

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Број захтева: 32/25-7.1.
Датум: 28.02.2024.

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
БИОТЕХНИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

Кандидат **Александра (Александар) Жебељан**, студент докторских студија на студијском програму Пољопривредне науке, пријавила је докторску дисертацију под називом: „Плава трулеж јабучастог воћа у Србији - проузроковачи и физиолошке промене у зараженим плодовима јабуке“

из научне области Фитомедицина.

Универзитет је дана 08.10.2019. године, својим актом 02-08 Број: 61206-3961/2-19 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: «Етиологија плаве трулежи јабучастог воћа у Србији и физиолошке промене у зараженим плодовима јабуке».

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 01.12.2023. године, одлуком Факултета број 32/22-6.1. у саставу:

име и презиме члана комисије, звање, научна област, установа у којој је запослен

1. др Ивана Вицо, редовни професор, Фитопатологија, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
2. др Наташа Дудук, редовни професор, Фитопатологија, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
3. др Андреја Урбанек Крајнц, ванредни професор, Ботаника, Универзитет у Марибору - Факултет за пољопривредне и биолошке науке,
4. др Горан Алексић, научни саветник, Фитопатологија, Институт за заштиту биља и животну средину, Београд и
5. др Драган Радивојевић, редовни професор, Опште воћарство, Универзитет у Београду- Пољопривредни факултет.

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној 28.02.2023. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др Душан Живковић

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/25-7.1.
Датум: 28.02.2024. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 44. Статута Пољопривредног факултета, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 28.02.2024. године, донело је

О Д Л У К У

I ПРИХВАТА СЕ извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднела **АЛЕКСАНДРА ЖЕБЕЉАН, мастер** и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **«ЕТИОЛОГИЈА ПЛАВЕ ТРУЛЕЖИ ЈАБУЧАСТОГ ВОЋА У СРБИЈИ И ФИЗИОЛОШКЕ ПРОМЕНЕ У ЗАРАЖЕНИМ ПЛОДОВИМА ЈАБУКЕ».**

II Универзитет је дана 08.10.2019. године, актом 02-08 број: 61206-3961/2-19, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови кандидата у научном часопису који га квалификују за одбрану докторске дисертације:

1. **Žebeljan, A.**, Vico I., Duduk N., Žiberna B., Urbanek Krajnc, A. (2019): Dynamic changes in common metabolites and antioxidants during *Penicillium expansum*-apple fruit interactions. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 106:166-194. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2019.02>.
2. **Žebeljan A.**, Vico I., Duduk N., Žiberna B., Urbanek Krajnc A. (2021): Profiling changes in primary metabolites and antioxidants during apple fruit decay caused by *Penicillium crustosum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 113, 101586. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2020.101586>.
3. **Žebeljan A.**, Duduk N., Vučković N., Jurick WM II, Vico I. (2021): Incidence, Speciation, and Morpho-Genetic Diversity of *Penicillium* spp. Causing Blue Mold of Stored Pome Fruits in Serbia. *Journal of Fungi*. 2021; 7(12):1019. <https://doi.org/10.3390/jof7121019>.

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН**

(Проф. др Душан Живковић)

Доставити: кандидату, ментору, Институту за фитомедицину, Студентској служби и архиви.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Београд – Земун

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата Александре Жебељан, мастер инжењера пољопривреде

На основу члана 57. Став 1. Правилника о правилима докторских студија Пољопривредног факултета, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 01.12.2023. године донело је одлуку бр. 32/22-6.1. да се образује Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александре Жебељан, мастер инжењера пољопривреде, под насловом: „Етиологија плаве трулежи јабучастог воћа у Србији и физиолошке промене у зараженим плодовима јабукe”. Комисија у саставу др Ивана Вицо, редовни професор, др Наташа Дудук, редовни професор, др Андреја Урбанек Крајнци, ванредни професор, Факултет за пољопривредне и биолошке науке Универзитета у Марибору, др Горан Алексић, научни саветник, Институт за заштиту биља и животну средину, Београд, и др Драган Радивојевић, редовни професор, подноси следећи извештај:

ИЗВЕШТАЈ

1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација кандидата Александре Жебељан, мастер инжењера, написана је на 123 странице писаног текста укључујући 20 оригиналних фотографија, 15 графикана и 25 табела, а цитирано је 330 извора литературе. Испред основног текста налази се насловна страна на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, захвалница и резиме са кључним речима на српском и енглеском језику.

Докторска дисертација садржи осам основних поглавља, и то: Увод (страна 1), Преглед литературе (странице 2-23), Циљеви истраживања (страна 24), Материјал и методе (странице 25-33), Резултати (странице 34-88), Дискусија (странице 89-98), Закључак (странице 99-100) и Литература (странице 101-123). На крају текста налази се Биографија кандидата (страна 124), Изјава о ауторству (страна 125), Изјава о истоветности штампане и

електронске верзије докторске дисертације (страница 126) и Изјава о коришћењу (страница 127).

2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Етиолошка проучавања у оквиру ове докторске дисертације показала су да су проузроковачи плаве трулежи јабучастог воћа у Србији врсте из рода *Penicillium*. Међу њима, доминантно изолована врста била је *P. expansum* (изолована из плодова јабуке, крушке и дуње), а затим *P. crustosum* (изолована из плодова јабуке, крушке, дуње и мушмуле) и *P. solitum* (изолована из плода дуње). У овим истраживањима врсте *P. crustosum* и *P. solitum* су први пут у свету описане на плодовима дуње и *P. crustosum* на плодовима мушмуле, а у Србији је први пут описана врста *P. expansum* на плодовима дуње. Изолати ових врста су молекуларно идентификовани, а одабрани изолати су детаљно молекуларно и морфолошки окарактерисани. Молекуларна карактеризација је обухватила анализу ITS, *BenA*, *CaM* и RPB2 региона, као и појединачне и мултилокус филогенетске анализе. Морфолошка карактеризација обухватила је проучавање макроскопских и микроскопских одлика изолата на диференцијалним подлогама. У истраживању је испитана вирулентност изолата на плодовима јабука различитих сорти и праћене су физиолошке промене и њихова динамика од момента инокулације до развоја болести на инокулисаним плодовима јабуке.

На основу молекуларних карактеристика и филогенетских анализа јасно су се раздвојиле идентификоване врсте, а у оквиру *P. expansum* и *P. crustosum* уочена је генетичка варијабилност и постојање хаплотопова. Испитиване врсте су се разликовале у вирулентности на инокулисаним плодовима различитих сорти јабуке. *P. expansum* је испољио већу вирулентност од *P. crustosum*, а *P. solitum* је испољио најслабију вирулентност. Такође, РСА и кластер анализе на основу молекуларних, морфолошких и карактеристика вирулентности јасно су раздвојиле врсте и потврдиле њихову идентификацију, а у оквиру *P. expansum* и *P. crustosum* потврђена је интраспецијска варијабилност. У оквиру *P. expansum* издвојиле су се две, а у оквиру *P. crustosum* три групе. Испитивање физиолошких промена у зараженим плодовима показало је да је након инокулације изолатима *P. expansum* и *P. crustosum* дошло до активирања одбрамбених механизма у плодовима јабуке. У току развоја болести утвђене су промене у концентрацији примарних метаболита и антиоксиданата. Ове промене су биле сличне, али је њихова динамика зависила од патогена који је проузроковао болест.

Увод. У уводном поглављу указано је на економски значај плаве трулежи јабучастог воћа коју проузрокују врсте рода *Penicillium* у току чувања, затим на физиолошке промене у плодовима током инфекције и укратко су приказана испитивања обухваћена овом дисертацијом.

Преглед литературе. Преглед литературе садржи седам потпоглавља у којима су изнети доступни литературни подаци: Економски значај јабучастог воћа, Досадашња проучавања болести ускладиштених плодова јабучастог воћа у свету и Србији (приказане су економски значајне болести плодова јабуке, крушке, дуње и мушмуле и њихови проузроковачи), Плава трулеж јабучастог воћа (указано је на економски значај и симптоме обољења и приказани су проузроковачи болести који су опиани у свету и Србији), Основне карактеристике *Penicillium* spp. проузроковача плаве трулежи (приказане су основне одлике рода, морфологија врста и животни циклус), Основне карактеристике *Penicillium expansum*, *P. crustosum* и *P. solitum* (појединачно за сваку врсту су приказани распрострањеност, круг домаћина, макроскопске морфолошке одлике, микроскопске морфолошке одлике, микотоксини и други секундарни метаболити и еколошке одлике), Идентификација врста рода *Penicillium* (приказане су морфолошке, биохемијске и молекуларне таксономске карактеристике врста овог рода) и Физиолошке промене у здравим и зараженим плодовима јабуке током чувања (приказане су промене у здравом плоду у току чувања, као и патофизиолошке промене након инфекције). Овако написан преглед литературе представља детаљан приказ најважнијих аспеката проучавања плаве трулежи јабучастог воћа и физиолошких промена у зараженим плодовима јабуке и на тај начин даје одличну основу за праћење и анализу добијених резултата.

Циљеви истраживања. У овом поглављу су јасно наведени циљеви истраживања спроведених у овој докторској дисертацији.

Материјал и методе. У овом поглављу које садржи девет потпоглавља детаљно су, на следљив начин, образложене све примењене методе. У потпоглављу Прикупљање плодова јабучастог воћа приказани су локалитети из којих су сакупљени узорци плодова који су коришћени за даља истраживања. Потпоглавља Изолација гљива из оболелих плодова и добијање чистих култура и Провера патогености добијених изолата, реизолација гљива и добијање моноспоријалних изолата дају опис коришћених стандардних фитопатолошких метода, а детаљно је описан и поступак провере патогености добијених изолата вештачким инокулацијама плодова јабуке и плодова воћа из којих су добијени изолати. У оквиру потпоглавља Молекуларна детекција, идентификација и карактеризација описане су методе екстракције нуклеинских киселина по СТАВ протоколу и умножавање специфичних региона DNA. У циљу специфичне детекције врсте *P. expansum* коришћен је PEF/PER пар прајмера заснован на делу гена за полигалактуроназу (*PepgI*), а за идентификацију и карактеризацију изолата коришћена су четири пара прајмера који умножавају ITS регион rDNA регион, део гена за β -tubulin (*BenA*), део гена за калмодулин (*CaM*), и део гена за другу по величини подјединицу која сачињава ензим RNA полимеразу II (*RPB2*). Приказани су коришћени прајмери, као и услови умножавања и визуелизације добијених продуката. Добијени продукти су секвенцирани у оба смера, секвенце су сређене, коришћене за поређење са секвенцама

доступним у бази података GenBank и депоноване у NCBI GenBank базу података. Филогенетске анализе урађене су на основу појединачних секвенци четири региона (ITS, *BenA*, *CaM* и *RPB2*), као и на основу спојених секвенци више генских локуса (мултилокус анализа) и то три (*BenA*, *CaM* и *RPB2*) и сва четири региона. У оквиру потпоглавља Морфолошка карактеризација изолата описане су методе испитивања микроскопских и макроскопских карактеристика одабраних изолата кроз оцену изгледа и боје колонија, пигментације подлоге и брзине пораста на диференцијалним хранљивим подлогама, као и проучавања изгледа и начина формирања конидиофора и конидија и њихових димензија. У потпоглављу Испитивање биохемијских особина – Ehrlich-ов тест описана је метода за утврђивање способности изолата да синтетишу циклопиазонску киселину. У потпоглављу Испитивање вирулентности изолата описан је поступак испитивања вирулентности изолата на плодовима три сорте јабуке. Начин инокулације, припрема узорака за анализу и биохемијске анализе промена у концентрацији примарних метаболита (шећера и органских киселина) и антиоксиданата током инфекције и развоја болести у вештачки инокулисаним плодовима јабуке приказано је у потпоглављу Испитивање физиолошких промена у плодовима јабуке инокулисаним *P. expansum* и *P. crustosum*. Примењене статистичке методе, укључујући Кластер анализу и РСА, описане су у поглављу Статистичка обрада података.

Резултати. Резултати истраживања приказани су јасно и концизно, у девет потпоглавља уз одговарајућа текстуална објашњења, табеле, оргиналне слике и графиконе који илуструју добијене резултате. У оквиру потпоглавља Плава трулеж на прикупљеним плодовима јабучастог воћа описани су симптоми на сакупљеним зараженим плодовима јабуке, крушке, дуње и мушмуле. У потпоглављу Изолати *Penicillium* spp. из заражених плодова јабучастог воћа наведено је да је из 112 симптоматичних плодова добијено 96 изолата прелиминарно идентификованих на основу морфологије као *Penicillium* spp. Укупно је изолован 71 изолат плодова јабуке, 14 из плодова крушке, 10 из плодова дуње и један изолат из плода мушмуле. Порекло изолата (локалитети, сорте домаћина, број прикупљених плодова и број добијених изолата) је детаљно приказано на мапи и у табели. У потпоглављу Патогеност добијених изолата приказани су резултати успешне провере патогености испитиваних изолата и документована је појава симптома, док је из зараженог ткива успешно извршена реизолација. У потпоглављу Молекуларна идентификација и карактеризација изолата *Penicillium* spp. приказани су резултати молекуларне детекције врсте *P. expansum* применом специфичних прајмера, као и идентификације три врсте кроз умножавање четири региона ITS, *BenA*, *CaM* и *RPB2*, анализу добијених секвенци, њихово међусобно поређење, као и поређење сличности са референтним секвенцама из света депонованим у NCBI GenBank бази података. На основу молекуларних карактеристика и филогенетских анализа јасно су се раздвојиле врсте *P. expansum*, *P. crustosum* и *P. solitum*. У оквиру врста *P. expansum* и *P. crustosum* уочена је генетичка варијабилност (у три, односно два локуса) и описани су хаплотипови. У

потпоглављу Морфолошка карактеризација изолата *Penicillium* spp. приказане су макроскопске и микроскопске одлике испитиваних изолата. Изолати све три врсте формирали су плавозелене колоније са или без ексудата, различите боје наличја, *terverticillata*, ређе *biverticillata* конидиофоре, цилиндричне раме и метуле, цилиндричне до ампулиформне фијалиде и конидије глатких зидова у низу. Изолати су се разликовали по томе што су конидиофоре *P. expansum* биле глатких зидова, *P. crustosum* назубљених, док су конидиофоре *P. solitum* биле глатке или благо назубљених зидова. Осим тога, *P. solitum* је формирао највеће конидије. Кластер анализом морфолошких одлика у оквиру врсте *P. expansum* уочено је груписање изолата у две групе (на основу брзине пораста, пигментације и боје наличја колоније), док је у оквиру *P. crustosum* уочено груписање изолата у три групе (на основу брзине пораста колонија). У потпоглављу Биохемијске карактеристике изолата *Penicillium* spp. приказани су резултати Ehrlich-овог теста који упућују на то да шест изолата *P. expansum* синтетише циклопиазонску киселину, док остали изолати ове врсте као и изолати *P. crustosum* и *P. solitum* стварају остале алкалоиде. У потпоглављу Вирулентност изолата *Penicillium* spp. на плодовима јабуке изложени су резултати испитивања вирулентности изолата на инокулисаним плодовима различитих сорти јабуке. *P. expansum* је испољио већу вирулентност од *P. crustosum*, док је *P. solitum* испољио најслабију вирулентност. *P. expansum* је био највирулентнији на плодовима јабуке сорте Црвени Делишес, док је *P. crustosum* био подједнако вирулентан на плодовима јабука сорти Златни Делишес и Црвени Делишес. Обе врсте су најслабију вирулентност испољиле на плодовима јабуке сорте Грени Смит. Највећа разлика у вирулентности између *P. expansum* и *P. crustosum* уочена је на плодовима јабуке сорте Црвени Делишес. Осим тога, на попречном пресеку инокулисаних плодова јабуке уочено је да је *P. crustosum* изазвао трулеж тамније боје и спорулација је била присутна и у унутрашњости плодова, док је *P. expansum* проузроковао трулеж светлије боје, а спорулација је била присутна само око места инокулације. У потпоглављу Упоредна анализа изолата *Penicillium* spp. приказано је да су PCA и кластер анализе на основу молекуларних одлика, морфолошких карактеристика и вирулентности јасно раздвојиле врсте и потврдиле њихову идентификацију. Такође, потврђена је интраспецијска варијабилност у оквиру врста *P. expansum* и *P. crustosum*. У оквиру *P. expansum* су се издвојиле две групе на основу брзине пораста колоније, боје наличја колонија на PDA и MEA (крем или жуто наличје), разлике у обојености наличја на CYA (крем розе до црвена) и филогеније (*BenA*, *CaM*, *RPB2* и мутилилокус). У оквиру *P. crustosum* издвојиле су се три групе на основу брзине пораста колонија, филогеније (*RPB2* и мутилилокус) и вирулентности. У потпоглављу Физиолошке промене у плодовима јабуке инокулисаним *P. expansum* и *P. crustosum* приказане су физиолошке промене у зараженим плодовима јабуке сорте Ајдаред од момента инокулације изолатима *P. expansum* и *P. crustosum* до развоја болести, 11 дана после инокулације. Утврђено је да долази до промена у концентрацији примарних метаболита (шећера - сахарозе, глукозе и фруктозе; органских киселина - јабучне и шикиминске киселине), као и антиоксиданата (глутатиона, аскорбата

и фенола). Ове промене су биле сличне, али је њихова динамика зависила од патогена који проузрокује инфекцију. Реакција зараженог плода јабуке била је интензивнија и динамичнија након инокулације изолатом *P. expansum* који је вирулентнији. Утврђено је да су фруктоза, глукоза и јабучна киселина, као и аскорбатно-глутатионски циклус важни и променљиви маркери који кроз балансирано унакрсно деловање имају комплексну улогу у одбрани плодова јабуке од болести коју проузрокују врсте рода *Penicillium*. Такође, показано је да промене аскорбатно-глутатионског циклуса покрећу и друге одбрамбене механизме у плоду јабуке чији носиоци су фенолна једињења.

Дискусија. У шест потпоглавља дискутовани су, тумачени и повезивани резултати истраживања са раније спроведеним истраживањима у свету и у Србији. Етиологија плаве трулежи и најзначајнији проузроковачи ове болести продискутовани су у оквиру потпоглавља Плава трулеж јабучастог воћа и проузроковачи. Резултати испитивања етиологије плаве трулежи јабучастог воћа у оквиру ове докторске дисертације показали су да је *P. expansum* проузроковао плаву трулеж плодова јабуке, крушке и дуње, *P. crustosum* плодова јабуке, крушке, дуње и мушмуле, а *P. solitum* плодова дуње. У потпоглављу Молекуларне карактеристике *Penicillium* spp. из јабучастог воћа анализирани су резултати примене специфичних прајмера у детекцији *P. expansum*, као и њихова погодност и специфичност. Идентификација и карактеризација заснована на четири генска региона, као и филогенетске анализе појединачних и спојених секвенци које су примењене у овом истраживању у сагласности су са најновијим таксономским критеријумима који омогућавају поуздану идентификацију врста у оквиру овог рода. На основу ITS региона раздвојиле су се врсте *P. expansum*, *P. crustosum* и *P. solitum*, али у оквиру врста није уочена варијабилност и овај регион није био довољно варијабилан да би омогућио разликовање сродних врста као што су *P. solitum*, *P. discolor* и *P. echinulatum*. За разлику од овог, у оквиру врсте *P. expansum* уочена је генетичка варијабилност у три генска локуса (*BenA*, *CaM* и *RPB2*), а у оквиру *P. crustosum* у два генска локуса (*CaM* и *RPB2*). Добијени резултати су у складу са литературним подацима да је *BenA* међу најстабилнијим регионима и од највеће филогенетске вредности за идентификацију врста рода *Penicillium*. У потпоглављу Морфолошке и биохемијске карактеристике *Penicillium* spp. из јабучастог воћа анализирани су проучене макроскопске и микроскопске морфолошке карактеристике испитиваних изолата, као и способност изолата да синтетишу циклопиазонску киселину. У потпоглављу Вирулентност *Penicillium* spp. из јабучастог воћа дискутована је вирулентност *P. expansum*, *P. crustosum* и *P. solitum* на плодовима јабуке различитих сорти, као и сличности и разлике у симптомима које проузрокују. У потпоглављу Интраспецијска варијабилност *Penicillium* spp. из јабучастог воћа анализирано је постојање више подгрупа у оквиру врста *P. expansum* и *P. crustosum*. У оквиру истраживања у овој дисертацији утврђено је да на основу одређених морфолошких и молекуларних особина изолата *P. expansum*, као и на основу појединих морфолошких, молекуларних и карактеристика вирулентности изолата *P. crustosum* постоји

интраспецијска варијабилност што је продискутовано у оквиру овог потпоглавља. У потпоглављу Физиолошке промене у плодовима јабуке зараженим *P. expansum* и *P. crustosum* анализирана је динамика промена у примарним метаболитима и антиоксидантима у плодовима јабуке инокулисаним изолатима *P. expansum* и *P. crustosum*. Уочено је да се одбрамбени одговори плода јабуке активирају након инокулације, да се ови одговори понављају у току развоја болести, али да интензитет и динамика промена зависи од проузроковача болести што је у овом потпоглављу дискутовано са налазима других аутора у сличним патосистемима.

Закључак. У овом поглављу изведени су бројни закључци који у потпуности произилазе из спроведених истраживања. Из 112 плодова са симптомима плаве трулежи сакупљених из 20 локалитета добијено је 96 изолата и то 71 из плодова јабуке, 14 из плодова крушке, 10 из плодова дуње и један изолат из плода мушмуле. На основу молекуларних одлика применом специфичних прајмера за полигалактуроназу детектовани су изолати *P. expansum*, а на основу карактеристика четири генска региона (ITS, *BenA*, *CaM* и *RPB2*), анализом појединачних и спојених секвенци (мутилокус), као проузроковачи плаве трулежи јабучастог воћа у Србији идентификоване су три врсте рода *Penicillium*: *P. expansum*, *P. crustosum* и *P. solitum*. *P. expansum* је био најчешће изолована врста (91,67%), а затим *P. crustosum* (7,29%), док је заступљеност *P. solitum* била 1,04%. Нови налази у овој дисертацији су први опис *P. crustosum* и *P. solitum* као проузроковача плаве трулежи плодова дуње и *P. crustosum* као проузроковача плаве трулежи плодова мушмуле у свету, као и први опис *P. expansum* као проузроковача плаве трулежи плодова дуње у Србији. Идентификоване врсте су се на основу молекуларних карактеристика и филогенетских анализа јасно раздвојиле, а у оквиру *P. expansum* и *P. crustosum* уочена је генетичка варијабилност и описани су хаплотипови. Изолати све три врсте формирали су плавозелене колоније, *terverticillata*, ређе *biverticillata* конидиофоре, и конидије у низу. На инокулисаним плодовима различитих сорти јабуке *P. expansum* је испољио већу вирулентност од *P. crustosum*, док је *P. solitum* испољио најслабију вирулентност. РСА и кластер анализе на основу молекуларних и морфолошких карактеристика и вирулентности јасно раздвојиле врсте и потврдиле њихову идентификацију, а у оквиру *P. expansum* и *P. crustosum* потврђена је интраспецијска варијабилност. У зараженим плодовима јабуке од момента инокулације изолатима *P. expansum* и *P. crustosum* до развоја болести (11 дана после инокулације) долази до промена у концентрацији примарних метаболита (шећера - сахарозе, глукозе и фруктозе; органских киселина - јабучне и шикиминске киселине), као и антиоксиданата (глутатиона, аскорбата и фенола). Ове промене су биле сличне, али њихова динамика зависи од патогена који проузрокује инфекцију.

Литература. У дисертацији су наведене 330 референци, како страних тако и домаћих аутора, које одговарају проучаваној проблематици, актуелне су и дају детаљан увид у проученост овог проблема у свету и у Србији.

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Александре Жебељан, мастер инжењера, под насловом: „Етиологија плаве трулежи јабучастог воћа у Србији и физиолошке промене у зараженим плодовима јабуке” је оригинално научно дело. Спроведена истраживања урађена су у потпуности у складу са одобреном пријавом дисертације и представљају самостални експериментално-истраживачки научни рад кандидата чиме су се стекли услови за њену јавну одбрану. Дисертација представља обимна истраживања о врстама рода *Penicillium* проузроковачима плаве трулежи, болести плодова ускладиштеног јабучастог воћа од великог економског значаја и заступљености у свету и Србији. У истраживањима у оквиру ове докторске дисертације као проузроковачи плаве трулежи јабучастог воћа у Србији идентификоване су и окарактерисане три врсте рода *Penicillium*, и то *P. expansum*, *P. crustosum* и *P. solitum*. Врсте *P. crustosum* и *P. solitum* су први пут у свету описане као патогени плодова дуње и *P. crustosum* као патоген плодова мушмуле, док је у Србији *P. expansum* први пут описан као проузроковач плаве трулежи плодова дуње.

Идентификовани проузроковачи плаве трулежи јабучастог воћа детаљно су окарактерисани на основу молекуларних, морфолошких и патогених одлика што је значајан допринос ове докторске дисертације у проучавањима врста рода *Penicillium* у нашој земљи и свету. Молекуларна карактеризација на основу ITS, *BenA*, *CaM* и RPB2 региона, као и појединачне и мултолокус филогенетске анализе показале су јасно раздвајање идентификованих врста, али и постојање генетичке варијабилности на основу које су описани хаплотипови у оквиру *P. expansum* и *P. crustosum*. Морфолошка карактеризација изолата *P. expansum*, *P. crustosum* и *P. solitum* на диференцијалним подлогама показала је сличности макроскопских (плавозелене колоније) и микроскопских одлика (*terverticillata*, ређе *biverticillata* конидиофоре, и конидије у низу), али и разлике у назубљености стипа и величини конидија. Врсте су се разликовале и у патогеним одликама и након инокулације плодова три сорте јабуке, *P. expansum* је испољио већу вирулентност од *P. crustosum*, а *P. solitum* је испољио најслабију вирулентност.

Веома значајан допринос ове докторске дисертације је и проучавање интеракције биљка-патоген у специфичном патосистему некротрофна гљива и плод јабуке након бербе. Проучавања физиолошких промена у плодовима јабуке зараженим *P. expansum*, односно *P. crustosum* показала су да се одбрамбени одговори плода јабуке активирају након заражавања. Промене концентрација примарних метаболита и антиоксиданата у оба патосистема су сличне и понављају се, али динамика тих промена зависи од вирулентности патогена који проузрокује инфекцију. Проучавање ових одбрамбених реакција плода јабуке у току интеракције са патогеном од тренутка продирања и остваривања инфекције до слома отпорности плода, колонизације и развоја трулежи, доприноси разумевању процеса инфекције и може послужити као основ у развоју специфичних стратегија заштите.

Имајући у виду све изнето, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидата Александре Жебељан, мастер инжењера, под насловом: „Етиологија плаве трулежи јабучастог воћа у Србији и физиолошке промене у зараженим плодовима јабуке” и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду, да ову позитивну оцену усвоји и тиме омогући кандидату да пред истом Комисијом јавно брани докторску дисертацију.

Београд-Земун

Дана 20.12.2023. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Ивана Вицо, редовни професор
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
(Ужа научна област: Фитопатологија)

др Наташа Дудук, редовни професор
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
(Ужа научна област: Фитопатологија)

др Андреја Урбанек Крајнц, ванредни професор
Универзитет у Марибору, Факултет за пољопривредне и биолошке науке
(Ужа научна област: Ботаника)

др Горан Алексић, научни саветник,
Институт за заштиту биља и животну средину, Београд
(Ужа научна дисциплина: Фитопатологија)

др Драган Радивојевић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
(Ужа научна област: Опште воћарство)

Прилог: Објављени радови докторанда Александре Жебељан који су садржински повезани са дисертацијом, објављени су у међународним научним часописима који се налазе на SCI листи и квалификују кандидата за одбрану дисертације.

1. Žebeljan, A., Vico I., Duduk N., Žibera B., Urbanek Krajnc, A. (2019): Dynamic changes in common metabolites and antioxidants during *Penicillium expansum*-apple fruit interactions. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 106:166-194. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2019.02>.
2. Žebeljan A., Vico I., Duduk N., Žibera B., Urbanek Krajnc A. (2021): Profiling changes in primary metabolites and antioxidants during apple fruit decay caused by *Penicillium crustosum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 113, 101586. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2020.101586>.
3. Žebeljan A, Duduk N, Vučković N, Jurick WM II, Vico I. (2021): Incidence, Speciation, and Morpho-Genetic Diversity of *Penicillium* spp. Causing Blue Mold of Stored Pome Fruits in Serbia. *Journal of Fungi*. 2021; 7(12):1019. <https://doi.org/10.3390/jof7121019>.

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и Извештаја из програма *iThenticate* којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације **„Етиологија плаве трулежи јабучастог воћа у Србији и физиолошке промене у зараженим плодовима јабуке”**, аутора Александре Жебељан, дана 25.10.2023. године, константујемо да утврђена количина подударања текста износи 4%. Овај степен подударности последица је личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, као и претходно публикованих резултата истраживања докторанда, који су проистекли из њене дисертације, што је у складу са чланом 9. овог Правилника.

На основу свега изнетог, а 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 докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Ментор:

др Ивана Вицо, редовни професор
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет