

Датум: 24.06.2021. год.

**Предмет:** Извештај Комисије о оцени урађене докторске дисертације Драгане Ивановић, дипломираног инжењера

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, бр. 32/28-7.3., од 23.06.2021. године именовани су чланови Комисије за оцену и одбрану урађене докторске дисертације Драгане Ивановић, дипломираног инжењера, под насловом „Утицај предсетвеног третмана семена водом и цинком на принос пшенице и биофортификација зрна фолијарном применом цинка“.

Комисија у следећем саставу: др Јасна савић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Весна Кандић, научни сарадник Института за кукуруз „Земун Поље“, др Љубиша Живановић, ванредни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Марија Кнез, научни сарадник Института за медицинска истраживања Универзитета у Београду и др Љубиша Коларић, доцент Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, на основу прегледа и анализе докторске дисертације подноси следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација Драгане Ивановић, дипломираног инжењера, написана је према упутству Универзитета у Београду о облику и садржају дисертације, на укупно 88 страница, и поред текста садржи 17 табела, 17 графика и четири слике. Поред главног текста докторска дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, захвалницу, сажетак са кључни речима на српском и енглеском језику и садржај. У докторској дисертацији цитиран је укупно 291 извор одговарајуће научне литературе.

Докторска дисертација се састоји од осам поглавља и то: Увод (стр. 1–2), Циљеви истраживања (стр. 3), Преглед литературе (стр. 4–13), Материјал и методе (стр. 14–19), Резултати (стр. 20–43), Дискусија (стр. 44–52), Закључци (стр. 53) и Литература (стр. 54–75). После наведених поглавља налази се Биографија кандидата, приложене су обавезне изјаве и то: Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу.

### 2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ

**Увод.** У овом поглављу истакнут је значај хлебне (обичне, меке) пшенице (*Triticum aestivum* L.) за Србију и на глобалном нивоу, који се, пре свега огледа у томе што она

обезбеђује значајан део енергије, протеина и минерала у исхрани људи, нарочито у неразвијеним државама, и што према површини на којој се гаји јесте водећи усеви у свету. Даље је указано да се недостатак цинка јавља код биљака и људи. Дефицит цинка у земљишту који је доступан биљкама, утиче како на принос тако и на хванљиву вредност главних пољопривредних производа, јер је концентрација цинка у њима ниска. Предложено је да је циљ пољопривредне производње и да осигура да храна има одговарајућу хранљиву вредност, те да је биофортификација пшенице цинком, односно повећање концентрације цинка у зрну постала један од приоритета у науци и пракси у свету, без обзира на то какав је статус цинка у земљишту. Такође је наведено да је предсетвени третман семена једна од метода чијом применом може да се побољша ницање и склоп усева, самим тим и принос усева. Досадашња истраживања су углавном вођена у подручјима са полуаридном климом, и указала су на ефикасност третмана семена пре сетве водом и микроелементима, укључујући и цинк на земљиштима која се разликују према нивоу цинка доступног биљкама. Са друге стране, у Србији се не придаје довољно значаја пшеници као извору минерала за исхрану људи, иако је потрошња пшенице по глави становника 111 kg годишње, што је чини значајним извором енергије и протеина. Такође је запостављено проучавање примене микроелемената у производњи пшенице, иако се у земљиштима у Војводини јавља недостатак цинка доступног биљкама. Тек недавно је указано да је концентрација цинка у зрну пшенице гајене у Србији ипак ниска, а дијетарни унос цинка недовољан код чак 15–25% одраслих здравих испитаника. Поред тога, истакнуто је да до сада у Србији није пручавана биофортификација домаћих сорти пшенице цинком као ни примена предсетвеног третмана семена водом и цинком.

**Циљеви истраживања.** У овом поглављу јасно су дефинисани циљеви истраживања ове докторске дисертације: Постављени су следећи циљеви: проучавање утицаја предсетвеног третмана семена водом или цинком на принос зрна и компоненте приноса пет сорти озиме пшенице, гајених на две локације које су се разликовале према новоу цинка у земљишту који је доступан биљкама, затим проучавање ефикасности једнократне фолијарне примене цинка на крају фенофазе цветања у циљу повећања нивоа цинка у зрну, као и утицај на принос зрна и концентрацију протеина у зрну, односно да се анализира прилагођеност домаћих високо приносних сорти озиме хлебне пшенице у агроеколошким условима нашег подручја на ову меру којом се може знатно побољшати њихова хранљива вредност. Циљ је такође био да се утврди да ли постоји разлика у концентрацији цинка у зрну између пет анализираних сорти, као и између две огледне локације, и да се проучи корелација између нивоа цинка у зрну и приноса зрна, односно концентрације протеина у зрну. У сврху остваривања постављених циљева изведени су двогодишњи пољски огледи.

**Преглед литературе.** Ово поглавље се састоји из пет тематских целина које представљају теоријски оквир области постављених циљева дисертације, и у коме су систематично и прегледно представљени резултати ранијих истраживања и сазнања везана за предсетвени третман семена водом и цинком, као и биофортификацију усева цинком. Преглед литературе је представљен кроз следећа потпоглавља: Значај цинка у исхрани биљака, Примена цинка у производњи жита, Развој биофортификације усева, Биофортификација пшенице цинком, Предсетвени третман семена, Предсетвени третман семена водом и цинком.

У потпоглављу Значај цинка у исхрани биљака приказана су проучавања о есенцијалности цинка за више биљке, улози цинка у физиолошким процесима и резултати

који указују да цинк може да појача толерантност биљака на биотски и абиотски стрес. Описани су видљиви симптоми недостатака цинка код дикотиледоних биљака и пшенице.

У потпоглављу Примена цинка у производњи жита наведени су фактори који утичу на доступност цинка у земљишту за биљке, значај и начин примене цинка у производњи усева. Дат је упоредни приказ истраживања о примени цинкових ђубрива у земљиште и фолијарно, и истакнуто је да третирање семена обичне и тврде пшенице пре сетве у комбинацији са фолијарним ђубрењем на земљишту са врло израженим недостатком цинка може знатно да повећа приноса зрна. Даље су у овој тематској целини наведени резултати ранијих истраживања који се односе на утицај примене цинка на квалитет зрна и брашна пшенице и предложени механизми деловања. На пример, азот, сумпор, бакар и цинк утичу на компоненте протеина брашна и цинк има значајну улогу у формирању протеина и процесу асимилације азота у зрну озиме пшенице.

Следеће потпоглавље јесте Развој биофортификације усева. Кроз цитирање литературних извора старијег и новијег датума дат је опсежан преглед проблема недостатка цинка у исхрани људи у свету и кроз историју забележено смањење концентрације минерала у пољопривредним производима. Образложено је зашто је биофортификација јестивих делова биљака цинком и другим минералима постала предмет научних истраживања и производне праксе. Дате су дефиниција биофортификације и општеприхваћена два приступа, агрономске и генетичке биофортификације усева. Недостатак цинка највише погађа становнике земаља у развоју где је исхрана базирана на житима, али и одређене групе становништва у развијеним државама. Истакнуто је да најновије студије указују на недовољан дијетарни унос цинка и на могућу појаву неодолатка цинка код становништва у Србији. Такође су наведени литературни извори о глобалним достигнућима у биофортификацији усева.

Следећа тематска целина овог поглавља, Биофортификација пшенице цинком, садржи резултате истраживања која се односе на концентрацију цинка у зрну пшенице у свету, која у знатној мери зависи од нивоа цинка у земљишту који је доступан биљкама, и може да буде у негативној корелацији са приносом зрна. Цитирани су радови истраживача из Турске који су истовремено са проучавањем проблема недостатка цинка у усевима показали да ђубрење цинком знатно повећава ниво цинка у зрну пшенице, такође и да је фолијарна примена цинка у касним фенофазама раста посебно ефикасна за биофортификацију цинком. Такође су истакнути резултати досадашњих истраживања о апсорпцији цинка из агрономски биофортифициране пшенице цинком, позитивном утицају ове мере на здравље људи и исплативости у односу на фортификацију брашна цинком.

У потпоглављу Предсетвени третман семена дат је општи опис ове технике којом се побољшавају клијавост семена и ницање кроз активирање метаболичких процеса, такође и опис фаза током клијања и ницања жита које су у вези са усвајањем воде. Наведене су до сада развијене методе предсетвеног третмана семена: третман водом, третман са ниско-осмотским аерисним раствором и други, а третман семена хранивима подразумева потапање семена у раствор са хранивима уместо у води, да би се повећао њихов садржај у семену.

У петом потпоглављу Предсетвени третман семена водом и цинком дефинисани су и описани наведени третмани семена. Третман семена водом је препознат као једноставна метода за побољшање производње главних усева у сушним подручјима. Цитирана су истраживања која указују да поред побољшања клијавости, ницања и почетног раста усева

као што су кукуруз, сирак, пиринач и други, третман водом даје добре резултате у условима стреса као што је салинитет. Такође може да повећа принос зрна пшенице у касној сетви кроз побољшано искоришћавање воде за наводњавање. Даље је истакнуто да су минерали у семену значајни за почетни раст биљака и да коришћење семена са вишим нивоом микроелемената може да повећа принос усева. Резерве цинка у семену имају важну улогу у физиолошким процесима током клијања и развоја клијанаца, на шта упућују високе концентрације цинка измерене у радикули и колеоптилу, и као што је показано за кукуруз, наут и пиринач, премештају се у надземни изданак. Предсетвени третман семена цинком може вишеструко да повећа његов ниво у зрну, што има позитиван утицај на суву масу надземног изданка и корена као што је показано за пшеницу, а додавање цинка пшеници преко семена на карбонатном земљишту дефицитарном у цинку може да буде ефикасније за повећање приноса зрна у односу на фолијарно ђубрење. Предсетвено третирање семена пшенице раствором са високом концентрацијом цинка поред тога што доводи до повећања приноса зрна, може да повећа и ново цинка у зрну, што указује да може да се користи и за биофортификацију цинком.

**Материјал и методе.** Ово поглавље се састоји од пет потпоглавља. Потпоглавље Опис локација садржи подаке о две локације на којима су изведени пољски огледи, и то у Земун Пољу на чернозему, током две узастопне производне сезоне, 2014/2015. и 2015/2016. године и у Падинској Скели на ритској црници, током 2015/2016. и 2016/2017. године. Резултати хемијске анализе земљишта су показали да је концентрација цинка у земљишту доступна биљкама у Земун Пољу била 0,88 mg/kg, а у Падинској Скели 1,28 mg/kg. У потпоглављу Климатски подаци за период истраживања табеларно су приказани подаци који се односе на суме падавина и средње дневне температуре по месецима, уз њихово поређење за две производне сезоне за сваку локацију.

Потпоглавље Пољски огледи се састоји од неколико мањих целина у којима су описани, засебно за два пољска огледа, дизајн огледа, третмани, примењене агротехничке мере и узорковање и мерење. Оглед 1 се на обе локације састојао од петнаест комбинација фактора предсетвеног третмана семена (контрола, третман водом и третман цинком) и фактора сорта (Талас, Ратарица, NS-40S, Дика и Симонида), са четири понављања у потпуно случајном блок систему. Описани су предсетвени третмани семена водом и раствором са 4 mM цинк-сулфатом. Пре почетка извођења огледа измерена је концентрација цинка у семену које је било контрола и у семену третираном цинком. Наведени су подаци за време сетве, сетвену норму, начин сетве и ђубрење. За мерење суве масе главног изданка и укупне суве масе свих изданака узорци су узети када су биљке биле у фази влатања (ВВСН 32-33) и сушени су у сушници на температури од 80°C. Након жетве измерена је маса 1000 зрна, и на десет класова са главног стабла мерене су следеће компоненте приноса: број класића по класу, број зрна по класу и маса зрна по класу. Такође је истакнуто да је посматрањем утврђено да није било разлике у ницању између третмана семена на обе локације у две производне сезоне, стога ти подаци нису сакупљени. Оглед 2 је изведен на истим локацијама као и први, и на свакој од њих се састојао од десет парцела, комбинација фактора фолијарног ђубрења (контрола и фолијарна примена цинка) и фактора сорте, које су, као и дизајн огледа били исти као у

првом огледу. Цинк је примењен фолијарно у облику 0,5% воденог раствора цинк-сулфата на крају цветања, са нормом од 600 l/ha раствора. Контрола је третирана дестилованом водом чија је запремина била једнака запремини примењеног цинк сулфата. Након жетве узети су узорци за мерење концентрације цинка у зрну.

У потпоглављу Аналитичке методе дат је опис метода којима су мерени концентрација цинка и протеина у семену/зрну, и то атомске апсорпционе спектрометрије и инфра-црвене спектроскопије, по реду. У потпоглављу Статистичка анализа је наведено да су утицаји предсетвеног третмана семена, локације и сорте у првом огледу, и утицај фолијарне примене цинка, локације и сорте у другом огледу на мерене параметре анализирани трофакторском анализом варијансе, а значајност разлика између средина утврђена је Tukey-овим тестом ( $P < 0,05$ ). Додатно су урађене двофакторске анализе варијансе, као и једнофакторске за утицај предсетвеног третмана семена, односно фолијарне примене цинка на мерене показатеље засебно за сваку сорту, локацију и производну сезону. Даље су рађени корелациона анализа и  $t$  тест упарених узорака.

**Резултати.** Добијени резултати су приказани прегледно, табеларно или графички, уз њихову јасну интерпретацију, одвојено у два главна потпоглавља, и то Оглед 1 и Оглед 2. Потпоглавље Оглед 1 се састоји из четири дела: Утицај предсетвеног третмана семена цинком на концентрацију цинка у семену, Утицај предсетвеног третмана семена, локације и сорте на суву масу главног изданка и укупну суву масу свих изданака, Утицај предсетвеног третмана семена, локације и сорте на компоненте приноса и Утицај предсетвеног третмана семена, локације и сорте на принос зрна. Најпре су приказане концентрације цинка у семену свих сорти које није третирано и семену третираном цинком. У зависности од сорте, третман семена цинком повећао је ниво цинка од 7,1 до 8,6 пута.

Детектован је значајан утицај интеракције између локације и сорте на суву масу главног изданка и укупну суву масу свих изданака у просеку за две производне сезоне, као и значајан утицај сва три фактора. Просечна сува маса главног изданка и укупна сува маса свих изданака третмана цинком у просеку за цео оглед (0,75 g и 2,32 g, по реду) била је значајно виша у односу на контролу (0,63 g и 2,06 g, по реду), али не и у односу на третман водом (0,70 g и 0,22 g, по реду). Међутим, посматрано по локацијама и сезонама, утицај предсетвеног третмана семена је био значајан само за укупну масу изданка у другој производној сезони у Земун Пољу, и још мање изражен засебно за сваку сорту на обе локације и у обе производне сезоне, што је показала једнофакторска анализа варијансе. Значајан утицај сорте и локације на раст биљака је био очекиван, и пошто је изостала њихова интеракција са предсетвеним третманом семена, ови резултати нису даље анализирани.

Интеракција између локације и сорте је имала значајан утицај на број зрна по класу, масу зрна по класу и масу 1000 зрна, док је утицај сорте био значајан за све мерене компоненте приноса, али утицај предсетвеног третмана семена није био значајан, као ни његова интеракција са осталим факторима. Додатна анализа варијансе је показала да је

предсетвени третман семена значајано утицао само на број класића по класу, и то у другој производној сезони у Земун Пољу. Утицај сорте је био значајан за све компоненте приноса, осим за масу зрна по класу у другој производној сезони у Падинској Скели, што је било очекивано. Значајне разлике између две локације у просеку за предсетвене третмане семена и сорте су утврђене за број класића у класу који је био вишу и Падинској Скели, док је маса 1000 зрна била виша у Земун Пољу. Даље је једнофакторска анализа варијансе показала да је третман семена цинком значајано повећао само број зрна по класу сорте Талас у односу на третман водом и контролу и масу зрна по класу сорте Ратарница у односу на третман водом у Земун Пољу у првој производној сезони.

Утицај предсетвеног третмана семена на принос зрна је био значајан, али не и његова интеракција са осталим факторима. У просеку за цео оглед принос зрна пшенице је био значајно виши у третману семена цинком (7,87 t/ha) у поређењу са третманом водом (7,42 t/ha) и контролом (7,29 t/ha), што је повећање за 6% и 8%, по реду. Утврђен је и значајан утицај интеракције између локације и сорте, док је у просеку за сорте, третман семена и две производне сезоне принос зрна у Падинској Скели (8,03 t/ha) био је значајно виши него у Земун Пољу (7,03 t/ha). Додатна анализа утицаја предсетвеног третмана семена одвојено за сваку сорту показала је да је примена цинка значајно повећала принос зрна свих сорти у односу на контролу и третман водом на обе локације само у другој производној сезони; у Земун Пољу највеће повећање у односу на третман водом код сорти Талас, NS 40S, Дика и Симонида било је 15,2–16,4%, а у Падинској Скели за сорту Талас 16% и 12%, по реду.

Потпоглавље Оглед 2 односи се на резултати који се односе на биофортификацију пшенице цинком фолијарном применом цинка, и приказани су у следећа три дела: Утицај фолијарне примене цинка, локације и сорте на принос зрна, Утицај фолијарне примене цинка, локације и сорте на концентрацију цинка у зрну пшенице и Утицај фолијарне примене цинка, локације и сорте на концентрацију протеина у зрну пшенице. Локација и сорта су значајно утицали на принос зрна, али не и фолијарна примена цинка и није откривена значајна интеракција фактора. У просеку за фолијарни третман и сорте принос је био значајно виши у Падинској Скели (7,87 t/ha) него у Земун Пољу (6,87 t/ha). Значајно повећање приноса повезано са применом цинка зебележено је само за сорту Ратарница у Земун Пољу у другој години и сорту Дика у Падинској Скели у првој години. Просечно повећање приноса зрна фолијарном применом цинка било је 2,3% у Земун Пољу и 1,9% у Падинској Скели. Принос зрна се значајно разликовао између сорти у контроли и третману са фолијарном применом цинка, али без уочљиве правилности.

У другом огледу, сва три фактора, фолијарна примена цинка, локација и сорта, као и интеракција између сорте и локације значајно су утицали на ниво цинка у зрну. У просеку за пет сорти гајених на две локације током две производне сезоне концентрација цинка у зрну је применом цинка повећана са 21,2 mg/kg на 26,6 mg/kg. Просечна концентрација цинка у зрну од 29,4 mg/kg у Падинској Скели била је значајно виша у односу на 17,2 mg/kg, што је био просек за локацију Падинска Скела. У просеку за

фолијарни третман цинком, две локације и две производне сезоне, концентрација цинка у зрну сорте Ратарица (26,6 mg/kg) је била значајно виша у односу на остале сорте. Једнофакторска анализа варијансе је показала да је фолијарни третман цинком значајно повећао ниво цинка у зрну свих сорти за цео оглед, за 15–49% у односу на контролу, а највеће повећање је било 10 mg/kg. Такође се ниво цинка у зрну значајно разликовао између сорти у контроли на обе локације. Корелациона анализа је показала да повећање приноса зрна није било у вези са смањењем концентрације цинка у зрну. У контроли, свако повећање приноса зрна од 1 t/ha, било је праћено повећањем концентрације цинка у зрну од 2,47 mg/kg, а када се узму у обзир контрола и фолијарни третман повећава се за 2,43 mg/kg.

Трофакторска анализа варијансе је открила значајан утицај сва три фактора на концентрацију протеина у зрну, али њихова интеракција није била значајна. Фолијарном применом цинка на крају цветања, у просеку за локације, сорте и производне сезоне концентрација протеина у зрну је повећана са 13,4% на 13,7%, док је у просеку за сорте и третман цинком била значајно виша у Земун Пољу (13,8%) него у Падинској Скели (13,3%). Просечан ниво протеина у зрну сорти Талас и Ратарица (13,85% и 14,04%, по реду) био је значајно виши у односу на остале анализиране сорте. Третман цинком је повећао ниво протеина у зрну сваке сорте на нивоу целог огледа, али повећање није било значајно у свим случајевима; највеће повећање у односу на контролу је било 5,8%. На основу података добијених на локацији Земун Поље није утврђена статистичка значајност линеарне регресије концентрације цинка на концентрацију цинка у зрну, нити у контроли, нити у третману са применом цинка и корелација није била значајна, док је на локацији Падинска Скела јасно показана статистичка зависност модела линеарне зависности ова два параметра. Када је цинк био фолијарно примењен, свако повећање концентрације цинка у зрну од 1 mg/kg било је праћено повећањем концентрације протеина од скоро 0,1%.

**Дискусија.** Ово поглавље се састоји од четири потпоглавља. У потпоглављу Утицај предсетвеног третмана семена цинком на концентрацију цинка у семену констатовано је да су добијени резултати у сагласности са резултатима других аутора и да истраживања новијег датума указују да се знатно веће повећање концентрације цинка у семену може добити предсетвеним третманом семена раствором са вишом концентрацијом цинка, али су предложене и максималне концентрације цинка. У потпоглављу Утицај предсетвеног третмана семена, локације и сорте и на суву масу главног изданка и укупну суву масу свих изданка истакнуто је да побољшан раст пшенице на нивоу целог огледа може да се доведе у везу са улогом цинка у физиолошким процесима као што су деоба и издуживање ћелија. Будући да је доступан мали број истраживања у којима је у пољским огледима проучаван утицај предсетвеног третмана семена водом и цинком на раст усева у каснијим фенофазама раста, а код нас је утврђен позитиван утицај на раст кукуруза, потребно је да се проучи динамика раста пшенице у нашим агроколошким условима. У потпоглављу Утицај предсетвеног третмана семена, локације и сорте на компоненте приноса је констатовано да ранија истраживања не указују на конзистентан позитиван утицај

третмана водом и цинком на све компоненте приноса пшенице, што је утврђено и у приказаном истраживању. Наглашено је да је праћено ницање у пољу, али подаци нису бележени јер није било разлика између третмана семена током целог периода извођења огледа. Међутим, као могућ узрок повећања приноса зрна третманом са цинком у другој производној сезони на обе локације, наводи се боље презимљавање пшенице, јер у нашем подручју током зиме долази до оштећења и пропадања биљака, што треба да буде предмет будућих истраживања. У потпоглављу Утицај предсетвеног третмана семена, локације и сорте на принос зрна пшенице је најпре констатовано да разлика између две огледне локације у концентрацији цинка у земљишту који је доступан биљкама највероватније није утицала на принос зрна пшенице, иако земљиште у Земун Пољу може да се класификује као потенцијално дефицитарно у цинку. На нивоу целог огледа третман цинком је значајно повећао принос зрна пшенице у односу на контролу и третман водом, али није зависио од обезбеђености земљишта цинком и разликовао се у две производне сезоне, што указује на додатни позитиван утицај цинка у односу на хидратацију семена и да зависи од фактора околине. Ранија истраживања су извођена углавном у подручјима са малом количином падавина и указала су да се повећање приноса зрна пшенице третманом семена цинком углавном везује за побољшано ницање и склоп усева. Недавно је показано да третман семена са знатно вишом концентрацијом цинка (0,5 M ZnSO<sub>4</sub>) нема токсичан утицај на пшеницу, те је истакнуто да би виши ниво цинка у семену можда имао израженији утицај на испитиване сорте. Предсетвени третман водом није значајно повећао принос зрна у односу на контролу на нивоу целог огледа и његов утицај је био мање изражен него третман цинком посматрано одвојено за сваку сорту. Међутим, у ранијим истраживањима показан је позитиван утицај третмана семена водом на ницање и принос пшенице и других усева, али су она најчешће извођена у семи аридним и аридним подручјима. Стога је истакнуто да треба проучити утицај третмана семена цинком на презимљавање пшенице, јер је на обе локације у другој производној сезони, када је третман семена значајно повећао принос зрна, температура ваздуха у јануару била нижа него у првој сезони, и треба узети у обзир да се сорте пшенице разликују према интезитету бокорења.

У потпоглављу Утицај фолијарне примене цинка, локације и сорте на принос зрна пшенице констатовано је да једнократна фолијарна примена цинка није значајно утицала на принос зрна пшенице, што је у сагласности са резултатима истраживања са двоструким фолијарним третманом, али је указано да учинковитост третмана може да зависи од обезбеђености земљишта цинком. Повећање приноса зрна забележено за сорту Дика у једној производној сезони у Земун Пољу и за сорту Ратарница, такође у једној производној сезони у Падинској Скели, указују да утицај фолијарне примене цинка може да зависи и од особина сорте које одређују потенцијал приноса. У потпоглављу Утицај локације, сорте и фолијарне примене цинка на концентрацију цинка у зрну пшенице истакнуто је да је концентрација цинка у зрну проучаваних сорти у контроли била знатно нижа у Земун Пољу него у Падинској Скели што се може довести у везу са концентрацијом цинка у

земљишту. Истакнуто је да досадашња малобројна истраживања изведена у Србији, заједно са резултатима приказаних истраживања указују на велике разлике у концентрацији цинка у зрну пшенице која се код нас гаји, као и да је ипак ниска са становишта нутритивне вредности, имајући у виду да су производи од зрна пшенице у великој мери заступљени у исхрани људи. Биофортификација пшенице цинком може да се изведе успешно у комбинацији са пестицидима који се примењују у производњи, и за разлику од претходних истраживања у којима је двострука или трострука примена цинка у касним фенофазама знатно повећала ниво цинка у зрну, показано је да једнократна примена цинка на крају цветања, јер је тада уједно и најкаснији термин за примену пестицида у производној пракси на нашем подручју, може да побољша нутритивну вредност зрна пшенице на различитим локацијама без додатних трошкова производње. Нешто веће повећање нивоа цинка у зрну на локацији Земун Поље се може довести у везу са нижом концентрацијом цинка у контроли у односу на другу локацију. Такође је наглашено да разлике између сорти у акумулацији цинка у зрну у контроли треба да буду предмет будућих истраживања и да резултати указују да високи приноси зрна у интензивној производњи пшенице највероватније не ограничавају потенцијал за биофортификацију зрна када се цинк примени фолијарно на крају цветања. У потпоглављу Утицај локације, сорте и фолијарне примене цинка на концентрацију протеина у зрну пшенице указано је да је измерена концентрација протеина у зрну на нивоу целог огледа у сагласности са ранијим истраживањима која се односе на домаће сорте пшенице у нашем подручју. Фолијарна примена цинка је значајно повећала ниво протеина у зрну на нивоу целог огледа, међутим, посматрано за сваку производну сезону на обе локације, повећање није било значајно за све сорте, што је у сагласности са претходним истраживањима. Добијени резултати потврдили су везу између цинка и протеина у зрну, јер је за пет испитиваних сорти утврђена значајна корелација између цинка и протеина у зрну у Падинској Скели у контроли и у фолијарном третману цинком, што није био случај локацији Земун Поље, где је ниво цинка у зрну био знатно нижи, што указује да је њихова интеракција мање изражена када је ниво цинка низак.

**Закључци.** На основу дефинисаних циљева истраживања, добијених резултата и дискусије изведени су следећи закључци:

Истраживање изведено на две локације током две производне сезоне показало је да је предсетвени третман семена цинком значајно повећао принос зрна сорти озиме хлебне пшенице у односу на контролу и третман са водом на нивоу целог огледа, и то за 8% и 6%, по реду, што указује на малу ефикасност третмана семена водом у односу на третман цинком, односно додатни ефекат цинка у односу на хидратацију семена коју пружа третман водом. Међутим, утицај третмана семена цинком на принос зрна није био једнако изражен у две производне сезоне на обе огледне локације и није зависио од концентрације цинка у земљишту која је доступна биљкама, по чему су се локације разликовале;

Са друге стране, предсетвени третман семена није значајно утицао на мерене компоненте приноса, што је потврђено и додатном једнофакторском анализом варијансе изведене засебно за сваку сорту, за оба локалитета и обе производне сезоне. Стога се повећање приноса не може са сигурношћу довести у везу са показатељима

продуктивности који се односе на клас и масу 1000 зрна, као ни у директну везу са побољшаним растом пшенице који је утврђен мерењем суве масе изданака у фази влатања, јер је утицај третмана сменена био значајан само на једној локацији у једној производној сезони. Будући да на презимљавање озиме пшеница у нашем подручју у великој мери утичу ниске температуре и особине земљишта, предмет проучавања будућих истраживањима треба да буде утицај третмана цинком, али и других микроелемената на презимљавање, као и друге показатеља продуктивности током вишегодишњег периода, како би се добио јаснији увид у ефикасност ове мере у нашим агроколошким условима. Резултати су такође потврдили раније показану значајаност утицаја сорте, локације и њихове интеракције на принос зрна и компоненте приноса;

На основу резулата који се односе на утицај фолијарне примене цинка на крају цветања може се извести закључак да се овим третманом може значајно повећати концентрација цинка у зрну домаћих високо приносних сорти пшенице. Будући да је раније показано да биофортификација цинком може успешно да се спроведе у комбинацији са пестицидима, фолијарна примена цинка на крају цветања не би довела до повечања трошкове производње. Истовремено је примена цинка код неких сорти значајно повећала концентрацију протеина у зрну и потврђена је корелација између новог цинка и протеина у зрну. Позитивна корелација између приноса зрна и концентрације цинка у зрну указује да високи приноси зрна који се постижу у интензивној производњи пшенице не умањују потенцијал за биофортификацију цинком фолијарном применом цинка. Имајући у виду да скорашња истраживања указују на низак статус цинка код одраслих људи у Србији, биофортификација зрна пшенице фолијарном применом цинка у каснијим фенофазама до краја цветања може да буде препоручена за повећање дијетарног уноса цинка.

**Литература.** Ово поглавље садржи 291 референцу, које су адекватно цитиране у дисертацији и одговарају предмету проучавања.

### 3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација Драгане Ивановић, дипломираног инжењера, под насловом **„Утицај предсетвеног третмана семена водом и цинком на принос пшенице и биофортификација зрна фолијарном применом цинка“** представља оригиналан научни рад који је у потпуности реализован у складу са планом и програмом предвиђеним пријавом дисертације. Циљеви истраживања су јасно дефинисани на основу темељно истражених литературних извора, и применом одговарајућих метода су успешно реализовани. Резултати овог рада представљају значајан научни допринос као основу за даља истраживања о учинковитости примене предсетвеног третмана семена у производњи пшенице у агроколошким условима на нашем подручју, као и допринос досадашњим истраживањима биофортификације пшенице цинком. Добијени резултати указују на позитиван утицај предсетвеног третмана семена цинком на принос зрна пшенице, који је био више изражен него третман семена водом, независно од локације, али се утицај разликовао по производним сезонама, те су потребна додатна истраживања у нашем подручју. Даље су резултати јасно и по први пут до сада показали да су домаће високо приносне сорте хлебне озиме пшенице прилагођене на биофортификацију цинком фолијарном применом цинка. Једнократан третман на крају цветања, а то значи без

додатних трошкова у производњи за додатна прскања, може значајно да повећа ниво цинка у зрну пшенице и тиме побољша дијетарни унос цинка, при чему високи приноси зрна не ограничавају потенцијал за биофортификацију. Утицај цинка на ниво протеина у зрну је био мање изражен, али је значајно повећан на нивоу целог огледа.

На основу изнетог, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију Драгане Ивановић, дипломираног инжењера, под насловом **„Утицај предсетвеног третмана семена водом и цинком на принос пшенице и биофортификација зрна фолијарном применом цинка“** и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, да усвоји позитивну оцену и тиме омогући кандидату да приступи јавној одбрани докторске дисертације.

Чланови Комисије:

---

др Јасна Савић, редовни професор  
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду  
Ужа научна област: Ратарство, повртарство, цвећарство, крмно и лековито биље

---

др Весна Кандић, виши научни сарадник  
Институт за кукуруз „Земун Поље“  
Ужа научна област: Генетика и оплемењивање

---

др Љубиша Живановић, ванредни професор  
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду  
Ужа научна област: Посебно ратарство

---

др Марија Кнез, научни сарадник  
Институт за медицинска истраживања, Универзитет у Београду  
Ужа научна област: Исхрана људи

---

др Љубиша Коларић, доцент  
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду  
Ужа научна област: Посебно ратарство

## Прилог

Публикован научни рад из дисертације у међународном часопису:

**Ivanović, D.**, Dodig, D., Đurić, N., Kandić, V., Tamindžić, G., Nikolić, N., Savić J. (2021): Zinc biofortification of bread winter wheat grain by single zinc foliar application. *Cereal Research Communications*, <https://doi.org/10.1007/s42976-021-00144-2>

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Датум: 24.06.2021. год.

## ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације под насловом „*Утицај предсетвеног третмана семена водом и цинком на принос принос пшенице и биофортификација зрна фолијарном применом цинка*“, аутора Драгане Ивановић, констатујем да утврђено подударење текста износи 8%. Овај степен подударности последица је подударања општих места и података, топонима, коришћених метода, цитата, као и претходно публикованих резултата који су проистекли из истраживања докторанда, што је у складу са чланом 9. Правилника. Подударење по сегментима је 1% и мање од 1%.

На основу свега изнетог и у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност ове докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Ментор

др Јасна Савић, редовни професор