

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

| I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ | | |
|---|-------------------------|---|
| <p>1. Датум и орган који је именовao комисију: На 33. седници одржаној 16.04.2021. године, Наставно-научно веће Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду је именовало Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Дине Хасанагића.</p> | | |
| <p>2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i>:</p> | | |
| 1. Пураћ др Јелена | редовни професор | Молекуларна биологија, 01.07.2020. |
| презиме и име | звање | ужа научна област и датум избора |
| Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет | | председник комисије |
| установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |
| 2. Сања др Крстић | виши научни сарадник | Биохемија, 24.02.2021. |
| презиме и име | звање | ужа научна област и датум избора |
| Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет | | члан |
| установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |
| 3. Вељовић-Јовановић др Соња | научни саветник | Физиологија биљака, 10.10.2007. |
| презиме и име | звање | ужа научна област и датум избора |
| Универзитет у Београду, Институт за Мултидисциплинарна Истраживања | | члан |
| установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |
| 4. Кукавица др Биљана | редовни професор | Биохемија и молекуларна биологија, 30.03.2019. |
| презиме и име | звање | ужа научна област и датум избора |
| Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет | | ментор |
| установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |
| 5. Којић др Данијела | редовни професор | Биохемија, 01.07.2020. |
| презиме и име | звање | ужа научна област и датум избора |
| Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет | | ментор |
| установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме: Дино (Илијас) Хасанагић
2. Датум рођења, општина, држава: 28.09.1981. Приједор, Босна и Херцеговина
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Универзитет у Сарајеву, Природно-математички факултет, мастер академске студије биологије. Магистар биологије-усмјерење биохемија и физиологија.
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2015. Докторске академске студије Доктор наука -биолошке науке.

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Ефекат зеолита на параметре антиоксидативног статуса код парадајза (*Solanum lycopersicum* L.) и кукуруза (*Zea mays* L.) у условима суше

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација кандидата Дине Хасанагића је написана на српском језику, латиничним писмом, са кључном документацијском информацијом на српском и енглеском језику.

Дисертација садржи 212 страна, А4 формата. Текст је написан на 187 страна и подељен на 8 поглавља: Увод (2 стране), Преглед литературе (48 страна), Циљеви и задаци (1 страна), Материјал и методе (20 страна), Резултати (61 страна), Дискусија (16 страна), Закључак (2 стране), Литература (37 страна). Дисертација садржи 52 слике, 11 табела и 392 литературна навода. На почетку дисертације, без нумерације налазе се Наслов рада, Кључна документацијска информација на српском и енглеском језику, Захвалница, Списак скраћеница и Садржај. На крају дисертације је дати су Биографија кандидата и План третмана података.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов докторске дисертације је јасно дефинисан, одражава суштину испитиване проблематике и директно указује на циљ испитивања.

У поглављу **Увод**, укратко се описује предмет и циљ истраживања докторске дисертације. Указано је на значај суше, као и на проблем примене алумосиликата код ове проблематике, те на потребу за разумевање узрока и процену ризика који леже у основи овог комплексног проблема. Комисија сматра да је кроз Увод кандидат јасно упознао читаоца са проблематиком истраживања и његовим значајем.

Поглавље **Преглед литературе** је подељено на осам потпоглавља. У првом потпоглављу описани су водни режим код биљака и водни дефицит. У другом потпоглављу описан је еколошки значај водног дефицита код биљака. У трећем потпоглављу описан је развој оксидативног стреса у биљним ћелијама у условима суше те механизам настанка реактивних врста кисеоника. Четврто потпоглавље описује промене у фотосинтетичком метаболизму у условима суше те штетне последице које настају у биљним ћелијама. У петом потпоглављу детаљно су представљени начини метаболичких адаптација биљака на услове суше, при чему су посебно описани следећи механизми: анатомско-морфолошка прилагођавања, евоутивне адаптације фотосинтетичког метаболизма, осмотска прилагођавања, улога LEA протеина, прилагођавања мембранских система, молекуларни путеви сигналинга, улога абсцисинске киселине, механизам реакције стома и антиоксидативни метаболизам. У шестом и седмом поглављу представљен је преглед досадашњих истраживања која су се бавила утицајем суше на метаболизам биљака парадајза, односно кукуруза те је наглашена актуелност ове проблематике. На крају овог поглавља, у осмом потпоглављу, детаљним прегледом савремених литературних извора, представљен је значај истраживања примене зеолита код узгоја биљака са акцентом на услове суше. Анализом поглавља Комисија констатује да је поглавље Преглед литературе написано систематично, јасно и да су успешно представљена досадашња сазнања о проблематици докторске дисертације.

У поглављу **Циљ и задаци** јасно је дефинисана полазна хипотеза у истраживању те је јасно и у складу с тим написан циљ истраживања докторске дисертације, а то је да се испита ефекат примене зеолита у спречавању настанка оксидативног стреса код парадајза и кукуруза у условима суше. Наглашена је важност испитивања механизма метаболичког одговора испитиваних биљних врста због могућности специфичног одговора врсте на услове суше. Реализација циља испланирана је кроз неколико задатака, при чему је наглашено праћење основних морфо-анатомских карактеристика, биохемијско-физиолошких параметара повезаних са фотосинтезом те анализирање протеинских профила, параметара антиоксидативног метаболизма и концентрације хемијских елемената. Комисија је сагласна да је кандидат јасно представио циљеве истраживања и да су они у складу са циљевима наведеним приликом пријаве докторске дисертације.

Поглавље **Материјал и методе** садржи четири потпоглавља. У првом потпоглављу описана је анализа физичко-хемијских карактеристика зеолита (одређивање садржаја оксида алуминијума и силицијума, концентрације метала, специфичне површине, капацитета измене катјона те одређивање рН вредности). У другом потпоглављу детаљно је описана поставка експеримената и формирање узорака за сваку фазу посебно, где је представљена поставка прелиминарног експеримента, а потом су описане поставке експеримената у другој години, посебно на биљкама парадајза и посебно на биљкама кукуруза. У трећем потпоглављу представљен је детаљан план и начин узорковања биљака. У четвртом потпоглављу представљене су све методе којима су рађене лабораторијске анализе узоркованих биљака: морфолошке анализе, анатомске анализе, анализе карактеристика стома, одређивање реалтивног садржаја воде те свеже и суве масе, анализа фотосинтетичке активности и интензитета транспирације, одређивање концентрације фотосинтетичких пигмената, начин припреме протеинских екстраката, одређивање концентрације протеина, одређивања активности аскорбат пероксидазе, пероксидаза Класе III и каталазе, одређивање ензимске активности методом нативне електрофорезе те одређивање молекулских маса пероксидазних изоформи методом модификоване SDS електрофорезе, раздвајање протеина методом SDS електрофорезе, одређивање концентрације редукованог и оксидованог аскорбата, одређивање садржаја фенола и квантитативна анализа одабраних фенола применом LC-MS/MS технике, одређивање садржаја хемијских елемената методом атомске апсорпционе спектрофотометрије те

статистичка обрада података.

Комисија оцењује да су Материјал и методе адекватни и савремени. Кандидат је експерименталне поступке приказао систематично и јасно, чиме је омогућена поновљивост анализа.

Поглавље **Резултати** је подељено на четири потпоглавља која прате фазе истраживања. Резултати истраживања су приказани прегледно, са великим бројем табеларних као и одговарајућих слика, праћених адекватним текстуалним објашњењима. У првом потпоглављу приказани су резултати добијени истраживањем физичко-хемијских особина зеолита који је примењиван у експериментима, где је представљен садржај оксида силицијума и алуминијума, те концентрација хемијских елемената (K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Co, Cd). Такође, дата је вредност измерене специфичне површине зеолита, потом вредност капацитета измене катјона са околним раствором те је представљена промена рН вредности у суспензији зеолита. У другом потпоглављу представљени су резултати добијени у прелиминарном истраживању на биљкама парадајза. Овде су описани сви резултати добијени анализом морфо-анатомских параметара, биохемијско-физиолошких параметара повезаних са фотосинтезом те параметара антиоксидативног метаболизма код биљака парадајза подвргнутих утицају суше, при чему је тестирана концентрација зеолита од 20%. У трећем потпоглављу представљени су резултати добијени из експеримента на биљкама парадајза у другој години, где су код биљака подвргнутих утицају суше примењене две концентрације зеолита, 5% и 10%. Истакнути су одређени позитивни али и негативни ефекти примене зеолита у супстрату. Позитивни ефекти су најпре констатовани код биљака парадајза узгајаних под оптималним водним режимом и то код примене 10% зеолита, при чему су добијене веће вредности мерених морфолошких параметара, садржаја ензима *Rubisco*, као и концентрације хлорофила *a* и *b*. Код примене 5% зеолита у супстрат делимично је постигнут ефекат спречавања негативних последица суше, судећи према биохемијско-физиолошким параметрима везаним за фотосинтезу и појединим параметрима антиоксидативног метаболизма. Код ових биљака примењено је нешто мање затварање стоминог отвора, мање је редукован интензитет фотосинтезе и транспирације као и концентрација хлорофила, а дошло је и до блажег одговора супероксид дисмутазе и аскорбат пероксидазе. У четвртном потпоглављу представљени су резултати добијени анализом на биљкама кукуруза. Описане су углавном негативне последице примене зеолита, где се наглашава и негативан утицај на раст и на концентрацију хемијских елемената код биљака које су имале оптималан водни режим. Осим тога описано је да примена зеолита у датим концентрацијама код биљака кукуруза није довела до ублажавања последица оксидативног стреса, судећи према показатељима антиоксидативног метаболизма. Констатовано је да је применом од 10% зеолита у супстрат биљака кукуруза подвргнутих утицају суше дошло до редистрибуције хемијских елемената при чему су се смањила концентрација калцијума те се повећала концентрација цинка, што је додатно повећало штетни утицај суше који се манифестовао повећањем концентрације фенола и активности пероксидаза. Анализом овог поглавља Комисија сматра да су резултати истраживања адекватно анализирани и прегледно приказани.

У поглављу **Дискусија** дата је анализа и интерпретација резултата. Дискусија је подељена у два потпоглавља како би пратила проблематику насталу услед негативних ефеката суше те остварења која су постигнута применом зеолита. Најпре су анализирани резултати добијени услед негативног утицаја суше на код обе испитиване врсте. При том је дат осврт на очекиване резултате те су добијене вредности упоређиване са резултатима других аутора који су се бавили овом проблематиком. Детаљно су описани механизми насталих метаболичких промена које су уследиле под утицајем суше где је изнет редослед догађаја који су се дешавали приликом развоја ћелијског оксидативног стреса. Констатовано је који су адаптивни механизми били истоветни те се одиграли на сличан начин код обе испитиване врсте, али су истакнуте и поједине разлике у антиоксидативном одговору, које се односе на путеве деградације водоник пероксида. Поређењем са литературним подацима извешена је биохемијска карактеризација изоформи супероксид дисмутазе код обе испитиване врсте биљака те су истакнути механизми неутрализације реактивних врста кисеоника од стране овог ензима, али и од стране аскорбат пероксидазе. Из добијених резултата истакнута је специфично индукована пероксидазна изоформа код биљака парадајза која је карактеристична за утицај суше, те је описана њена улога у лигнификацији проводних судова. Поређењем са одговарајућим литературним изворима анализирана је улога специфичне пероксидазне изоформе чија је молекулска маса приближно 49 kDa, за коју је констатовано да у кооперацији са фенолним

киселинама (феруличном, кафеичном и р-кумаричном) доприноси анатомском прилагођавању листова у условима дуготрајне суше. У другом потпоглављу дискутовано је о начину утицаја зеолита на режим минералне исхране те су представљени механизми мобилизације хемијских елемената између зеолита и околног раствора. Описане су могућности механизма утицаја зеолита на водни режим биљака те су наглашени утицај начина његове примене и примене у датим концентрацијама на добијене резултате. Констатован је селективан утицај зеолита на биљке парадајза и кукуруза, при чему је као разлог за негативни ефекат код биљака кукуруза истакнут синергистички утицај промењене рН вредности, повишене концентрације цинка те смањене концентрације калцијума. Истакнуто је да се применом само релативно мале концентрације зеолита (5%), равномерно распоређеног у супстрату може постићи позитиван ефекат у спречавању негативних последица оксидативног стреса код биљака парадајза. Комисија закључује да су резултати су детаљно анализирани и продискутовани заједно са актуелним литературним подацима.

У оквиру поглавља **Закључак**, јасно и систематично су приказани закључци који директно проистичу из резултата истраживања и њихове дискусије. На основу наведених закључака комисија сматра да су остварени циљеви докторске дисертације.

Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

Резултати ове докторске дисертације су до сада објављени у једном оригиналном научном раду, у часопису међународног значаја, потом у једном саопштењу на скупу међународног значаја, штампани у изводу, као и у једном саопштењу на скупу националног значаја, штампани у изводу.

Категорија М22, ИФ = 1,760

Hasanagić, D., Koleška, I., Kojić, D., Vlaisavljević, S., Janjić, N., Kukavica B. (2020): Long term drought effects on tomato leaves: anatomical, gas exchange and antioxidant modifications. Acta Physiologiae Plantarum, 42:121. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03114-z>

Категорија М34

Hasanagić, D., Kojić, D., Kukavica, B.: The role of zeolite in reducing oxidative damage in tomato plants exposed to drought. Journal of Biotechnology and Biomaterials 7 (1) p.74, 2nd International Conference on Enzymology and Molecular Biology. Rome, Italy, 20-21. March 2017.

Категорија М64

Hasanagić, D., Kravić, V., Kukavica, B.: Uticaj koncentracije zeolita u pogledu otpornosti na oksidativni stress izazvan sušom u listovima kukuruza. Drugi Kongres biologa Srbije, Zbornik izvoda radova, str. 269, Kladovo, Srbija, 25-30. Septembar, 2018.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Резултати добијени истраживањем које је спроведено у овој докторској дисертацији обухватају две биљне врсте, парадајз (*Solanum lycopersicum* L.) и кукуруз (*Zea mays* L.), а њихова анализа укључила је метаболичке адаптације на стрес изазван сушом те ефекте које је имао зеолит у спречавању негативних последица овог абиотичког фактора. Након сумирања свих урађених анализа може се констатовати да су добијени резултати довели до следећих сазнања:

Испитивани култивари кукуруза и парадајза поред очекиваног метаболичког одговора који је универзалан код биљака у стању стреса изазваног сушом имају донекле различит механизам антиоксидативног метаболизма. Те разлике су највише изражене у путевима деградације водоник пероксида индукованог у ћелијама фотосинтетичких ткива услед утицаја суше.

Применом зеолита код узгоја парадајза може да се допринесе побољшаном расту и развоју биљака уколико се обезбеди адекватно водоснабдевање, док у условима суше додавање зеолита у супстрат може да ублажи негативне последице водног дефицита, само уколико се примени у мањој концентрацији (до 5% у односу на укупну масу супстрата). Ублажавање негативних последица суше манифестовало се кроз параметре фотосинтетичког метаболизма и кроз мањи интензитет оксидативног стреса на шта указују параметри антиоксидативног метаболизма.

Већа концентрација зеолита додатаог у супстрат биљака парадајза (20%) може додатно да отежа стрес изазван сушом, а овакав феномен се може повезати са неповољним водним режимом супстрата због неадекватно распоређених честица зеолита. Интензиван оксидативни стрес код додатка 20% зеолита показан је на основу одговора ензимских, али и неензимских компоненти антиоксидативног метаболизма.

Услед неадекватне дистрибуције и доступности хемијских елемената, примена зеолита у супстрату код оптималног наводњавања биљака кукуруза имала је негативан утицај на раст изданка.

Код биљака кукуруза изостао је позитиван ефекат зеолита за који се очекивало да ће довести до ублажавања негативних последица суше, при чему је његова примена у концентрацији од 10% додатно отежала режим минералне исхране и проузроковала интензивнији биохемијско-физиолошки одговор на стрес, на шта указују вредности садржаја ензима *Rubisco* те вредности садржаја протеина малих молекулских маса и параметара антиоксидативног метаболизма.

Узимајући у обзир да је примена зеолита у условима суше значајно зависила од избора биљне врсте али и од начина и количине његове примене добијени резултати пружају нови аспект у разматрању његове употребе у узгоју биљака те отвара могућност за наставак истраживања на ову тему усмерен према селекцији биљне врсте а посебно према примењеној концентрацији.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

На основу прегледа докторске дисертације, Комисија сматра да је она јасно структурирана и урађена у складу са темом дисертације, планом и циљевима предвиђеним у пријави теме. Резултати истраживања су прегледно представљени и правилно анализирани, детаљно дискутовани и упоређени са резултатима других аутора. На основу резултата и дискусије изведени су закључци који дају одговор на постављене циљеве истраживања. Комисија даје позитивну оцену приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?
Да, Комисија оцењује да је докторска дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Да, Комисија оцењује да дисертација садржи све битне елементе неопходне за овакву врсту рада: дефинисану тему истраживања, преглед постојећих истраживања у области, детаљан приказ експерименталних метода, јасан и прегледан приказ резултата и њихову дискусију коришћењем адекватне литературе. Закључци су правилно изведени из добијених резултата. У списку литературе налазе се сви литературни извори који су цитирани у тексту дисертације.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Резултати ове докторске дисертације пружају значајан оригиналан допринос у практичном смислу јер су добијени врло важни подаци о адекватном начину примене зеолита у превазилажењу абиотичког стреса изазваног сушом, што изузетно може да олакша узгој испитиваних врста биљака. Парадајз и кукуруз су биљне врсте са огромним економским значајем које се конзумирају широм света, а биохемијско-физиолошке карактеристике њиховог метаболизма у условима суше које су представљене у овој дисертацији дају изузетно значајан допринос научној заједници. Анализама су обухваћене две биљне врсте, различите по типу фотосинтетичког метаболизма, а примена зеолита укључила је и различите концентрације, што је омогућило добијање шире слике у оквиру испитиване проблематике. Део добијених резултата је публикован у оригиналном научном раду категорије M22, а део је публикован путем саопштења на две научне конференције (једна са међународним а друга са националним значајем), што указује на квалитет и оригиналност спроведених истраживања.

Напомена: Докторска дисертација је прошла проверу оригиналности применом софтвера за детекцију плагијаризма iThenticate који је показао да „индекс сличности” (енгл. similarity index) износи 10 % (према упутству произвођача софтвера, све вредности испод 15 % представљају оригиналан рад). Комисија закључује да је ова докторска дисертација оригинално дело и да не представља плагијат

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

По мишљењу Комисије, ова докторска дисертација нема значајних недостатака.

| |
|--|
| X ПРЕДЛОГ: |
| На основу наведеног, комисија предлаже: |
| - да се докторска дисертација под називом „Ефекат зеолита на параметре антиоксидативног статуса код парадајза (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) и кукуруза (<i>Zea mays</i> L.) у условима суше ” прихвати , а кандидату Дини Хасанагићу одобри одбрана . |

У Новом Саду, 22.04.2021.

1. др Јелена Пураћ, редовни професор,
Универзитет у Новом Саду, Природно-
математички факултет
_____, председник

2. др Сања Крстић, виши научни сарадник,
Универзитет у Новом Саду, Природно-
математички факултет
_____, члан

3. др Соња Вељовић-Јовановић, научни
саветник, Универзитет у Београду,
Институт за Мултидисциплинарна
Истраживања
_____, члан

4. др Биљана Кукавица, редовни
професор, Универзитет у Бањој Луци,
Природно-математички факултет
_____, ментор

5. др Данијела Којић, редовни професор,
Универзитет у Новом Саду, Природно-
математички факултет
_____, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.