температурама, стеме се не могу затворити упркос водном статусу корена и листа (Singh et al., 2012). Исти аутори наводе и да је релативан садржај воде у високој корелацији са оштећењем мембрана ћелија. При ниским температурама долази до имбибиционих оштећења (Mabhaudhi & Modi, 2011). Супротно овим резултатима, Mir-Mahmoodi et al. (2011) су констатовали да је семе кукуруза након хидропрајминга имало значајно бољи корен и надземни део у поређењу са контролом.

Прајминг семена цинком је имао позитиван утицај на пораст надземног дела изданака хибрида NS 4030 и кореновог система хибрида NS 6030 у условима ниске температуре. У истраживањима Harris et al. (2007) наводи се позитиван утицај прајминга семена цинком на пораст кукуруза, што је у сагласности са овим резултатима. Позитиван утицај цинка на пораст изданака је вероватно повезан са његовим учешћем у раним фазама развоја колеоптиле и коренове клице (Ozturk et al., 2006). Многи аутори у својим истраживањима наводе да прајминг семена побољшава перформансе усева активирањем физиолошких, молекуларних и биохемијских промена (Farooq et al., 2006; Chen et al., 2012). Током периода ниских температура, ниске температуре термодинамички депримирају кинетику

многих физиолошких и метаболичких процеса у биљкама (Ruelland et al., 2009). Хладни стрес, поред редукције клијања и одлагања развојних фаза биљке, доводи и до индукције оксидативног стреса. Током овог стреса ствара се велика количина слободних радикала (ROS) у биљним ћелијама и активира се липидна пероксидација у мембранама (Shu et al., 2011). Да би превазишли ове услове, биљке су развиле антиоксидативни систем одбране, укључујући антиоксидативне ензиме (SOD, CAT, POD) и неензиматске антиоксидансе, које могу да неутралишу штетно дејство ROS и штите биљку од оксидативног стреса (Gill & Tuteja, 2010; Anjum et al., 2015; Chen et al., 2015). Прајминг семена, поред тога што утиче на побољшање процеса током клијања, такође је укључен у специфичне механизме који побољшавају животну способност семена и помаже изданцима да се суоче са стресним условима, на тај начин што повећава активност антиоксиданаса (Hussain et al., 2016). Као резултат свега овога, код биљака долази до бољег пораста и акумулације биомасе.

У овим истраживањима резултати јасно показују да је хидропрајминг семена није довео до значајно веће акумулације свеже и суве масе надземног дела изданака, сем код хибрида NS 6030, што је у сагласности са резултатима истраживања Ćanak et al. (2016) спроведеним на кукурузу. Испитивани третман прајминга семена цинком позитивно је утицао на акумулацију свеже и суве биомасе корена код већине испитиваних хибрида у условима стреса ниских температура. Imran (2012) у својим истраживањима наводи да температуре испод 15 °C значајно редукују масу сувог корена код кукуруза, као и да је усвајање нутријената лимитирано. Цинк има улоге у директној стабилизацији мембрана, у биосинтези ауксина и гиберелина који су укључени у регулацију раста биљке и синтези протеина у целини (Imran, 2012). Такође, овај аутор наводи да ограничена количина цинка у условима ниске температуре може повећати оксидативна оштећења ћелија корена и изазвати поремећаје у расту биљака, који може бити ублажен суплементацијом помоћу прајминга семена. Као резултат прајминга семена цинком, долази до побољшаног раста и акумулације биомасе (Imran et al., 2013), што је у сагласности са резултатима приказаних истраживања код хибрида NS 4023. Jisha et al. (2013) наводе да је све више доказа да се у биљци након

прајминга активира одговор ћелијске одбране, који обезбеђује толеранцију у каснијем излагању биотским или абиотским стресовима у пољу.

6.3.3. Тест убрзаног старења

Тест убрзаног старења пружа веома значајне информације о потенцијалима складиштења, али и потенцијалима пољског ницања одређених партија семена и због тога, као такав, се често примењује. Генерално, мала брзина клијања, велика осетљивост семена и изданака на стресове током процеса клијања, успорен, мали или неправилан раст или мање развијен корен су типичне карактеристике семена са ниским физиолошким потенцијалом (Marcos-Filho, 2005). Семе мањег вигора има смањену брзину и проценат клијања, почетни раст, површину листа и смањену акумулацију суве биомасе (Schuch et al., 2000). С обзиром да семе губи вигор пре него што изгуби клијавост, у оквиру ових истраживања било је веома битно испитати утицај испитиваних третмана на вигор семена кукуруза, како би се обезбедиле додатне информације о квалитету и могућности чувања семена након прајминга у дужем временском периоду.

Двоструки стресни услови теста убрзаног старења утицали су на смањење енергије клијања и клијавости испитиваних хибрида кукуруза. На основу приказаних резултата, јасно се уочава редукција енергије клијања хибрида NS 6030, NS 4023 и NS 3022 након примене испитиваних третмана, док је до значајног смањења клијавости семена и повећања удела атипичних изданака након испитиваних третмана дошло само код хибрида NS 4023. Хибрид NS 6030 је такође имао значајно већи проценат атипичних изданака након хидропрајминга и прајминга семена цинком. Varier et al. (2010) наводе да су високо вигорозне партије семена након прајминга угрожене, што је у сагласности са приказаним резултатима. Генерално, прајминг семена побољшава дуговечност семена малог вигора, док се код високо вигорозног семена дуговечност смањује (Basu, 1994; Pandita & Nagarajan, 2000). Такође, Varier et al. (2010) истичу да се као најчешћи узроци пропадања семена наводе оштећења мембрана и других субћелијских

компоненти, која су настала услед штетних слободних радикала произведених пероксидацијом незасићених и полинезасићених масних киселина мембране. Штетни слободни радикали се гасе или претварају у мање штетне продукте као што су водоник-пероксид или вода помоћу ензима „хватача“ слободних радикала и антиоксиданаса. Goel et al. (2003) у својим истраживањима спроведеним на памуку наводе да хидропрајминг одржава клијавост и одговарајуће активности бројних антиоксидативних ензима као што су пероксидаза, каталаза, аскорбат-пероксидаза, глутатион-редуктаза и супероксид-дизмутаза под вештачким условима старења. Резултати истраживања, спроведених на семену хибрида кукуруза NS 4030 и NS 3022, су у сагласности са истраживањима Goel et al. (2003). Ventura et al. (2012) наводе да поправка оштећења DNK, до које долази током старења семена, складиштења и рехидратације семена, требала би да се сматра најзначајнијим и драгоценим процесом, који се активира током прајминга семена, што указује на његове предности. Такође, прајминг семена индукује експресију гена и протеина који су неопходни за ћелијски деобу (Wojtyla et al., 2016b). И поред свих наведених предности технике прајминга, прајминг семена цинком је код теста убрзаног старења довео до смањења клијавости семена хибрида NS 4023. Овакви резултати се могу објаснити чињеницом да прајминг семена може имати позитивне резултате само у случајевима када штете на ћелијском нивоу нису неповратне (Butler et al., 2009). Kibinza et al. (2011) сматрају да семе које је неповратно оштећено, без обзира на период старења, не може бити опорављено прајмингом.

Испитивани третмани су довели до значајног смањења вигор индекса код хибрида NS 4023. Такође, хидропрајминг је довео до смањења вигор индекса код хибрида NS 3022. Значајно већи вигор индекс забележен је код хибрида NS 4030 након прајминга семена цинком. Позитивне резултате утицаја прајминга семена цинком на вигор индекс можемо објаснити чињеницом да је цинк укључен у многе биохемијске (метаболизам угљених хидрата, протеина, липида, нуклеинских киселина, триптофана) и физиолошке процесе (фотосинтеза, клијање, одржавање тургора ткива) (Stratu & Costica, 2015). Sakmak (2000) наводи да је цинк укључен у одржавање структурног интегритета и у контроли

пропусности биомембрана, као и у заштити ћелија од оштећења изазваног од стране реактивних кисеоничних врста.

Смањење дужине надземног дела изданака након хидропрајминга и прајминга семена цинком уочава се код хибрида NS 4023 и NS 3022. Позитиван утицај испитиваних третмана на пораст корена забележен је код хибрида NS 4030. Можемо закључити да је код семена након испитиваних третмана и стресних услова старења дошло до оштећења на које указују Kibinza et al. (2011).

Акумулација биомасе у овим истраживањима је варијала у зависности од третмана. Хидропрајминг у комбинацији са стресним условима теста убрзаног старења је довео до значајног смањења масе свежег и сувог надземног дела код већине испитиваних хибрида. У литератури се наводи да код високо вигорозних партија семена, након прајминга семена, долази до смањења животне способности стога што су овакве партије семена након прајминга у напредној физиолошкој фази, скоро у фази III, и самим тим су и подложнија пропадању (Varier et al., 2010). Powell et al. (2000) су у својим истраживањима опазили да хидропрајминг семена побољшава животну способност семена партија слабијег вигора, док редукује животну способност високо вигорозних партија семена, што је у сагласности са резултатима приказаних истраживања. Битно је навести да је прајминг семена цинком позитивно утицао на накупљање масе свежег и сувог надземног дела и корена изданака хибрида NS 4030. Још једном, ови резултати указују на укљученост цинка у многе физиолошке процесе током раног развоја биљке, као и његову укљученост у отпорност биљке према стресним условима (Farooq et al., 2012; Сакмак, 2010). Такође, утврђено је да прајминг семена цинком утиче на укупну производњу суве масе код житарица, као и на побољшање акумулације биомасе јечма (Slaton et al., 2001; Ajouri et al., 2004).

7. ЗАКЉУЧАК

На основу приказаних резултата истраживања и дискусије могу се извести следећи закључци:

Проучавани домаћи хибриди кукуруза се разликују у Zn-ефикасности, што је показано на основу концентрације цинка у листовима и раста биљака у хранљивим растворима у условима дефицита цинка. Хибриди NS 6030 и NS 4030 окарактерисани као Zn-ефикасни и NS 4023 и NS 3022 као Zn-неефикасни имали су добар пораст у двогодишњем пољском огледу на карбонатном земљишту са дефицитом и потенцијалним дефицитом цинка. Одсуство видљивих симптома дефицита цинка у почетном порасту биљака и високи приноси у контроли, нису потврдили резултате огледа у хранљивим растворима, што је највероватније резултат присуства различитих механизма Zn-ефикасности у биљкама када се гаје у хранљивим растворима и земљишту са дефицитом цинка.

Упркос забележеним значајним разликама између хибрида у концентрацији цинка у зрну, резултати не указују на велике генотипске разлике у ефикасности његове акумулације у зрну. Услови суше смањили су концентрацију цинка у зрну, што указује на потребу наводњавања усева за побољшање нутритивне вредности зрна кукуруза. Није утврђена значајна корелација између концентрације цинка и гвожђа у зрну. Због раније показане интеракције генотипа и спољашне средине која утиче на акумулацију цинка у зрну кукуруза, неопходна су молекуларна истраживања која могу да објасне механизме који је регулишу.

Показан је значај цинка за почетни пораст кукуруза, јер је прајмингом семена цинком значајно побољшан за сва четири хибрида гајених на локалитету Панчево, где је земљиште јако карбонатно. Негативан ефекат хидропрајминга на почетни пораст неких хибрида није забележен за висину биљака и принос зрна. Сви примењени третмани повећали су принос зрна, али је њихов утицај на хибриде био различит у две сезоне и очигледно је зависио од општег пораста биљака у контрастним условима одређеним великим разликама у количини падавина. Поред побољшаног почетног пораста, третмани су дали дуже клипове,

већи број зрна и већу масу 1000 зрна. Повећање приноса зрна и до 24% указује да прајминг семена непосредно пре сетве представља једноставну методу која без ризика може да се примењује у производној пракси кукуруза, као и фолијарна примена цинка на карбонатном земљишту дефицитарном и потенцијално дефицитарном у доступном цинку. Значајно већи принос добијен прајмингом цинком у односу на хидропрајминг у другој години истраживања потврдио је значај цинка у исхрани кукуруза. Повећање концентрације цинка у зрну у свим третманима у односу на контролу може се објаснити бољим порастом биљака, што је највероватније допринело повећању усвајања цинка из земљишта. Код неких хибрида, забележено је тзв. разблажење приноса са његовим порастом, што је био случај и са концентрацијом протеина у зрну. Генотипске разлике између хибрида у одговору на примењене третмане треба да буду предмет будућих истраживања која се односе на физиолошке процесе у биљкама на пољу.

Иако је код неких хибрида прајмингом семена побољшано ницање у пољу, тест убрзаног старења указује да складиштење семена након прајминга може да има негативан утицај на клијање и ницање у пољу. Генотипске разлике у квалитету и животној способности семена третираног водом и цинком у различитим условима такође треба да буду предмет даљег проучавања са аспекта физиологије семена, процеса хидратације и локализације цинка у семену.

8. ЛІТЕРАТУРА

- Abdul-Baki, A., Anderson, J. D. (1973): Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.* 13: 630-633.
- Aboutalebian, M. A., Ekbatani, G. Z., Sepehri, A. (2012): Effects of on-farm seed priming with zinc sulfate and urea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rain fed wheat cultivars. *Ann. Biol. Res.* 3(10): 4790-4796.
- Ahammad, K.U., Rahman, M. M., Ali, M. R. (2014): Effect of hydropriming method on maize (*Zea mays*) seedling emergence. *Bangladesh J. Agric. Res.* 39(1): 143-150.
- Ajouri, H., Asgedom, H., Becker, M. (2004): Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 630-636.
- Aktas, H.K., Abak, L., Ozturk, L., Cakmak, T. (2006): Effect of zinc on growth and shoot concentrations of sodium and potassium in pepper plants under salinity stress, *Turk. J. Agric. Far.*, 30: 407-411.
- Akinwale, R., Adewopo, O. (2016): Grain iron and zinc concentrations and their relationship with selected agronomic traits in early and extra-early maize. *J. Crop Im.* 6: 641-656.
- Alloway, B. J., Tills, A. R. (1984): Copper deficiency in world crops. *Outlook Agric.* 13: 32-42.
- Alloway, B. J. (1995): *Heavy metals in soils*, 2nd ed. London, UK: Blackie Academic & Professional.
- Alloway, B. J. (2008a): *Zinc in soils and crop nutrition*. Online book published by the International Zinc Association, Brussels, Belgium.
- Alloway, B. J. (2008b): *Micronutrient deficiency in global crop production*. Springer Netherlands, ISBN 978-1-4020-6860-7.
- Alloway, B. J. (2009): Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environ. Geochem. Heal.* 31: 537-548

- Ambler, J .E., Brown, J. C. (1969): Cause of differential susceptibility to Zn deficiency in two varieties of navy beans. *Agron. J.* 61: 41–43.
- Anjum, S. A., Tanveer, M., Hussain, S., Bao, M., Wang, L., Khan, I. et al. (2015): Cadmium toxicity in maize (*Zea mays* L.): consequences on antioxidative system, reactive oxygen species and cadmium accumulation. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22: 17022-17030.
- Angelone, M., Bini, C. (1992): Trace elements concentrations in soil and plants of Western Europe. Chapter 2. In: D C Adriano (ed.). *Biogeochemistry of Trace Elements*. Lewis Publisher, Boca Raton.
- Ansari, O., Zadeh, F. S. (2012): Osmo and hydropriming mediated germination improvement under cold stress conditions in mountain rye (*Secale montanum*). *Agron. Res. Moldavia* 95: 53-62.
- Arif, M., Ali, S., Shah, A., Javid, N., Rashid, A. (2005): Seed priming maize for improving emergence and seedling growth. *Sarhad. J. Agric.* 21 (4): 539-543.
- Arshad, I., Ali, W. (2016): Effect of foliar application of zinc on growth and yield of guava (*Psidium guajava* L.). *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J.* 1(1): 19-22.
- Arya, K.C., Singh, S.N. (2001): Productivity of maize as influenced by different levels of phosphorus, zinc and irrigation. *Indian J. Agric. Sci.* 71: 57-59.
- Asgedom, H., Becker., M. (2001): Effects of seed priming with nutrient solutions on germination, seedling growth and weed competitiveness of cereals in Eritrea, in proc. Deutscher Tropentag, Univ. of Bonn & ATSAF, Margraf Pub. Press, Weickersheim., pp. 282.
- Asgharipour, M. R., Azizmoghaddam, H. R. (2012): Effect of raw and diluted municipal sewage effluent with micronutrient foliar sprays on the growth and nutrient concentration of foxtail millet in southeast Iran. *Saudi J. Bio. Sci.* 19-441-449.
- Asha, L., Chidanandappa, H. M., Veeranagappa, P., Punith Raj, T. S. (2012): Effect of different methods of zinc application on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Asian J. Soil Sci.* 7(2): 253-256.

- Ashraf, M., Foolad, M. R. (2005): Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and non-saline conditions. *Adv. Agron.* 88: 223-271.
- Asif, M., Saleem, M. F., Anjum, S. A., Wahid, M. A., Bilal, M. F. (2013): Effect of nitrogen and zinc sulphate on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *J. Agric. Res.* 51(4): 455-464.
- Babaeva, E.Y., Volobueva, V. F., Yagodin, B. A., Klimakhin, G. J. (1999): Sowing quality and productivity of *Echinacea purpurea* in relation to soaking the seed in manganese and zinc solution. *Izvestiya Timiryazevskoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii* 4: 73-80.
- Bagci, S. A., Ekiz, H., Yilmaz, A., Cakmak, I. (2007): Effect of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in Central Anatolia. *J. Agron. Crop Sci.* 193: 198-206.
- Bänziger, M., Long, J. (2000): The potential for increasing the iron and zinc density of maize through plant-breeding. *Food Nutr. Bull.* 21: 397-400.
- Barber, S. A. (1995): *Soil nutrient bioavailability*, 2nd edn. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Basra, S. M. A., Zia, M. N., Mehmood, T., Afzal, I., Khaliq, A. (2002): Comparison of different invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. *Pak. J. Arid. Agric.* 5: 11-16.
- Basu, R. N. (1994): An appraisal of research on wet and dry physiological seed treatments and their applicability with special reference to tropical and subtropical countries. *Seed Sci. Technol.* 22: 107-126.
- Bedi, S., Basra, A. S. (1993): Chilli injury in germinated seeds: basic mechanisms and agricultural implications. *Seed Sci. Res.* 3: 219-229.
- Begum, N., Gul, H., Hamayun, M., Rahman, I. U., Sohail, F. I., Iqbar, Z., Afzal, A., Ullah, A., Karim, S. (2014): Influence of seed priming with ZnSO₄ and CuSO₄ on germination and seedling growth of *Brassica rapa* under NaCl stress. *Middle-East J. Sci. Res.* 22(6): 879-885.
- Bewley, J. D. (1997): Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* 9: 1055-1066

- Bewley, J. D., Black, M. (1978): Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. In: Development, germination and growth, vol.1, Springer-Verlag, New York, NY, USA, pp 305-375.
- Bouis, H. E., Chassy, B. M., Ochanda, O. (2003): Genetically modified food crops and their contribution to human nutrition and food quality. Trends Food Sci.Technol. 14: 191–209.
- Bouis H. E., Welch R. M. (2010): Biofortification – a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the global South. Crop Sci. 50, S20–S3210.2135/cropsci2009.09.0531
- Bray, C. M. (1995): Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: J.Kigel and G. Galili (eds.) Seed development and germination. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA, pp 767-789.
- Brkić, D., Šimić, Z., Zdunić, A., Jambrović, T., Ledenčan, V., Kovačević, Kadar, I. (2004): Genotypic variability of micronutrient element concentrations in maize kernels Cereal Research Communications, 32 (2004), pp. 107–112.
- Broadley, M., Brown, P. I. C., Rengel, Z., Zhao, F. (2012): Function of nutrients: micronutrients. In: P. Marschner (ed.). Marschner's mineral nutrition of higher plants, Elsevier, Amsterdam.
- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., Lux, A. (2007): Zinc in plants. New Phytologist 173: 677-702.
- Brocklehurst, P. A., Dearman, J. (1983): Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrots, celery and onion. Ann. Appl. Biol. 102: 577-584.
- Brocklehurst P. A., Dearman J. (2008): Interaction between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion II. Seedling emergence and plant growth. Ann. Appl. Biol. 102: 583–593.
- Brown J. C., McDaniel M. E. (1978): Factors associated with differential response of two oat cultivars to zinc and copper stress. Crop Sci. 18: 817-820.
- Brown, J. C. (1979): role of calcium in micronutrient stresses of plants. Commun Soil Sci. Plant Anal. 10: 459-472
- Butler, L. H., Hay, F. R., Ellis, R. H., Smith, R. D., Murray, T. B. (2009): Priming and re-drying improve survival of mature seeds of *Digitalis purpurea* during storage. Ann. Bot. 103: 1261-1270.

- Cakmak, I., Gulut, K. Y., Marschner, H., Graham, R. D. (1994): Effect of zinc and iron deficiency on phytosiderophore release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. *J. Plant Nutr.* 17: 1–17.
- Cakmak, I., Ekiz, H., Yilmaz, A. (1997): Differential response of rye, triticale, bread wheat and durum wheat to zinc deficiency in calcareous soils. *Plant Soil* 188(1): 1-10.
- Cakmak, I., B. Torun, B. Erenoglu, L. Ozturk, H. Marschner, M. Kalayci, H. Ekiz and A. Yilmaz. (1998): Morphological and physiological differences in the response of cereals to zinc deficiency. *Euphytica* 100(1-3): 349-357
- Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H. J., Yilmaz, A. (1999): Zinc deficiency as an actual problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-Science for Stability Project. *Field Crop Res.* 60: 175-188.
- Cakmak, I. (2000): Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytol.* 173: 185-205.
- Cakmak, I. (2002): Plant nutrition research: priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant Soil* 247: 3–24.
- Cakmak, I., Torun, A., Millet, E., Feldman, M., Fahima, T., Korol, A., Nevo, E., Braun, H. J., Özkan, H. (2004): *Triticum dicoccoides*: an important genetic resource for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50: 1047- 1054.
- Cakmak, I. (2008): Enrichment of cereal grain with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil* 302: 1-17.
- Cakmak, I., Kalayci, M., Kaya, Y., Torun, A.A., Aydin, N., Wang, Y., Arisoy, Z., Erdem, H., Yazici, A., Gokmen, O.L.O., Horst, W.J. (2010a): Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *J. Agric. Food Chem.* 58: 9092–9102.
- Cakmak, I., Pfeiffer, W.H., McClafferty, B. (2010b): Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal Chem.* 87: 10–20.
- Cal, J. P., Obendorf, R. L. (1972): Imbibitional injury in *Zea mays* L. altered by initial kernel moisture and maternal parent. *Crop Sci.* 12: 369-373.
- Carolina, A., Vasconcelos, F. D., Williams, C., Nascimento, A., Fernando, F. C. F. (2011): Distribution of zinc in maize plants as a function of soil and foliar Zn supply. *Int. J. Agr. Sci.* 1(1): 1-5.

- Chaney, R. L. (1984): Diagnostic practices to identify iron deficiency in higher plants. *J. Plant Nutr.* 7: 47-67.
- Chen, K., Fessehaie, A., Arora, R. (2012): Dehydrin metabolism is altered during seed osmopriming and subsequent germination under chilling and desiccation in *Spinacia oleracea* L. cv. Bloomsdale: possible role in stress tolerance. *Plant Sci.* 183: 27-36
- Chen, K., Arora, R. (2013): Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environ. Exp. Bot.* 94: 33-45.
- Chen, W., Guo, C., Hussain, S., Zhu, B., Deng, F., Xue, Y. et al. (2015): Role of xylo-oligosaccharides in protection against salinity-induced adversities in Chinese cabbage. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23: 1254-1264.
- Chiu, K. Y., Chen, C. L., Sung, J. M. (2002): Effect of priming temperature on storability of primed sh-2 sweet corn seed. *Crop Sci.* 42: 1996–200.
- Clark R.B. (1978): Differential response of maize inbreds to Zn. *Agron J.* 70: 1057-1060.
- Coleman, J. E. (1998): Zinc enzymes. *Curr. Opin. Chem. Biol.* 2: 222–234.
- Cumbus, L. p. (1985): Development of wheat roots under zinc deficiency. *Plant Soil* 83: 313-316.
- Čanak, P., Miroslavljević, M., Ćirić, M., Kešelj, J., Vujošević, B., Stanisavljević, D., Mitrović, B. (2016): Effect of seed priming on seed vigor and early seedling growth in maize under optimal nad suboptimal conditions. *Selekcija Semearstvo* 22: 17-25.
- Daniel, I. O., Adeniyani, O. N., Adetumbi, J. A., Okelana, M. A., Olakojo, S. A., Ajala, M. O., Aluko, O. A., Adekoya, M. A. (2012): Hydro-priming improved germination and vigour of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) seeds. *J. Food Agric. Environ.* 10(2): 760-763.
- Disante, K. B., Fuentes, D., Cortina, J. (2010): Response to drought of Zn-stressed *Quercus suber* L. seedlings. *Environ. Exp. Bot.* 70:96–103
- Edwards, L. M., Sodler, J. M. (1992): Growth vigor at some crop species and cultivars when fall seeded as winter cover in the Atlantic region of Canada. *Can. J. Plant Sci.* 72: 421-429.

- Egner, H., Riehm, H., Domingo W. R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor und Kaliumbestimmung. Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler, vol 26.
- Ehsanullah, T. A., Randhawa, M. A., Anjum, S. A., Nadeem, M., Naeem, M. (2015). Exploring the role of zinc in maize (*Zea mays* L.) through soil and foliar application. *Univers. J. Agric. Res.* 3(3): 69-75.
- 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 soils. *J. Plant Nutr.* 21: 2245-2256.
- Erenoglu, B., Cakmak, I., Marschner, H., Römheld, V., Eker, S., Daghan, H., Kalayci, M., Ekiz, H. (1996): Phytosiderophore release does not correlate well with zinc efficiency in different bread wheat genotypes. *J. Plant Nutr.* 19: 1569–1580.
- Erenoglu, B., Cakmak, I., Romheld, V., Derici, R., Rengel, Z. (1999): Uptake of zinc by rye, bread wheat and durum wheat cultivars differing in zinc efficiency. *Plant Soil* 209: 245–252.
- Erenoglu, B., Nikolic, M., Römheld, V., Cakmak, I. (2002): Uptake and transport of foliar applied zinc (^{65}Zn) in bread and durum wheat cultivars differing in zinc efficiency. *Plant Soil* 241: 251. doi:10.1023/A:1016148925918
- Erenoglu, E. B., Kutman, U. B., Ceylon, Y., Yildiz, B., Cakmak, I. (2010): Improved nitrogen nutrition enhances root uptake, root to shoot translocation and remobilization of zinc (^{65}Zn) in wheat. *New Phytol.* 189: 438-448.
- Erenoglu, B., Nikolic, M., Romheld, V., Cakmak, I. (2002): Uptake and transport of foliar applied zinc (^{65}Zn) in bread and durum wheat cultivars differing in zinc efficiency. *Plant Soil* 241: 25–57.
- Fahad, S., Hussain, S., Saud, S., Hassan, S., Shan, D., Chen, Y., Deng, N., Khan, F., Wu, C., Wu, W., Shah, F., Ullah, B., Yousaf, M., Ali, S., Huang, J. (2015): Grain cadmium and zinc concentrations in maize influenced by genotypic variations and zinc fertilization. *CLEAN Soil Air Water* 43: 1433–1440.

- Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid, A. (2006): Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. *Plant Growth Regul.* 49: 285-294.
- Farooq, M. A., Wahid, A., Basra, S. M. A., Siddique, K. H. M. (2010): Improving crop resilience to abiotic stresses through seed invigoration. In: M. Pessarakli (ed.). *Handbook of Plant and Crop Stress*, 3rd edn, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, USA, pp. 1031-1050.
- Farooq, M., Wahid, A., Siddique, K. H. M. (2012): Micronutrient application through seed treatments – a review. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 12(1): 125-142.
- Fernández, V., Sotiropoulos, T., Brown, P. (2013): *Foliar fertilization: scientific principles and field practices*. Paris: International Fertilizer Association.
- Foreign Agricultural Service (2016): United States Department of Agriculture, USDA.
- Foti, R., Abureni, K., Tigere, A., Gotosa, J., Gere J. (2008): The efficacy of different seed priming osmotica on the establishment of maize (*Zea mays* L.) caryopses. *J. Arid Environ.* 72: 1127- 1130.
- Furlani, A. M. C., Furlani, P. R., Meda, A. R., Duarte, A. P. (2005): Efficiency of maize cultivars for zinc uptake and use. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 62(3): 264-273.
- Genc, Y., McDonald, G. K., Graham, R. D. (2002): A soil-based method to screen for zinc efficiency in seedlings and its ability to predict yield responses to zinc deficiency in mature plants. *Aust. J. Agric. Res.* 53: 409–421.
- Genc, Y., Humphries, J. M., Lyons, G. H., Graham, R. D. (2005) Exploiting genotypic variation in plant nutrient accumulation to alleviate micronutrient deficiency in populations. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 18: 319–324.
- Genc, Y., Huang, C. Y., Langridge, P. (2007): A study of the role of root morphological traits in growth of barley in zinc-deficient soil. *J. Exp. Bot.* 58: 2775–2784.
- Ghamery, A.A., El-Kholy, M.A., El-Yousser, M.A., (2003). Evaluation of cytological effects of Zn²⁺ in relation to germination and root growth of *Nigella sativa* L. and *Triticum aestivum* L. *Mutat. Res.* 537: 29-41.
- Ghasemi, S., Khoshgoftarmanesh, A. H., Afyuni, M., Hadadzadeh, H. (2013): The effectiveness of foliar applications of synthesized zinc-amino acid chelates in

- comparison with zinc sulfate to increase yield and grain nutritional quality of wheat. *Eur. J. Agric.* 45: 68–74.
- Ghassemi-Golezani, K., Sheikzadeh-Mosadegh, P., Valizadeh, M. (2008): Effects of hydropriming duration and limited duration on field performance of chick pea. *Res. J. Seed Sci.* 1: 34-40.
- Gibson, R. S. (2006): Zinc: the missing link in combating micronutrient malnutrition in developing countries. *Proc Nutr Soc.* 65(1): 51-60.
- Gibson, R. S. (2012): Zinc deficiency and human health: etiology, health consequences, and future solutions. *Plant Soil* 361: 291-299.
- Gill, S. S., Tuteja, N. (2010): Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.* 48: 909-930.
- Girolamo, G. D., Barbanti, L. (2012): Treatments conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. *Italian J, Agron.* 7(25): 178-188.
- Goel, A., Goel, A. K., Singh, S. I. (2003): Change in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. *J. Plant Physiol.* 160: 1093-1100.
- Gorny, A., Uterman, J., Eckelmann, W. (2000): Germany: in heavy metals (trace elements) and organic matter contents of European soils. European Commission. CEN Soil Team N 30. Secretariat, Netherlands Normalisatie-institute (NEN) Deift, The Netherlands.
- Graham, R. D., Ascher, J. S., Hynes, S. C. (1992): Selecting Zn-efficient cereal genotypes for soil of low zinc status. *Plant Soil* 146: 241-250.
- Graham, D., Rengel, Z. (1993): Genotypic variation in zinc uptake and utilization by plants. In Proceedings of the International Symposium on 'Zinc in Soils and Plants' held at The University of Western Australia, 27–28 September, pp.107-118.
- 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. et al. (2007): Nutritious subsistence food systems. *Adv. Agron.* 92: 1–74.
- Grewal, H. S., Williams, R. (1999): Alfalfa genotypes differ in their ability to tolerate zinc deficiency. *Plant Soil* 214(1): 39-48.

- Grzebisz, W., Wrońska, M., Diatta, J. B., Dullin, P. (2008): Effect of zinc foliar application at early stages of maize growth on patterns of nutrients and dry matter accumulation by the canopy. Part I. Zinc uptake patterns and its redistribution among maize organs. *J. Elem.* 13: 17–28.
- Guerinot, M. L. (2000): The ZIP family of metal transporter. *Biochim. Biophys. Acta* 1465(1): 190-198.
- Gupta, A., Dadlani, M., Arun Kumar, M. B., Roy, M., Naseem, M., Choudhary, V. K., Maiti, R. K. (2008): Seed Priming: the aftermath. *Int. J. Agric. Environ. Biotechnol.* 19: 581-590
- Gurusinghe, S., Bradford, K. J. (2001): Galactosyl-sucrose oligosaccharides and potential longevity of primed seed. *Seed Sci. Res.* 11:121-133.
- Hacisalihoglu, G., Kochian, L. V. (2003): How do some plants tolerate low levels of soil zinc? Mechanisms of zinc efficiency in crop plants. *New Phytol.* 159: 341-350.
- Hacisalihoglu, G., Ozturk, L., Cakmak, I., Welch, R. M., Kochian, L. V. (2004): Genotypic variation in common bean in response to zinc deficiency in calcareous soil. *Plant Soil* 259: 71-83.
- Hampton, J. G., TeKrony, D. M. (1995): *Handbook of Vigour Test Methods*, 3rd Edition. International Seed Testing Association.
- Harris, D. (1996): The effects of manure, genotype, seed priming, depth and date of sowing on the emergence and early growth of *Sorghum bicolor* (L.) Moench in semi-arid Botswana. *Soil Till. Res.* 40: 73-88.
- Harris, D., Joshi, A., Khan, P. A., Gothakar, P., Sodhi, P. S. (1999): On-farm seed priming in semi-arid agriculture: Development and evaluation in corn, rice and chickpea in India using participatory method. *Exp. Agric.* 35: 15-29.
- Harris, D., Raghuvanshi, B. S. Gangwar, J. S., Singh, S. C., Joshi, K. D., Rashid, A., Hollington, P.A. (2001): Participatory evaluation by farmers of on-farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. *Exp. Agric.* 37 (3): 403-415.
- Harris, D., Rashid, A., Hollington, P. A., Jasi, L., Riches, C. (2002): Prospects of improving maize yields with ‘on-farm’ seed priming. In: N. P. Rajbhandari, J. K. Ransom, K. Adikhari, R. A. F. E. Palme (eds.). *Sustainable Maize*

- Production Systems for Nepal: Proceedings of aMaize Symposium held, Kathmandu, Nepal, December 3–5, 2001. NARC and CIMMYT, pp.180–185.
- Harris, D., Rashid, A., Arif, M., Yunas, M. (2004): Alleviating micronutrient deficiencies in alkaline soils of North West Frontier Province of Pakistan: on-farm seed priming with zinc in wheat and chickpea. In International Workshop on Agricultural Strategies to Reduce Micronutrient Problems in Mountains and Other Marginal Areas in South and South East Asia. Kathmandu, September 8-10, 2004. Nepal Agricultural Research Council.
- Harris, D., Breese, W. A., Rao, J. V. D. K. (2005): The improvement of crop yield in marginal environments using on farm seed priming: nodulation, nitrogen fixation, and disease resistance. *Aust. J. Agric. Res.* 56: 1211-1218.
- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., Shah, H. (2007): On-farm seed priming with zinc sulphate solution – A cost effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. *Field Crop Res.* 10: 119-127.
- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., Yunas, M. (2008): 'On-farm' seed priming with zinc in chickpea and wheat in Pakistan. *Plant Soil* 306(1): 3-10.
- Hadžić, V., Belić, M., Nešić, Lj. (2004): Praktikum iz pedologije. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Hänsch, R., Mendel, R.R. (2009): Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Curr. Opin. Plant Biol.* 12, 259–266
- Heydecker, W (1973): Germination of an idea: the priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture Report 50–67.
- Hoffland, E., Wei, C., Wissuwa, M. (2006): Organic anion exudation by lowland rice (*Oryza sativa* L.) at zinc and phosphorus deficiency. *Plant Soil* 283: 155–162
- Hola, D., Langrova, K., Rothova, O. (2003): Photosynthetic parameters of maize (*Zea mays* L.) inbred lines and F-1 hybrids: their different response to, and recovery from rapid gradual onset of low-temperature stress. *Photosynthetica*, 41: 419-442.
- Hopkins, B. G., Whitney, D. K., Lamond, R. E., Jolley, V. D. (2008): Phytosiderophore release by sorghum, wheat and corn under zinc deficiency. *J. Plant Nutr.* 21: 2623-2637.

- Hossain, M. A., Jahiruddin, M., Islam, M. R., Mian, M. H. (2008): The requirement of zinc for improvement of crop yield and mineral nutrition in the maize-mungbean-rice system. *Plant Soil* 306:13–22
- Hussain, S., Zheng, M., Khan, F., Khaliq, A., Fahad, S., Peng, S., Huang, J., Cui, K., Nie, L. (2015): Benefits of rice seed priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. *Sci. Rep.*, pp. 1-12. doi: 10.1038/srep08101,
- Hussain, S., Khan, F., Hussain, H. A., Nie, L. (2016): Physiological and biochemical mechanisms of seed priming-induced chilling tolerance in rice cultivars. *Front. Plant Sci.* 7(116): 1-14. doi: 10.3389/fpls.2016.00116.
- Ibrahim, N. D., Z. Bhadmus, Z., Singh, A. (2013): Hydro-priming and re-drying effects on germination, emergence and growth of upland rice (*Oryza sativa* L.) Nig. J. Basic Appl. Sci. 21(2): 157-164.
- Impa, S. M., Johnson-Beebout, S. E. (2012): Mitigating zinc deficiency and achieving high grain zinc in rice through integration of soil chemistry and plant physiology research. *Plant Soil* 361: 3-41.
- Imran, M., Neumann, G., Römheld, V. (2008): Nutrinet seed priming improves germination and seedling growth under submergence stress at low temperature. Conference: „Competition for Resources in a Changing World: New Drive for Rural Development“. Tropentag, October 7-9, 2008, Hohenheim.
- Imran, M. (2012): Nutrient seed priming improves abiotic stress tolerance in *Zea mays* L. and *Glycine max* L. Doctoral Dissertation, University of Hohenheim, Faculty of Agricultural Sciences, Germany.
- Imran, M., Mahmood, A., Römheld, V., Neumann, G. (2013): Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. *Europ. J. Agron.* 49:141-148.
- Imran, M., Rehim, A., Sarwar, N., Hussain, S. (2015): Zinc bioavailability in maize grains in response of phosphorous-zinc interaction *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 000: 1–7.
- Imtiaz, M., Alloway, B. J., Shah, K. H., Siddiqui, S. H., Memon, M. Y., Aslam, M., Khan, P. (2003): Zinc nutrition of wheat: II: Interaction of zinc with other trace elements. *Asian J. Plant Sci.* 2: 156-160.

- ISTA (1976): International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Switzerland.
- ISTA (2011): International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Switzerland.
- ISTA (2015): International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Switzerland.
- Jaffar, M. Z., Farooq, M., Cheema, M. A., Afzal, T., Basra, S. M. A., Wahid, M. A., Aziz, T., Shahid, M. (2012): Improving the performance of wheat by seed priming under saline conditions. *Agron. Sci.* 198: 38-45.
- Jisha, K. C., Vijayakumari, K., Puthur, J. T. (2013): Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. *Acta Physiol. Plant.* 35: 1381-1396.
- Kalayci, M., Torun, B., Eker, S., Aydin, M., Ozturk, L., Cakmak, I. (1999): Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat genotypes grown in a zinc-deficient calcareous soil in field and greenhouse. *Field Crops Res* 63: 87-89.
- Karagić, Đ., Katić, S., Mihailović, V., Vujaković, M. (2001): Semenski kvaliteti domaćih sorti lucerke. *Ratar. Povrt.* 35: 367-379.
- Karim, M. D., Zhang, Y. Q., Tian, D., Chen, F. J., Zhang, F. S., Zou, C. Q. (2012): Genotypic differences in zinc efficiency of Chinese maize evaluated in a pot experiment. *J. Sci. Food Agric.* 92: 2552-2559.
- Kasper, T. C., Bland, W. I. (1992): Soil temperature and root growth. *Soil Sci.* 154: 290-299.
- Kastori, R. (1998): *Fiziologija biljaka*. Feljton, Novi Sad.
- Khan, H. R., McDonald, G. K., Rengel, Z. (1998): Chickpea genotypes differ in their sensitivity to Zn deficiency. *Plant Soil* 198: 11-18.
- Khan H. R., McDonald G. K., Rengel Z. (2004): Zinc fertilization and water stress affects plant water relations, stomatal conductance and osmotic adjustment in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant Soil* 267: 271-284.
- Khan, M. A., Din, J., Nasreen, S., Khan, M.Y., Khan, S.U., Gurmani, A.R. (2009): Response of sunflower to different levels of zinc and iron under irrigated conditions. *Sarhad J. Agric.*, 25: 159-163.

- Kibinza, S., Bazin, J., Bailly, C., Farrant, J. M., Corbineau, F., El-Maarouf-Bouteau, H. (2011): Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. *Plant Sci.* 181: 309-315.
- Kibite, S., Harker, K. N. (1991): Effects of seed hydration on agronomic performances of wheat, barley and oats in central Alberta. *Can. J. Plant Sci.* 71: 515-518.
- Kirk, G. J. D., Bajita, J. B. (1995): Root-induced iron oxidation, pH Changes and zinc solubilisation in the rhizosphere of lowland rice. *New Phytol.* 131: 129-137.
- Kochian, L. V. (1991): Mechanism of micronutrient uptake and translocation in plants. In: J J Mortvedt (ed.) *Micronutrient in Agriculture*. Soil Sci Soc, Am. Book Series No.4, Madison, WI, pp. 229-296.
- Koehler, K. H., Voigt, B., Spittler, H., Schelenz, M. (1997): Biochemical events after priming and priming of seed. In: R. H. Ellis, M. Black; A. J. Murdoch, T.D. Hong (eds.). *Basic and Applied Aspects of Seed Biology*, Proc. 5th Int. Workshop on Seeds Reading, pp. 531-536.
- Kubala, S., Garnczarska, M., Wojtyła, L., Clippe, A., Kosmala, A., Żmieńko, A. (2015): Deciphering priming-induced improvement of rapeseed (*Brassica napus* L.) germination through an integrated transcriptomic and proteomic approach. *Plant Sci.* 183: 1-12.
- Lekić, S. (2003): *Životna sposobnost semena*. Društvo selekcionara i semenara Srbije (Beograd: Janus), Beograd.
- Leubner, G. (2006): *The Seed Biology Place*. <http://www.seedbiology.de/seedtechnology.asp> – visited 5th May 2016
- Lindsay, W. L., Norvell, W. A. (1978): Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:421–428
- Liu, H. X., Zhang, H. M., Wang, D. X. (2004): Study on yield increasing effect on summer maize nitrogen, zinc complex. *J. Jilin Agric. Univ.* 26: 538-541.
- Liu, H., Gan, W., Rengel, Z., Zhao, P. (2016): Effects of zinc fertilizer rate and application method on photosynthetic characteristics and grain yield of summer maize. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 16(2): 550-562.
- Liu, Z., Zhu, Q. Q., Tang, L. H., Xu, J. X., Yin, C. L. (1982): Geographical distribution of trace elements deficient soils in china. *Acta Pedol. Sin.* 19: 209–223.

- Loneragan, J. F., Webb, M. J. (1993): Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. Chapter 9. In: A. D. Robson (ed.). Zinc in soils and plants. Kluwer Academic Press, Dordrecht, pp. 119-134.
- Long, J. K., Banziger, M., Smith, M. E. (2004): Diallel analysis of grain iron and zinc density in Southern African-adapted maize inbreds. *Crop Sci.* 44: 2019–2026.
- López-Millán, A. F., Ellis, D. R., Grusak. M. A. (2005): Effect of zinc and manganese supply on the activities of superoxide dismutase and carbonic anhydrase in *Medicago truncatula* wild type and *raz* mutant plants. *Plant Sci.* 168: 1015–1022.
- Mabesa, R. L., Impa, S. M., Grewal, S., Johnson-Beebout, S. E. (2013): Contrasting grain-Zn response of biofortification rice (*Oryza sativa* L.) breeding lines to foliar Zn application. *Field Crops Res.* 149: 223–233 10.1016/j.fcr.2013.05.012.
- Mabhaudhi, T., Modi, A. T. (2011): Can hydro-priming improve germination speed, vigour and emergence of maize landraces under water stress? *J. Agric. Sci. Technol. B* 1: 20-28.
- Malhi, S. S. (2009): Effectiveness of seed-soaked Cu, autumn- versus spring-applied Cu, and Cu-treated P fertilizer on seed yield of wheat and residual nitrate-N for a Cu-deficient soil. *Can. J. Plant Sci.* 89: 1017–1030.
- Malnassy, P. G. (1971): Physiological and biochemical studies on a treatment hastening the germination of seeds at low temperatures. Ph. D. thesis, Rutgers University, New Brunswick, N. J.
- Manojlović, M., Singh, R. B. (2012): Trace elements in soils and food chains of the Balkan region. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci.* 62: 673-695.
- Mao, H., Wang, J., Wang, Z., Zan, Y., Lyons, G., Zou, C. (2014): Using agronomic biofortification to boost zinc, selenium, and iodine concentrations of food crops grown on the loess plateau in China. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 14: 459-470.
- Marcos-Filho, J. (2005): *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piaticaba: Fealq, pp. 495.
- Marcos-Filho, J. (2015): Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Sci. Agric.* 72(4): 363-374.
- Marschner, H. (1993): Zinc uptake from soils. Chapter 5. In: A D Robson (ed.) Zinc in soils and plants. Kluwer Academic Press, Dordrecht, pp. 59-78.

- Matsushima, K. I., Sakagami, J. I. (2013): Effects of hydropriming on germination and seedling vigour during emergence of rice under different soil moisture conditions. *Am. J. Plant Sci.* 4: 1584-1593.
- Mattiello, E. M., Ruiz, H. A., Neves, J. C. L., Ventrella, M. C., Araújo, W. L. (2015): Zinc deficiency affects physiological and anatomical characteristics in maize leaves. *J. Plant Physiol.* 183, 138-143.
- Mazé, P. (1915): Détermination des éléments minéraux rares nécessaires au développement du maïs. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de L'académie des Sciences* 160: 211–214.
- Maziya-Dixon, B., Kling, J. G., Menkir, A., Dixon, A. (2000): Genetic variation in total carotene, iron, and zinc contents of maize and cassava genotypes. *Food Nutr. Bull.* 21: 419–422.
- Melkonian, J., Yu, L. X., Setter, T. L. (2004): Chilling response of maize (*Zea mays* L.) seedlings: root hydraulic conductance, abscisic acid and stomatal conductance. *J. Exp. Bot.* 55: 1751-1760.
- Menkir, A. (2008): Genetic variation for grain mineral content in tropical-adapted maize inbred lines. *Food Chem.* 110: 454–464.
- McDonald, M. B., Copeland, L. (1997): Seed production: principles and practices. Chapman and Hall, New York, pp. 1-249.
- McDonald, M. B. (2000): Seed priming. In: M. Black, J. D. Bewley (eds.). *Seed technology and its biological basis*. Sheffield Academic Press, Sheffield, pp. 287-325.
- McKerise, B. D., Tomes, D. T. (1982): a comparison of seed quality and seedling vigour in Birdfoot trefoil. *Crop Sci.* 22: 1239-1241.
- Milić, S. (2016): Distribucija i oblici fosfora u karbonatnom černozeu u zavisnosti od sistema gajenja kukuruza. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Milošević, M., Ćirović, M. (1994): Seme. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Milošević, M., Ćirović, M., Mihaljev, I., Dokić, P. (1996): Opšte semenarstvo. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Milošević, M., Zlokolica, M. (1996): Vigor semena. *Selekcija i semenarstvo* 3 (1-2): 33-42.

- Milošević, M., Ivanović, D., Milivojević, M., Vujaković, M. (2007): Towards the standardization of seed testing. *Maydica* 52: 335-341.
- Milošević, M., Vujaković, M., Karagić, Đ. (2010): Vigour tests as indicator of seed viability. *Genetika* 42(1): 103-118.
- Mir-Mahmoodi, T., Golezani, K. G., Habibi, D., Paknezhad, F., Ardekani, M. R. (2011): Effects of priming techniques on seed germination and seedlings emergence of maize (*Zea mays* L.). *J. Food Agric. Environ.* 9 (2): 413-415.
- Miraj, G. (2005): Effect of phosphorus and zinc priming on germination, seedling growth and yield of maize. M.Sc. (Hons.) Thesis. Dept. Agric. Chem., NWFP Agricultural University, Peshawar, Pakistan.
- Mirshekari, B., Baser, S., Allahyari, S., Hamedanlu, N. (2012): 'On-farm' seed priming with Zn+Mn is an effective way to improve germination and yield of marigold. *Afr. J. Microbiol. Res.* 6(28): 5796-5800.
- Mohsin, A. U., Ahmad, A. U. H., Farooq, M., Ullah, S. (2014): Influence of zinc application through seed treatment and foliar spray on growth, productivity and grain quality of hybrid maize. *J. Anim. Plant Sci.* 24(5): 1494-1503.
- Monasterio, I., Graham, R. D. (2000): Breeding for trace minerals in wheat. *Food Nutr. B.* 21: 392-396.
- Mondal, T. K., Ganie, S. A., Rana, M. K., Sharma T. R. (2014): Genome-wide Analysis of Zinc Transporter Genes of Maize (*Zea mays* L.) *Plant Mol. Biol. Rep.* 32: 605.
- Mousavi, S. R. (2011): Zinc in crop production and interaction with phosphorus. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 5 (9): 1503-1509.
- Mousavi, H., Lack, S., Fazel, M.A. (2013): Analysis of correlation and stepwise regression between grain protein yield and related traits of maize in conditions of drought stress and zinc sulfate spraying. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 5(23): 2783-2788.
- Mrvić, V., Antonović, G., Cakmak, D., Perović, V., Maksimović, S., Saljnikov, E., Nikoloski, M. (2013): Pedological and pedogeochemical map of Serbia. *Proceedings of The first International Congress on Soil Science and XIII National Congress in Soil Science „Soil-Water-Plant“*, pp. 93-104.

- Murungu, F. S., Chiduza, C., Nyamugatata, P., Clark, L. J., Whalley, W. R. (2004): Effects of on farm seed priming on emergence, growth and yield of cotton and maize in semi-arid area of Zimbabwe. *Exp. Agric.* 40: 23-36.
- Musa, A. M., Harris, D., Johansen, C., Kumar, J. (2001): Short duration chickpea to replace fallow after aman rice: the role of on-farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. *Exp. Agric.* 37: 509–521.
- Nadergoli, M. S., Yarnia, M., Khoei, F. R. (2011): Effect of zinc and manganese and their application method on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. CV Khomein). *Middle-East J. Sci. Res.* 8: 859-865.
- Naik, S. K., Das, D. K. (2008): Relative performance of chelated zinc and zinc sulphate for lowland rice (*Oryza sativa* L.). *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 81: 219-227.
- Nemati, A., Sedghi, M., Sharifi, R. S., Seiedi, M. N. (2009): Investigation of correlation between traits and path analysis of corn (*Zea mays* L.) grain yield at the climate of Ardabil Region (Northwest Iran). *Not. Bot. Hort. Agrobot.* 37(1): 194-198.
- Nerson, H. (2007): Seed production and germinability of cucurbit crops. *Seed Sci. Biotechnol.*, 1: 1-10.
- Nikolić, M., Nikolić, N., Kostić, Lj., Pavlović, J., Bosnić, P., Stević, N., Savić, J., Hristov, N. (2016): The assessment of soil availability and wheat grain status of zinc and iron in Serbia: Implication for human nutrition. *Sci. Total Environ.* 553: 141-148.
- Nriagu, J. O. (1996): A history of global metal pollution. *Science* 272: 223–224.
- Obendorf, R. L. (1997): Oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seed desiccation tolerance. *Seed Sci. Res.* 7: 63-74.
- Obrador, A., Novillo, J., Alvarez, J. M. (2003): Mobility and availability to plants of two zinc sources applied to a calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 564-572.
- Oikeh, S. O., Menkir, A., Maziya-Dixon, B., Welch, R. M., Glahn, R. P., Gauch, G. J. R. (2004): Environmental stability of iron and zinc concentrations in grain of elite early-maturing tropical maize genotypes grown under field conditions. *J. Agric. Sci.* 142: 543–551.

- Oliver, A. E., Crowe, L. M., Crowe, J. H. (1998): Methods for dehydration-tolerance: depression of the phase transmission temperature in dry membrane and carbohydrates vitrification. *Seed Sci. Res.* 8: 211-221.
- Orabi, A. A., Mashadi, H., Abdallah, A., Morsy, M. (1981): Effect of zinc and phosphorus on the grain yield of corn (*Zea mays* L.) grown on calcareous soil. *Plant Soil* 63(2): 291-294.
- Orlyan, N. A., Zubko, D. G., Orlyan, N. A., Goleva, G. G. (1999): Correlation analysis in breeding ultra early maturing maize hybrids. *Kukuruzai Sorgo.* 6: 9-12.
- Ortiz-Monasterio, I., Palacios-Rojas, N., Meng, E., Pixley, K., Trethowan, R., Pena, R. J. (2007): Enhancing the mineral and vitamin content of wheat and maize through plant breeding. *J. Cereal Sci.* 46: 293–307.
- Osburn, R. M., Schroth, M. N. (1989): Effect of osmopriming sugar beet seed on germination rate and incidence of *Pythium ultimum* damping-off. *Plant Disease* 73:21-24.
- 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.
- Pandey, N., Pathak, G. C., Sharma, C. P. (2006): Zinc is critically required for pollen function and fertilization in lentil. *J. Trace Elem. Biol.* 20: 89-96.
- Pandita, V. K., Nagarajan, S. (2000): Osmopriming of fresh seed and its effect on accelerated ageing in Indian tomato (*Lycopersicum esculentum*) varieties. *Indian J. Agric. Sci.* 70: 479-480.
- Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., Balestrazzi, A. (2015): Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Rep.* 34:1281–1293.
- Parker, R. D., Aguilera, J. J., Thompson, D. N. (1992): Zinc-phosphorus interaction in two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) grown in chelator-buffered nutrient solution. *Plant Soil* 143: 163-177.
- Phattarakul, N., Rerkasem, B., Li, L. J., Wu, L. H., Zou, C. Q., Ram, H., Sohu, V. S., Kang, B. S., Surek, H., Kalayci, M., Yazici, A., Zhang, F. S., Cakmak, I.

- (2012): Biofortification of rice grain with zinc through zinc fertilization in different countries. *Plant Soil* 361(1-2): 131-141.
- Peng, Q., Li, C., Song, M., Nan, Z. (2013): Effects of seed hydropriming on growth of *Festuca sinensis* infected with *Neotyphodium* endophyte. *Fungal Ecol.* 6: 83–91.
- Pfeiffer, W. H., McClafferty, B. (2007): HarvestPlus: Breeding crops for better nutrition. *Crop Sci.* 47: 88-105.
- Pollock, B. M. (1969): Imbibition temperature sensitivity of lima beans controlled by initial seed moisture. *Plant Physiol.* 44: 907-911.
- Poštić, D., Momirović, N., Bročić, Z., Dolijanović, Ž., Trkulja, N., Dolovac, N., Ivanović, Ž. (2011): Ocena kvaliteta semena paradajza. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik* 17 (1-2): 131-135.
- Potarzycki J., Grzebisz, W. (2009): Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant Soil Environ.* 55: 519–527.
- Powell, A. A., Mathews, S. (1978): The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. *J. Exp. Bot.* 29: 1215-1229.
- Powell, A. A., Yule, L., Jing, H. C., Groot, S. P. C., Bino, R. J., Pritchard, H. W. (2000): The influence of aerated hydration seed treatment on seed longevity as assessed by the viability equations. *J. Exp. Bot.* 51: 2031-2043.
- Prom-u-thai, C., Rerkasem, B., Yazici, A., Cakmak, I. (2012): Zinc priming promotes seed germination and seedling vigour of rice. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173 (3): 482-488.
- Radić, V., Milošević, M. (2004): Ustanovljavanje pokazatelja kvaliteta semena kukuruza primenom raznih metoda ispitivanja. *Selekcija i Semestarstvo* 10 (1-4): 51-59.
- Rafie, M. R., Khoshgoftarmanesh, A. H., Shariatmadari, H., Darabi, A., Dalir, N. (2017): Influence of foliar-applied zinc in the form of mineral and complexed with amino acids on yield and nutritional quality of onion under field conditions. *Sci. Hort.* 216: 160–168.
- Rahnemaye Badr, A., Soltani, E. (2006): The influence of soaking cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds in water and Mn+Zn solutions on germination characteristics. *Iran J. Med. Arom. Plants* 21(4): 465-479.

- Ram, H., Rashid, A., Zhang, W., Duarte, A. P., Phattarakul, N., Simunji, S., Kalayci, M., Freitas, R., Rerkasem, B., Bal, R. S., Mahmood, K., Savasli, E., Lungu, O., Wang, Z. H., de Barros, V., Malik, S. S., Arisoy, R. Z., Guo, J. X., Sohu, V. S., Zou, C. Q., Cakmak, I. (2016): Biofortification of wheat, rice and common bean by applying foliar zinc fertilizer along with pesticides in seven countries. *Plant Soil* 403: 389–401.
- Ramani, S., Kannan, S. (1985): An examination of zinc uptake patterns by cultivars of sorghum and maize differences amongst hybrids and their parents. *J. Plant Nutr.* 8: 1199-1210.
- Ramkala, Dahiya, R.R., Dahiya, S. S. Singh, Dalel (2008): Evaluation of NPZn (10: 50: 1.5 Zn) complex fertilizer in rice wheat cropping system. *Indian J. Agric. Res.* 42(4): 288-292.
- Ranjbar, G. A., Bahmaniar M. A. (2007): Effect of soil and foliar application of zinc fertilizer on yield and growth characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Asian J. Sci.* 6: 1000-1005.
- Rashid, A., Harris, D., Hollington, P. A., Khattak, R. A. (2002): On-farm seed priming: a key technology for improving the livelihoods of resource - poor farmers on saline lands. In: R. Ahmad, K. A. Malik (eds.). *Prospects for Saline Agriculture*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp.423–431.
- Rafique E., Rashid A., Ryan J., Bhatti A. U. (2006): Zinc deficiency in rainfed wheat in Pakistan: Magnitude, spatial variability, management, and plant analysis diagnostic norms. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 37: 181–197.
- Rafique, E., Yousra, M., Mahmood-ul-Hassan, M., Sarwar, S., Tabassam, T., Choudhary, T. K. (2015): Zinc application affects tissue zinc concentration and seed yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Pedosphere* 25(2): 275–281.
- Rehman, A., Farooq, M., Ahmad, R., Basra, S. M. A. (2015): Seed priming with zinc improves the germination and early seedling growth of wheat. *Seed Sci. Technol.* 43: 262-268.
- Rengel, Z. (2001): Genotypic differences in micronutrient use efficiency in crops. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32: 1163–1186
- Rengel, Z. (2015): Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 15: 397-409.

- Rengel, Z., Graham, R. D. (1995): Wheat genotypes differs in zinc efficiency when grown in the helate-buffered nutrient solution. I. Growth. *Plant Soil* 176: 307-316.
- Rengel, Z., Römheld, V. (2000): Root exudation and Fe uptake and transport in wheat genotypes differing in tolerance to Zn deficiency. *Plant Soil* 221: 25–34.
- Römheld, V. (1991): The role of phytosiderophores in acquisition of iron and other micronutrients in graminaceous species: an ecological approach. *Plant Soil* 130: 127–134.
- Ruelland, E., Vaultier, M. N., Zachowski, A., Hurry, V. (2009): Cold signalling and cold acclimation in plants. *Adv. Bor. Res.* 49: 35-150.
- Sallam, H. A. (1999): Effect of some seed-soaking treatments on growth and chemical components on faba bean plants under saline conditions. *Ann. Agr. Sci.* 44: 159-171.
- Schuch, L. O. B., Nedel, J. L., Assis, F. N., Maia, M. S. (2000): Seed vigor and growth analysis of black oats. *Sci. Agric.* 57: 305-312.
- Sekimoto, H., Hoshi, M., Nomura T., Yokota, T. (1997): Zinc deficiency affects the levels of endogenous gibberellins in *Zea mays* L. *Plant Cell Physiol.* 38(9): 1087-1090.
- Sharma, P. N., Chatterjee, C., Agarwala, S. C., Sharma, C. P. (1990): Zinc deficiency and pollen fertility in maize. *Plant*124: 221-225.
- Shu, D. F., Wang, L. Y., Deng, Y. S., Meng, Q. W. (2011): Antisense-mediated depletion of tomato chloroplast glutathione reductase enhances susceptibility to chilling stress. *Plant Physiol. Biochem.* 49: 1228-1237.
- Shukla, U. C., Arora, S. K., Singh, Z., Prasad, K. G., Safaya, N. M. (1973): Differential susceptibility of some sorghum (*Sorghum vulgare*) genotypes to zinc deficiency in soil. *Plant Soil* 39: 423-427.
- Shukla, U. C., Raj, H. (1976): Zinc response in corn as influenced by genetic variability. *Agron. J.* 68: 20-22.
- Siddiqui, M. H., Oad, F. C., Abbasi, M. K., Gandahi, A. W. (2009): Effect of NPK, micronutrient and N-placement on the growth and yield of sunflower. *Sarhad J. Agric.* 25: 45-52.

- Siddiqui, S. N., Umar, S., Aref, I. M., Iqbal, M. (2016): The yield and growth patterns of chickpea genotypes differing in zinc-accumulating capacity. *Int. J. Agric. Biol.* 18(5): 1004-1010.
- Sillanpää, M. (1982): Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. *FAO Soil Bulletin No. 48*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.
- Singh, A. K., Khan, S. K., Nongkynrih, P. (1999): Transformation of zinc in wetland rice soils in relation to nutrition of rice crop. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 47:248-253.
- Singh, B., Natesan, S. K. A., Singh, B. K., Usha, K. (2005): Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. *Curr. Sci.* 88: 36-44.
- Singh, I., Kumar, U., Singh, S. K., Gupta, C., Singh, M., Kushwaha, S. R. (2012): Physiological and biochemical effect of 24-epibrassinolide on cold tolerance in maize seedlings. *Physiol. Mol. Biol. Plants* 18(3): 229-236.
- Singh, S. P., Westermann, D. T. (2002): A single dominant gene controlling resistance to soil zinc deficiency in common bean. *Crop Sci.* 42: 1071–1074.
- Slaton, N. A., Wilson, C. E., Norman, R. J., Boothe, D. L. (2001): Evaluation of zinc seed treatments of rice. *Agron. J.* 93:152-157.
- Soleimanzadeh, H. (2013): Effect of seed priming on germination and yield of corn. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 5(4): 366-369.
- Sommer, L. A., Lipman, C. B. (1926): Evidence of the indispensable nature of boron and zinc for higher green plants. *Plant Physiol.* 1: 231-249.
- Sousa, S. F., Lopes, A. B., Fernandes, P. A., Ramos, M. J. (2009): The zinc proteome: a tale of stability and functionality. *Dalton Transactions*, pp. 7946–7956.
- Srećkov, Z. (2009): Genetički potencijal visokouljane populacije kukuruza NSU1. Biblioteka ACADEMIA, Zadužbina Andrejević. Beograd.
- Srivastava, P. C., Ghosh, D., Singh, V. P. (1999): Evaluation of different zinc sources for lowland rice production. *Biol. Fertil. Soils* 30: 168–172.
- Statistički godišnjak Republike Srbije (2015): Republički zavod za statistiku, Beograd.
- Stratu, A., Costică, N. (2015): The influence of zinc on seed germination and growth in the first ontogenic stages in the species *Cucumis melo* L. *PESD*, 9(2): 215-228.
- Streeter, T. C., Rengel, Z., Graham, R. D. (2001): Genotypic differences in Zn efficiency of *Medicago* species. *Euphytica*, 120: 281-290.

- Subedi, D. M., Ma, B. L. (2005): Seed priming does not improve corn yield in a humid temperature environment. *Agron. J.* 97: 211-218.
- Sudha, S., Stalin, P. (2015): Effect of zinc on yield, quality and grain zinc content of rice genotypes. *Int. J. Farm Sci.* 5(3): 17-27.
- Suzuki, M., Takahashi, M., Tsukamoto, T., Watanabe, S., Matsushashi, S., Yazaki, J., Kishimoto, N., Kikuchi, S., Nakanishi, H., Mori, S., Nishizawa, N. K. (2006): Biosynthesis and secretion of mugineic acid family phytosiderophores in zinc-deficient barley. *Plant J.* 48: 85–97.
- Schwember, A. R., Bradford, K. J. (2005): Drying rates following priming affect temperature sensitivity of germination and longevity of lettuce seeds. *Hort. Sci.* 40:778–781
- Tagaki, S. (1976): Naturally occurring iron-chelating compounds in oat and rice root washing I. Activity measurements and preliminary characterization. *Soil Sci. Plant Nutr.* 22: 423–433.
- Tahir, M., Fiaz, N., Nadeem, M. A., Khalid, F., Ali, M. (2009): Effect of different chelated zinc sources on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Soil Environ.* 28: 179-183.
- Takagi, S., Nomoto, K., Takemoto, T. (1984): Physiological aspect of mugineic acid, a possible phytosiderophore of graminaceous plants. *J. Plant Nutr.* 7: 469–477.
- Tamindžić, G. (2013): Uticaj insekticida na klijavost semena inbred linija kukuruza. Master rad. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- Taylor, A. G., Prusinski, J., Hill, H. J., Dickson, M. D. (1992): Influence of seed hydration on seedling performance. *Hort Technol.* 2: 336-344.
- Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennet, M. A., Bradford, K. J., Burris, J. S., Misra, M. K. (1998): Seed enhancements. *Seed Sci. Res.* 8: 245-256.
- TeKrony, M. D. (1982): Seed vigor testing. *J. Seed Technol.* 8: 55-60.
- Torun, B., Bozbay, G., Gultekin, I., Braun, H. J., Ekiz, H., Cakmak, I. (2000): Differences in shoot growth and zinc concentration of 164 bread wheat genotypes in a zinc-deficient calcareous soil. *J. Plant Nutr.* 23: 1251–1265.
- Trehan, S. P., Sharma, R.C. (2000): Phosphorus and zinc uptake efficiency of potato (*Solanum tuberosum*) in comparison to wheat (*Triticum aestivum*), maize (*Zea*

- mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). Indian J. Agric. Sci. 70: 840-45.
- Ubavić, M., Bogdanović, D., Dozet, D., Hadžić, V., Ćirović, M., Sekulić, P. (1993): Sadržaj teških metala u zemljištima Vojvodine. Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 21: 49-58.
- Valenciano, J. B., Miguelez- Frade, M. M., Marcelo, V. (2009): Response of chickpea (*Cicer arietinum*) to soil zinc application, Span. J. Agric. Res. 7: 952-956.
- Valle, B. L., Auld, D. S. (1990): Zinc coordination, function, and structure of zinc enzymes and other proteins. Biochemistry 29: 5647-5659.
- Valle, B. L., Falchuk, K. H. (1993): The biochemical basis of zinc physiology. Physiol. Rev. 73: 79-118.
- Varić, A., Vari, A. K., Dadlani, M. (2010): The subcellular of seed priming. Current Sci. 99 (4): 450-456.
- Ventura, L., Donà, M., Macovei, A., Carbonera, D., Buttafava, A., Mondoni, A. (2012): Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. Plant Physiol. Biochem. 60: 196-206.
- Vujaković, M. (1997): Varijabilnost parametara korenovog sistema kod različitih genotipova pšenice (*Triticum aestivum* L.). Magistarska teza. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- Vujaković, M., Jovičić, D. (2011): Ispitivanje kvaliteta semena. U: M. Milošević, B. Kobiljski (eds.). Semenaštvo monografija, Vol. 1. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, pp. 246-265.
- Vujaković, M., Balešević-Tubić, S., Jovičić, D., Taški-Ajduković, K., Petrović, D., Nikolić, Z., Đorđević, V. (2011): Životna sposobnost semena soje proizvedene u različitim agroekološkim uslovima Vojvodine. Genetika. 43(3): 625-638.
- Vyn, T. J., Tollenaar, M., (1998): Changes in chemical and physical quality parameters of maize grain during three decades of yield improvement. Field Crops Res 59, 135-140.
- Wang, H., Jin, J. Y. (2007): Effects of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (*Zea mays* L). Agricultural Sciences in China, 6: 988–995.

- Wang, J. W., Mao, H., Zhao, H. B., et al. (2012): Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in Loess Plateau, China. *Field Crops Research* 135: 89–96.
- Wahid, A., Noreen, A., Basra, S. M. A., Gelani, S., Farooq, M. (2008): Priming induced metabolic changes in sunflower (*Helianthus annuus* L.) achenes improve germination and seedling growth. *Bot. Studies* 49: 343-350.
- Webb, M. J., Loneragan J. F. (1988): Effect of zinc deficiency on growth, phosphorus concentration, and phosphorus toxicity of wheat plants. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 1676–1680.
- 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.
- White P. J., Broadley M. R. (2005): Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends Plant Sci.* 10: 586–593.
- 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.
- White, P. J., Broadley, M. R. (2011): Physiological Limits to Zinc Biofortification of Edible Crops. *Front Plant Sci.* 2(80). doi: 10.3389/fpls.2011.00080.
- Willaert, G., Verloo, M., Sarrazyn, R. (1990): Influence of the cultivars on the accumulation of inorganic compounds in spinach. *Mededelingen van de Faculteit Landbouw-Wetenschappen Rijksuniversiteit Gent.* 155: 83-92.
- Wissuwa, M., Ismail, A. M., Yanagihara, S. (2006): Effects of zinc deficiency on rice growth and genetic factors contributing to tolerance. *Plant Physiol.* 142: 731–741. 10.1104/pp.106.085225
- Wissuwa, M., Ismail, A. M., Graham, R. D. (2008): Rice grain zinc concentrations as affected by genotype, native soil-zinc availability, and zinc fertilization. *Plant Soil* 306: 37–48. 10.1007/s11104-007-9368-4
- Wojtyła, L., Lechowska, K., Kubala, S., Garnczarska, M. (2016a): Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. *Front. Plant Sci.* 7: 66.
- Wojtyła, L., Lechowska, K., Kubala, S., Garnczarska, M. (2016b): Molecular processes induced in primed seeds-increasing the potential to stabilize crop yields under drought conditions. *J. Plant Physiol.* 203: 116-126.

- Wolkers, W. F., Bochicchio, A., Selvaggi, G., Hoekstra, F. A. (1998): Fourier transform infrared micro-spectroscopy detects changes in protein secondary structure associated with desiccation tolerance in developing maize embryos. *Plant Physiol*, 116: 1169-1177.
- Yang, X., Tian, X., Lu, X., Cao, Y., Chen, Z. (2011): Impacts of phosphorus and zinc levels on phosphorus and zinc nutrition and phytic acid concentration in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Sci. Food Agric*. 91: 2322–2328.
- 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 cultivars grown on zinc-deficient calcareous soils. *J. Plant Nutr*. 20: 461–471.
- Yilmaz, A., Ekiz, H., Gültekin, I., Torun, B., Barut, H., Karanlik, S., Cakmak, I. (1998): Effect of seed zinc content on grain yield and zinc concentration of wheat grown in zinc-deficient soils. *J. Plant Nutr*. 21: 2257–2264.
- Zain, M., Khan, I., Qadri, R. W. K., Ashraf, U., Sajid Hussain, S., Minhas, S., Siddique, A., Jahangir, M. M., Bashir, M. (2015): Foliar application of micronutrients enhances wheat growth, yield and related attributes. *Am. J. Plant Sci*. 6: 864-869.
- Zhang, F. S., Römheld, V., Marschner, H. (1991): Diurnal rhythm of release of phytosiderophores and uptake rate of zinc in iron-deficient wheat. *Soil Sci. Plant. Nutr*. 37(4): 671-678.
- Zhang, Y. Q., Sun, Y. X., Ye, Y. L., Karim, M. R., Xue, Y. F., Yan, P., Meng, Q. F., Cui Z. L. , Cakmak, I. , Zhang, F. S., Zou, C. Q. (2012): Zinc biofortification of wheat through fertilizer applications in different locations of China. *Field Crop Res*. 125:1–7.
- 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., Yaqub Mujahid, 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.

www.fao.org.

БИОГРАФИЈА ДОКТОРАНДА

Гордана (Душан) Таминцић, маг. инж. пољ. је рођена 15.11.1980. године у Новом Саду. Основу школе и гимназију је завршила у Новом Саду. Дипломирала је 2007. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Новом Саду, на ратарско–повртарском смеру. Дипломски рад под називом „Принос и компоненте приноса зрна беле лупине *Lupinus albus* L.“ одбранила је оценом 10.

Магистар академске студије уписује школске 2009/2010. године, на Пољопривредном факултету Универзитета у Новом Саду, на студијском програму Генетика, оплемењивање биљака и семенарство. Магистарски рад под називом „Утицај инсектицида на клијавост семена инбрид линија кукуруза“ одбранила је оценом 10.

Докторске академске студије уписује школске 2013/2014. Године, на Пољопривредном факултету у Земуну, Универзитет у Београду, на студијском програму Пољопривредне науке, модул: Ратарство и повртарство. Све испите предвиђене планом и програмом овог студијског програма успешно је положила са просечном оценом 9,50.

У јулу 2009. године, засновала је радни однос у Институту за ратарство и повртарство, у оквиру Одељења за кукуруз. У звање истраживач приправник изабрана је 09. фебруара 2010. године. Од априла 2012. године прелази у Лабораторију за испитивање семена Института за ратарство и повртарство. У звање истраживач сарадник изабрана је 18. фебруара 2014. године.

Током свог истраживачког рада учесник је у реализацији пројекта ТР 31073: „Унапређење производње кукуруза и сирка у условима стреса“, финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Такође, била је учесник билатералне сарадње Португал-Србија, на пројекту под називом „Tracing genetically modified organisms in the pollen of honey“.

Као аутор и коаутор учествовала је у објављивању 22 библиографских јединица. Остварени коефицијент научне компетентности према Правилнику Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије износи 32,7.

ПРИЛОЗИ

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписана: Гордана Д. Таминцић

Број индекса или пријаве докторске дисертације: РА 13/32

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

„Примена цинка у гајењу кукуруза и ефикасност хибрида у његовој акумулацији у зрну“

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена докторска дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било какве дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршила ауторска права и користила интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, _____

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације

Име и презиме аутора: Гордана Д. Таминџић

Број индекса или пријаве докторске дисертације: РА 13/32

Студијски програм: Пољопривредне науке

Наслов докторске дисертације: „Примена цинка у гајењу кукуруза и ефикасност хибрида у његовој акумулацији у зрну“

Ментор: др Јасна Савић, ванредни професор

Потписана Гордана Д. Таминџић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације истоветна електронској верзији коју сам предала за објављивање на порталу Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Примена цинка у гајењу кукуруза и ефикасност хибрида у његовој акумулацији у зрну“

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предала сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучила.

1. Ауторство
2. Ауторство – некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство - делити под истим условима

(молим да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на крају)

Потпис докторанда

У Београду, _____

1. Ауторство – дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштење дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслобонија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштење дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценци. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштење дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава обим права коришћења дела.
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим насловом. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштење дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истиом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштење дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство – делити под истим насловом. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштење дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истиом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.