

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

Датум: 10. 11. 2017. год.

Предмет: Извештај Комисије о оцени урађене докторске дисертације дипл. инж. мастера Михајла Ћирића

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета број 461/10-4.1. од 27.9.2017. године, именована је Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације дипл. инж. мастера Михајла Ћирића, истраживача сарадника у Институту за ратарство и повртарство у Новом Саду, под насловом: „Утицај интеракције генотипа и спољне средине на принос и квалитет корена шећерне репе“.

Комисија у саставу: др Славен Продановић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Горан Јаћимовић, ванредни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Новом Саду, др Маја Манојловић редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Новом Саду, др Душан Ковачевић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и др Томислав Живановић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, прегледала је и оценила докторску ову дисертацију и подноси Већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација дипл. инж. - мастера Михајла Ћирића написана је на 150 страница текста и садржи 24 табеле, 35 графикана и 2 слике. У дисертацији су цитирана 242 извора литературе.

Докторска дисертација садржи пре основног текста насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, захвалницу, Сажетак на српском и енглеском језику и Садржај. Основни текст се састоји од следећих поглавља: Увод (стр. 1-4), Циљ истраживања (стр. 5), Преглед литературе, са четири потпоглавља (стр. 6-26), Радна хипотеза (стр. 27), Материјал и метод рада, са четири потпоглавља (стр. 28-35), Резултати и дискусија, са осам потпоглавља (стр. 36-118), Закључак (стр. 119-122) и Литература (стр. 123-147). После основног текста, дисертацији су прикључени: Биографија аутора, Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије дисертације и Изјава о коришћењу.

2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ

У **Уводу** дисертације, кандидат наводи да шећерна репа (*Beta vulgaris* L.) представља странооплодну, дикотиледону биљну врсту из фамилије *Amaranthaceae*.

Истакнут је значај шећерне репе са економског и научног становишта. Истакнута је важност ове биљне врсте у пољопривредној производњи, технологији и прехрамбеној индустрији Србије. Укратко су наведене површине, приноси и земље у којима се ова пољопривредна култура гаји. Шећерна репа тражи одговарајуће земљиште и климу за гајење. Производња шећерне репе одвија се искључиво на квалитетним земљиштима јер ова култура тражи висок садржај хумуса и присуство влаге у земљишту током летњих месеци. За постизање високих приноса ова биљка захтева просечну дневну температуру од 15 до 21 °C у доба интензивног раста и развоја и око 460 *mm* падавина у току вегетационог периода (или примену наводњавања), као и дуготрајну осунчаност. Велики значај у уводу дисертације стављен је на агротехничке мере, а посебно на исхрану биљака, односно ђубрење као најважнију агротехничку меру која одређује висину приноса и квалитет корена шећерне репе. Приказан је значај три најважнија елемента којима се врши исхрана шећерне репе (азот - *N*, фосфор - *P* и калијум - *K*), заједно са њиховим улогама у животним процесима биљке.

У поглављу **Циљ истраживања** кандидат наводи да је основни циљ истраживања у овој дисертацији да се одреди начин реаговања генотипова (сорти) шећерне репе на утицај минералне исхране у оквиру постојећих агроеколошких услова на подручју Војводине, узимајући у обзир утицај године производње. У производњи се налазе различите сорте шећерне репе, од којих неке припадају приносном типу - *E*, друге су нормални тип - *N*, а треће су шећерни тип - *Z*, а постоје и прелазни типови. Истраживања у дисертацији треба да дају одговор да ли сорте које припадају различитим типовима и имају различиту наследну основу специфично реагују на ђубрење (*N*, *P*, *K*), и како се то одражава на њихове продуктивне особине (принос и квалитет корена). Одговор на примену ове агротехничке мере даје анализа интеракције генотипа и фактора спољне средине, односно агроеколошких фактора, која се обележава са *GE*. Појава интеракције значи да захтеви и потребе сорти за хранивима нису исти, а циљ ових истраживања је да се одреде облици и квантификују параметри интеракције. Сазнања о разликама у реаговању сорти (типова и генотипова) на агроеколошке чиниоце, а посебно на ђубрење, од значаја су за произвођаче шећерне репе због тога што трошкови исхране биљака чине знатан део укупних трошкова производње. Циљ је да се на основу добијених резултата препоруче одговарајућа агротехничка решења за ђубрење, односно да се дају адекватне препоруке произвођачима. Сазнања из ове дисертације битна су и оплемењивачима шећерне репе јер им помажу да одреде правце селекције на принос и квалитет корена, као и њихову међузависност, а такође им омогућују да примене одговарајуће агротехничке мере при избору супериорних генотипова, у зависности од тога са којим типом шећерне репе (*E*, *N*, *Z*) раде.

Поглавље **Преглед литетатуре** обухвата четири потпоглавља.

У потпоглављу **Квалитет шећерне репе** објашњен је овај термин као сложена особина која се односи на садржај шећера и укупне нечистоће. Нечистоће обухватају штетни калијум, штетни натријум и алфа аминокиселине азот (штетни азот). Шећерна репа је калиофилна биљка и калијум доприноси повећању отпорности биљака на неповољне услове средине. Међутим, уколико се његова концентрација повећа и нађе се у сувишку, калијум непољно утиче на екстракцију сахарозе јер се везује за молекуле шећера. На сличан начин представљен је ефекат натријума на вредност и прераду корена шећерне репе. Азотна једињења, попут пурина, пиримидина и слободних аминокиселина обједињена су под именом алфа аминокиселине азот. Кроз преглед радова бројних

истраживача приказан је утицај еколошких фактора и минералне исхране на наведене компоненте квалитета шећерне репе. Разлика између садржаја шећера и садржаја укупних нечистоћа представља технолошки важан параметар који се означава искоришћење шећера. Повезаност овог параметра са приносом корена дефинише се као као принос кристалног шећера по хектару.

Потпоглавље **Минерална исхрана и ђубрење шећерне репе** приказује ефекте ђубрења ове ратарске културе азотом, фосфором и калијумом на принос корена и квалитет. Наведено је да се мањи део ових елемената потребних биљци обезбеђује из земљишта, док већи део биљке добијају ђубрењем, односно прихраном. За ђубрење азотом представљена је актуелна литература која указује да азот доприноси расту и развоју биљног организма пошто учествује у грађи хлорифила, нуклеинских киселина, ензима и фитохормона. Изнето је да азот доприноси појави интензивно зелене боје листова, као и продуктивности шећерне репе, повећавајући садржај суве материје у корену. Преко спектра радова већег броја аутора илустровано је да мале количине азота редукују принос корена шећерне репе, док превелике дозе подстичу раст лисне масе, продужавају вегетацију усева и истовремено смањују квалитет корена и екстракцију шећера. У наставку је истакнута важност повећања ефикасности усвајања азотних хранива као и селекције у том правцу како би се смањило загађење животне средине, а пре свега вода са неискоришћеним остацима минералних ђубрива. Кроз већи број научних радова указано је на значај ђубрења фосфором јер фосфор представља градивну јединицу у молекулима *АТФ*-а, нуклеинских киселина, фосфолипида као и других органских молекула и има значајну улогу у активацији ензима, регулацији фотосинтезе и синтези шећера. Наглашено је да су обрадива земљишта у Србији дефицитарна у погледу фосфора. Добра обезбеђеност фосфором омогућава биљци да брже развије коренов систем, што јој омогућује бољи приступ води у дубљим слојевима земљишта и лакше подношење неповољних услова спољне средине. Наведено је да фосфор има битан утицај на квалитет корена. Истраживања еминентних аутора о значају ђубрења калијумом истичу да калијум активира велики број ензима при транспирацији. Биљке које су добро обезбеђене овим елементом имају мањи транспирациони коефицијент, односно троше мање воде при стварању органске материје и отпорније су на сушу и неповољне услове средине. Вубрење калијумом значајно утиче на принос и квалитет шећерне репе. Представљене су прогнозе стручњака да ће се у будућности селекција биљака усмеравати у правцу стварања хибрида који ефикасније користе ђубрива односно усвајајају мање количине хранива уз одржавање високих приноса.

У потпоглављу **Интеракција генотипа и средине** објашњени су појмови адаптабилност, стабилност и интеракција *GE*. Истакнуто је да је феномен интеракције карактеристичан за све гајене биљке, па и за шећерну репу. Појава интеракције дефинисана је као реакција генотипова на различите услове средине представљене различитим локацијама, годинама, агротехником, третманима ђубрења или комбинацијим наведених фактора. Поједини генотипови имају боље перформансе у одређеним срединама, а лошије у другим срединама. Указано је да постоје хибриди широке адаптабилности који могу да се гаје у различитим климатским и земљишним условима као и хибриди који боље перформансе остварују само у одређеним подручјима, као и да се оплемењивањем биљака и стварањем одговарајућих генотипова тежи да се проблеми адаптабилности и уске специфичности реше. Наведени су радови у којима је извршена класификација интеракције генотипа и средине и представљени различити типови овог феномена попут: појава да нема интеракције, постојање интеракције без измене ранга – неунакрсна интеракција, као и интеракције са изменом

ранга – унакрсна интеракција, а која је уједно најзначајнија за оплемењивање биљака и пољопривреду. Представљене су различите методе анализе интеракције генотипа и спољне средине, пре свега: анализа варијансе, регресиона анализа и *АММИ* модел.

У потпоглављу **Међузависност особина шећерне репе приказан је преглед литературе** о узајамној вези између агрономских, физиолошких и технолошких особина шећерне репе и њиховој важности за оплемењивање биљака и пољопривредну производњу. Као главни циљ селекције наведено је постизање равнотеже између особина како би се остварио компромис између оног чему се тежи и оног што је у датим околностима могуће.

У поглављу **Радна хипотеза** изнете су полазне претпоставке за истраживања у овој дисертацији, при чему је једна од основних претпоставки да избор сорти шећерне репе *E*, *N* и *Z* типа, различитог порекла, генетичке основе и фенотипских вредности квантитативних особина представља добар основ за анализу интеракције генотипа и агроколошких услова *GE*. Као последица колебања вредности метеоролошких показатеља током година гајења шећерне репе очекују се статистички значајне разлике између испитиваних генотипова за принос корена и особине квалитета. Такође, очекује се да коришћење различитих доза минералних ђубрива у којима су заступљени бројни односи азотних, фосфорних и калијумових ђубрива, у овим истраживањима, утиче на промене експресије особина шећерне репе; односно очекује се да ће се вредности особина шећерне репе разликовати у зависности од формулације хранива. При повећању вредности једних особина очекује се смањење вредности других особина, односно очекује се да агроколошки фактори доводе до промена у међузависности особина која се применом корелационе анализе може на одговарајући начин квантификовати и анализирати. На основу претходних резултата, претпоставља се да ће повећане количине примењених минералних ђубрива резултирати повећаним приносима корена шећерне репе, уз варирање вредности параметара технолошког квалитета. Једна од полазних хипотеза је да примењена *АММИ* (*Additive Main effect and Multiplicative Interaction*) метода за анализу интеракције омогућава јасну процену вредности истраживаних генотипова у односу на средину тј. њихову адаптабилност и стабилност.

Поглавље **Материјал и метод рада** састоји се из четири потпоглавља.

У потпоглављу **Подаци о огледу** наведено је да је истраживање је изведено на стационарном огледу Института за ратарство и повртарство у Новом Саду на Римским Шанчевима. Оглед је заснован као четворопољни плодоред (шећерна репа – кукуруз – сунцокрет – пшеница) који се у континуитету спроводи од 1965. године. Испитивање је обухватило две вегетационе сезоне, 2014. и 2015. годину. Оглед је организован према моделу подељених парцелица (*Split plot*) у три понављања. Ђубрење са целокупном количином фосфора, калијума и трећином азота спроведено је у јесен, док је преостали део азота примењен у пролеће. Примењено је двадесет варијанти третмана ђубрења (E): E1 – Контрола, без додавања хранива, E2 - N_{100} (kg), E3 - P_{100} , E4 - K_{100} , E5 - $N_{100}P_{100}$, E6 - $N_{100}K_{100}$, E7 - $P_{100}K_{100}$, E8 - $N_{50}P_{50}K_{50}$, E9 - $N_{50}P_{100}K_{50}$, E10 - $N_{50}P_{100}K_{100}$, E11 - $N_{100}P_{50}K_{50}$, E12 - $N_{100}P_{100}K_{50}$, E13 - $N_{100}P_{100}K_{100}$, E14 - $N_{100}P_{150}K_{50}$, E15 - $N_{100}P_{150}K_{150}$, E16 - $N_{150}P_{50}K_{50}$, E17 - $N_{150}P_{100}K_{50}$, E18 - $N_{150}P_{100}K_{100}$, E19 - $N_{150}P_{150}K_{100}$ и E20 - $N_{150}P_{150}K_{150}$. Семе је посејано у другој половини марта. Током обе вегетационе сезоне примењене су стандардне агротехничке мере за шећерну репу. Вађење корена је обављено ручно, током октобра у обе године.

У потпоглављу **Биљни материјал** наведено је да је за истраживање, као следећи третман, одабрано осам комерцијалних хибрида шећерне репе, и то два домаћа (НС) и шест страних: *G1* - Сара (*N* тип), *G2* - Лара (*Z* тип), *G3* - Тибор (*Z* тип), *G4* - Оригинал (*NZ* тип), *G5* - Тајфун (*Z* тип), *G6* - Алфонса (*NE* тип), *G7* - Марианка (*NZ* тип) и *G8* - Бегониа (*NE* тип). У овом потпоглављу приказано је порекло испитиваних генотипова шећерне репе. За сваки генотип, на свим парцелицама, одређене су вредности приноса корена (*t/ha*) и хемијским анализама утврђене вредности особина квалитета шећерне репе: садржај шећера (%), садржај калијума (*mmol/100g*); садржај натријума (*mmol/100g*) и садржај алфа аминокиселине азота (*mmol/100g*). На основу ових вредности израчунати су параметри технолошког квалитета корена шећерне репе: укупне штетне материје (%), искоришћење шећера (%) и принос кристалног шећера (*t/ha*).

У потпоглављу **Агрметеоролошки услови приказани су** основни метеоролошки показатељи у 2014. и 2015. години и особине земљишта на којима су постављени огледи. Од метеоролошких показатеља посебно су истакнуте средње месечне температуре, суме падавина за сваки месец у току вегетационог периода и инсолација, а коришћени су подаци директно Хидрометеоролошког завода Републике Србије са локалитета Римски Шанчеви ($45^{\circ}20' N$, $19^{\circ}51' E$, 84 m). У анализи временских прилика током трајања огледа указано је да је 2014. година била претежно хумидна, са надпросечном количином падавина у мају, јулу, августу и октобру, што се негативно одразило на садржај шећера и квалитет корена. Годину 2015. обележили су суша, високе температуре и велики дефицит падавина, што је посебно било изражено током јула и августа месеца, а што се негативно одразило на принос шећерне репе. Особине земљишта са локације огледа, типа чернозем, детаљно су анализирани, укључујући *pH*, садржај $CaCO_3$, хумуса, *N*, P_2O_5 и K_2O .

У потпоглављу **Статистичка анализа података** наводи се да је за оцену статистичке значајности интеракције генотип \times спољна средина за испитиване агрономске и технолошке особине шећерне репе коришћена *АММ* анализа. Извршена је анализа варијансе (*ANOVA*) за све третмане и њихове интеракције, док је за поређење просечних вредности употребљен Данканов (*Duncan*) тест. За испитивање корелација између посматраних особина шећерне репе коришћени су Пирсонови коефицијенти корелације. Примењена је мултиваријациона анализа, у циљу детерминисања главних адитивних компоненти које су графички представљене помоћу биплота.

Поглавље **Резултати и дискусија** састоји се од осам потпоглавља.

У потпоглављу **Принос корена** истакнуто је да је у обе године испитивања утврђен статистички значајан утицај испитиваних третмана (генотипова, варијанти минералне исхране и њихове интеракције) на принос корена шећерне репе. Највећи утицај на принос корена у 2014. години имала је минерална исхрана, док је у 2015. години већи значај имао генотип. Учешће интеракције у укупној варијабилности приноса корена износило је 26,3% у 2014. години, при чему је у интеракцији било значајно пет оса главних компоненти интеракције *IPCA* (*interaction principal component score acces*), односно 36,2% у 2015. години, када је било значајно четири *IPCA*. Просечан принос корена у повољнијој 2014. години код испитиваних хибрида шећерне репе варирао је од 76,9 *t/ha* код генотипа *G2* (Лара) до 88,0 *t/ha* код генотипа *G3* (Тибор), док се код варијанти ђубрења кретао у распону од 61,3 *t/ha* код контролне варијанте *E1* до 98,3 *t/ha* код варијанте *E10*, $N_{50}P_{100}K_{100}$. У 2015. години принос корена био је нижи и износио је од 41,3 *t/ha* код *G1* (Сара) до 50,6 *t/ha* код *G7* (Марианка), што је последица негативног утицаја високих температура и недостатка падавина (суше) у

овој години. Под утицајем испитиваних варијанти агротехничке мере ђубрења које су узете као облици деловања спољних фактора у 2015. години, просечан принос корена варирао је од 37,0 *t/ha* (E3) до 51,9 *t/ha* (E5 и E14). С обзиром да је интеракција генотипа и средине (варијанти минералног ђубрења) била значајна, урађена је АММИ анализа. Резултати анализе представљени су преко биплот графикона у којима су за осе коришћене принос корена и *IPCA* 1 (АММИ 1), односно *IPCA* 1 и *IPCA* 2 (АММИ 2). На основу АММИ 1 биплота, кандидат закључује да су у 2014. години највећу стабилност у погледу приноса корена имали хибриди G8 (Бегонија) и G3 (Тибор), као и третмани E17 ($N_{150}P_{100}K_{50}$) и E13 ($N_{100}P_{100}K_{100}$), док су у 2015. години најбољу стабилност показали генотипови G1 (Сара), G5 (Тајфун), G3 (Тибор) и G2 (Лара) као и варијанте ђубрења E14 ($N_{100}P_{150}K_{50}$) и E15 ($N_{100}P_{150}K_{150}$), на шта указују њихови мали интеракцијски вектори. У анализи резултата АММИ 2 биплота кандидат износи да су највећу стабилност приноса корена у 2014. години имали хибриди G2 (Лара) и G8 (Бегонија). Са друге стране, најмању стабилност приноса корена показали су генотипови G1 (Сара), G3 (Тибор), G6 (Алфонса) и G7 (Марианка), што сугерише да они захтевају специфичне услове производње. Најстабилније средине биле су E18 ($N_{150}P_{100}K_{100}$), E19 ($N_{150}P_{150}K_{100}$), E2 (N_{100}) и E10 ($N_{50}P_{100}K_{100}$), а међу њима су E10 и E18 омогућиле генотиповима да формирају високе приносе корена. У 2015. години су се од хибрида по стабилности истакли генотипови G1 (Сара), G5 (Тајфун), G3 (Тибор) и G2 (Лара). Мали интеракцијски вектори и високи просечни приноси утврђени су код третмана E14 ($N_{100}P_{150}K_{50}$), E15 ($N_{100}P_{150}K_{150}$) и E16 ($N_{150}P_{50}K_{50}$) који могу да се препоруче као стабилни третмани за производњу шећерне репе у циљу добијања високих приноса корена у сушним условима. Такође, кандидат истиче да се користећи АММИ 2 биплот може уочити позитивна асоцијација између хибрида и средина (G8 и E20 у 2014. години; G4 са E8, E11 и E20 у 2015. години), што је основ за давање препорука у вези начина ђубрења одређених хибрида шећерне репе и помаже при искоришћавању њихове генетичке основе у оплемењивању на специфичне услове исхране при којима се добијају високи приноси корена.

У потпоглављу **Садржај шећера** кандидат истиче да су у 2014. и 2015. години сви фактори испитивања имали значајан утицај на вредност ове особине. Највећи утицај на варијабилност у садржају шећера у 2014. имале су средине односно варијанте минералне исхране, док је у наредној сезони утицај генотипа био већи. Утицај интеракције у 2014. години износио је 28,27% и одређен је са седам *IPCA* оса, док је у наредној сезони износио 15,91% и одређен је са шест *IPCA* оса. Садржај шећера у 2014. години био је нижи него у 2015. години и варирао је између 9,55% и 16,6%. Ниже вредности процента шећера у 2014. години биле су последице обилних падавина и мање инсолације, а што се слаже са закључцима ранијих истраживања. Најмањи просечан садржај шећера (12,03%) имао је хибрид G6 (Алфонса), а највећи садржај шећера (14,5%) имао је G5 (Тајфун). Од варијанти ђубрења, најмањи садржај шећера (11,45%) у 2014. години утврђен је за E16 ($N_{150}P_{50}K_{50}$) док је највећи садржај шећера (14,28%) забележен за E3 (P_{100}). Докторант такође истиче да су у срединама без азота, као и са малом количином овог елемента забележене највеће вредности садржаја шећера. У наредној сезони, 2015. године, просечан садржај шећера био је за 4% већи у односу на претходну годину, што је у сагласности са резултатима ранијих истраживања у којима се истиче да у сушним годинама долази до повећања процента шећера у корену репе, у поређењу са просечним годинама. У 2015. години, највећи просечан садржај шећера (18,84%) имао је хибрид G5 (Тајфун), а најмањи (15,82%) хибрид G6 (Алфонса). Међу испитиваним агроеколошким срединама, највећи просечни садржај шећера од 18,28% имала је контролна варијанта, а затим и други третмани са нижим

садржајем азота и већи дозама фосфора и калијума, што је у сагласности са резултатима других аутора, по којима веће дозе азота неповољно утичу на ову особину. Према *АММИ 1* биplotу највећу стабилност садржаја шећера у 2014. години показали су хибриди *G5* (Тајфун) и *G8* (Бегонија) као и варијанте *E1* (Контрола), *E2* (N_{100}), *E7* ($P_{100}K_{100}$), *E8* ($N_{50}P_{50}K_{50}$), *E9* ($N_{50}P_{100}K_{50}$) и *E13* ($N_{100}P_{100}K_{100}$). *АММИ 1* анализа података у 2015. години показала је да највећу стабилност за ову особину испољавају генотип *G7* (Марианка) и средине *E7* ($P_{100}K_{100}$) и *E17* ($N_{150}P_{100}K_{100}$). Користећи *АММИ 2* биplot у 2014. години по малим вредностима интеракцијских скорова могу се издвојити хибриди *G4* (Оригинал) и *G7* (Марианка), као и средине *E5* ($N_{100}P_{100}$), *E3* (P_{100}), *E8* ($N_{50}P_{50}K_{50}$), *E13* ($N_{100}P_{100}K_{100}$), *E2* (N_{100}) и *E1* (контрола), које су се груписале око центра биplotа. На биplot графикону уочене су асоцијације у погледу садржаја шећера између генотипа *G8* (Бегонија) и средине *E14* ($N_{100}P_{150}K_{50}$), генотипа *G2* (Лара) и средине *E18* ($N_{150}P_{100}K_{100}$), док се генотип *G4* (Оригинал) налазио близу средина *E19* ($N_{150}P_{150}K_{100}$) и *E3* (P_{100}), што све указује на могућност формирања мега средина, као и давања препорука за ђубрење за сваки хибрид појединачно.

У потпоглављу **Садржај штетног калијума** наведено је да су резултати анализе варијансе показали да су у обе године испитивања сви фактори имали значајан утицај на вредност ове особине. У 2014. години на варијабилност у садржају штетног калијума највећи ефекат имали су фактори спољне средина, односно варијанте минералног ђубрива док је у 2015. години највећи утицај на варијабилност ове особине имао генотип. Интеракција *GE* била је значајна у првој години испитивања и утицала је на варијабилност садржаја калијума са 20,41%, а у другој са 30,75%. У 2014. години, најмањи просечан садржај калијума у корену (3,67 *mmol/100g*) имао је хибрид *G6* (Алфонса) и средина *E15* ($N_{100}P_{150}K_{150}$) (3,27 *mmol/100g*), а што је повољно у технологији прераде шећерне репе. У 2015. години најмањи просечан садржај калијума у корену (3,00 *mmol/100g*) имао је хибрид *G6* (Алфонса) и средина *E5* ($N_{100}K_{100}$) (3,11 *mmol/100g*).

У потпоглављу **Садржај штетног натријума** кандидат је истакао да је за све испитиване факторе утврђена значајност утицаја током обе године истраживања. Највећи утицај на варијабилност у садржају штетног натријума имали су варијанте минералне исхране у обе сезоне испитивања, а што је у сагласности са радовима аутора који су се раније бавили овом тематиком. Интеракција је била значајна у обе године испитивања. У 2014. години, најмањи просечни садржај штетног натријума (1,19 *mmol/100g*) забележен је код хибрида *G3* (Тибор) и код третмана *E4* (K_{100}) (0,86 *mmol/100g*), а што је повољно са аспекта технологије прераде шећерне репе. Годину 2015. обележиле су мање вредности садржаја натријума и мања варијабилност ове особине. У 2015. години најмањи садржај штетног натријума (1,00 *mmol/100g*) поново је утврђен код хибрида *G3* (Тибор), док се међу варијантама ђубрења по ниском садржају истакла средина *E5* ($N_{100}K_{100}$) (0,97 *mmol 100 g⁻¹*). Резултати указују на нижи садржај натријума у варијантама ђубрења са већим дозама калијума јер је шећерна репа калиофилна биљка, а што истичу и други аутори чија су истраживања наведена у овом потпоглављу.

У потпоглављу **Садржај штетног азота** докторант истиче да су резултати анализе варијансе показали да су сви испитивани фактори имали значајан утицај на садржај штетног азота у корену шећерне репе, током обе године испитивања. Највећи ефекат на варијабилност ове особине имале су средине, односно варијанте минералне исхране, а што је у сагласности са истраживањима других аутора. Интеракција *GE* била је значајна у обе године, у првој години била је одређена са шест *IPCA* оса, а у наредној сезони са четири осе. У повољнијој 2014. години било је просечно мање азота (2,12 *mmol/100g*) у корену шећерне репе, него у сушној 2014. години (3,47 *mmol/100g*). У

2014. години најмањи садржај штетног азота од 1,77 mmol/100g имао је хибрид G3 (Тибор), заједно са варијантама E1 – контрола (1,01 mmol/100g), E3 (P_{100}), E4 (K_{100}) и E7 ($P_{100}K_{100}$), у којима није примењен азот. У наредној, 2015. години најмањи просечни садржај алфа аминокиселине азота (2,91 mmol/100g) имао је генотип G4 (Оригинал), а међу варијантама ђубрења по ниском садржају штетног азота за технолошку прераду издвојила се E8 ($N_{50}P_{50}K_{50}$) (1,84 mmol/100g). Истакнуто је су резултати овог двогодишњег истраживања показали да је ова особина била под великим утицајем средине, односно метеоролошких фактора и минералне исхране. Превелике дозе азота, недостатак падавина и суша условили су мање искоришћење азота од стране биљке и веће резидијуме азота у корену репе и на тај начин су редуковали технолошки квалитет корена шећерне репе.

У потпоглављу **Искоришћење шећера из корена** кандидат је указао на значај ове особине као најважнијег технолошког својства у производњи и оплемењивању шећерне репе. Наведено је да су сви испитивани третмани имали статистички значајан утицај на варијабилност искоришћења шећера током обе године огледа. У првој години испитивања највећи утицај на искоришћење шећера имао је фактор средина, док је у другој години ефекат генотипа био јачи. Интеракција ова два фактора је такође била значајна, с тим да је у 2014. години била одређена са седам *IPCA* оса, а у 2015. години са пет *IPCA* оса. Докторант је навео да је првој години огледа проценат искоришћења шећера варирао у распону од 6,53% до 13,87%. Највеће искоришћење (11,68%) имао је хибрид G5 (Тајфун) и третман E4 (K_{100}) (12,08%). Докторант наводи да је у наредној 2015. години искоришћење шећера у просеку било веће за четири процента што је последица суше и дефицита падавина. Искоришћење шећера у 2015. години варирало је у интервалу од 12,08% до 19,04%. Највећа просечна вредност (16,41%) за искоришћење шећера утврђена је код хибрида G5 (Тајфун) и код контролне варијанте (16,24%). Опажање да године са екстремним временским приликама и сушом умањују ефекат минералних ђубрива у складу је са резултатима који су публиковали други истраживачи. Анализирајући резултате *АММИ 1* биплота у 2014. години, кандидат истиче да су највећу стабилност показали генотипови G5 (Тајфун) и G8 (Бегонија) као и варијанте ђубрења E1 (контрола), E2 (N_{100}), E5 ($N_{100}P_{100}$), E8 ($N_{50}P_{50}K_{50}$) и E13 ($N_{100}P_{100}K_{100}$), док су у 2015. години најстабилнији хибрид G7 (Марианка) и средине E3 (P_{100}), E7 ($P_{100}K_{100}$), E11 ($N_{100}P_{50}K_{50}$), E17 ($N_{150}P_{100}K_{50}$) и E18 ($N_{150}P_{100}K_{100}$). На графикону *АММИ 2* биплота у 2014. години могла се јасно уочити интеракцијска веза између појединих хибрида и третмана попут G4 (Оригинал) и E19 ($N_{150}P_{150}K_{100}$), G2 (Лара) и E10 ($N_{50}P_{100}K_{100}$), као и G7 (Марианка) и E4 (K_{100}). Средине E3 (P_{100}), E12 ($N_{100}P_{100}K_{100}$), E14 ($N_{100}P_{150}K_{50}$) и E20 ($N_{150}P_{150}K_{150}$) су заузимале сличне позиције на биплот графикону, што наводи на закључак да имају сличан утицај на искоришћење шећера код различитих хибрида шећерне репе, а може се повезати са високим садржајем фосфора у овим минералним ђубривима. У наредној сезони, као најстабилнији показали су се хибрид G7 (Марианка) и средине E3 (P_{100}), E7 ($P_{100}K_{100}$), E11 ($N_{100}P_{50}K_{50}$) и E12 ($N_{100}P_{100}K_{50}$), на основу њиховог положаја близу центра биплот графикона. До асоцијације генотипова и варијанти ђубрења дошло је између хибрида G3 (Тибор) и средине E10 ($N_{50}P_{100}K_{100}$), као и G7 (Марианка) и E11 ($N_{100}P_{50}K_{50}$).

У потпоглављу **Принос кристалног шећера** кандидат истиче да је анализа варијансе *АММИ* модела показала високо значајан утицај свих испитиваних третмана на варијабилност ове особине. Највећи утицај на варирање приноса кристалног шећера током обе године имале су средине односно варијанте минералне исхране, што је у сагласности за закључцима низа аутора. Интеракција генотипа и минералне исхране била је други по значају фактор за ову особину, при чему је у првој години огледа

одређена са седам, а у другој години са четири *IPCA* осе. У првој години огледа принос кристалног шећера имао је интервал варирања од 4,52 *t/ha* до 12,87 *t/ha*. Највећи просечни принос кристалног шећера (9,67 *t/ha*) остварен је код хибрида *G3* (Тибор) и на варијанти ђубрења *E10* ($N_{50}P_{100}K_{100}$) (11,62 *t/ha*). Година 2015. се одликовала неповољнијим еколошким условима производње у односу на 2014. годину, што се одразило на вредности ове особине. Принос кристалног шећера у 2015. години варирао је у интервалу од 3,90 *t/ha* до 9,45 *t/ha*. Највећи просечан принос кристалног шећера (8,06 *t/ha*), као и у претходној години, остварио је хибрид *G3* (Тибор), док је најповољнија средина (7,78 *t/ha*) за све хибриде просечно била *E5* ($N_{100}K_{100}$). У анализи *АММИ 1* биплота за 2014. годину, по малој вредности *IPCA* 1 осе истакли су се хибриди *G1* (Сара) и *G2* (Лара), као и средина *E10* ($N_{50}P_{100}K_{100}$). *АММИ 1* биплот у 2015. години истиче хибрид *G5* (Тајфун) као најстабилнији, заједно са срединама *E9* ($N_{50}P_{100}K_{50}$), *E19* ($N_{150}P_{150}K_{100}$), *E4* (K_{100}), *E15* ($N_{100}P_{150}K_{150}$). *АММИ 2* биплот у 2014. години истиче хибрид *G1* (Сара), *G2* (Лара) и *G7* (Марианка) и средине *E1* (контрола), *E2* (N_{100}) и *E6* ($N_{100}K_{100}$) као најстабилније. На истом графикону могла се уочити интеракцијска веза између хибрида *G2* (Лара) и средина *E15* ($N_{100}P_{150}K_{150}$) и *E17* ($N_{150}P_{100}K_{50}$), као и хибрида *G7* (Марианка) и средине *E11* ($N_{100}P_{50}K_{50}$). На *АММИ 2* биплоту за наредну, 2015. годину, већина генотипова била је подједнако удаљена од центра биплота, што указује на њихову сличну реакцију у обе године истраживања. Средине са високом стабилношћу у 2015. години карактерисале су се добром обезбеђености фосфором и калијумом попут *E13* ($N_{100}P_{100}K_{100}$) и *E15* ($N_{100}P_{150}K_{150}$). Хибриди *G1* (Сара) и *G6* (Алфонса) врло су близу позиционирани на биплот графикону, што сугерише да имају сличне захтеве у погледу минералне исхране за добијање приближних вредности приноса кристалног шећера. До асоцијације је дошло између средина *E2* (N_{100}) и *E8* ($N_{50}P_{50}K_{50}$), као и између *E6* ($N_{100}K_{100}$), *E12* ($N_{100}P_{100}K_{50}$) и *E19* ($N_{150}P_{150}K_{100}$), што указује да оне пружају сличне услове за гајење шећерне репе.

У потпоглављу **Међузависност особина шећерне репе у оквиру различитих генотипова и средина** кандидат је анализирао степен повезаности агрономски и технолошки значајних особина шећерне репе код осам испитиваних генотипова у 20 различитих средина (варијаната ђубрења). Докторант је међузависност особина испитивао применом мултиваријационе анализе и простом корелацијом. Резултате је приказао графички у виду биплота, а такође и табеларно.

На биплоту средина *x* особина за 2014. годину, прва оса представља садржај штетног натријума, садржај алфа аминокиселине азота и искоришћење шећера, док друга оса дискриминира принос кристалног шећера. Анализа биплота указује да је принос кристалног шећера у позитивној асоцијацији са приносом корена и садржајем шећера, односно у негативној са садржајем штетног калијума, што се поклапа са закључцима бројних других истраживања. На биплоту генотип *x* особина за 2014. годину, прва главна компонента одређује искоришћење шећера и садржај алфа аминокиселине азота, док друга компонента представља садржај натријума и садржај шећера. На овом биплоту, уочава се прав угао између вектора за садржај шећера и принос корена, што указује на слабу везу наведених особина. На биплоту средина *x* особина за другу годину огледа, прва оса на графику представља садржај штетног калијума, док је друга компонента била у вези са садржајем штетног натријума и приносом кристалног шећера. Анализа овог биплота указује да је остварена јака веза између приноса корена и приноса кристалног шећера. На биплоту генотип *x* особина за 2015. годину истиче се повезаност садржаја штетног калијума и садржаја алфа аминокиселине азота (штетни азот), као и приноса кристалног шећера и приноса корена. Садржај шећера био је у негативној међузависности са приносом корена и садржајем натријума, на шта указује туп угао

између вектора ових особина. Из табеларног приказа вредности Пирсонових коефицијената корелације уочава се да је у обе сезоне гајења принос кристалног шећера у позитивној корелацији са приносом корена и садржајем шећера, што је у сагласности са резултатима других аутора. Принос кристалног шећера је у статистички значајној негативној вези са садржајем штетног натријума и калијума, а веза између приноса кристалног шећера и садржаја штетног азота (алфа аминокиселине) је такође негативна, али није статистички значајна. Корелативна повезаност неких проучаваних особина није иста у годинама истраживања, па је тако у 2014. години веза између искоришћења и садржаја шећера значајно негативна, док је у 2015. години позитивна међузависност између ове две особине. Принос кристалног шећера је у 2014 години у негативној корелацији са искоришћењем шећера, док је у наредној години ова веза позитивна.

У поглављу **Закључак** кандидат концизно износи најважније закључке истраживања. Он истиче да је утицај средине и генотипа на испитиване особине шећерне репе био значајан током обе године испитивања, с тим да је у повољнијој сезони (2014) већи ефекат имала средина, док је у неповољнијој години (2015) утицај генотипа био већи. Ово значи да када је година мање повољна за производњу, тада генетички потенцијал хибрида више долази до изражаја.

Просечан принос корена у сушној 2015. години био је значајно нижи у односу на 2014. годину. То указује на негативан ефекат високих температура и недостатка падавина на развој и продуктивност биљака шећерне репе. Резултати о приносу корена испитиваних хибрида при различитим варијантама ђубрења, наводе на закључак да примена високих доза азота и фосфора и умерених и ниских доза калијума представљају основ за добијање високих и стабилних приноса корена шећерне репе и препоручују се за све генотипове у условима повољног водног режима, као што је то била 2014. година. У сушним годинама, као што је била 2015., високи и стабилни приноси корена остварују се применом умерених количина азота и високим дозама фосфора и калијума.

За особину садржај шећера закључено је да у сушним годинама има веће вредности него у годинама када су оптималнији еколошки услови, у просеку за све типове генотипова. Резултати истраживања указују да експресија садржаја шећера у повољнијим производним условима (попут оних у 2014. години) више зависи од правилне примене минералних ђубрива, док у мање повољним производним условима (попут оних у 2015. години) више зависи од избора хибрида, та на ово треба обратити у пољопривредној пракси и оплемењивању биљака. Генотипске разлике могу се боље идентификовати у сушнијим годинама, те у њима треба применити интензивнију селекцију на ову особину. Утврђено је да је хибрид са највећим просечним садржајем шећера *G5* (Тајфун) у *Z* типу, те треба користити компоненте из његове генске основе за усмерену селекцију шећерне репе на ову особину. У обе године варијанте ђубрења без примене азота или са мањим дозама овог елемента омогућиле су највеће просечне вредности садржаја шећера.

Варијације у садржају штетног калијума биле су под преовлађујућим утицајем средине у 2014. години, односно генотипа у 2015. години. Хибрид *G6* (Алфонса), у *NE* типу, издвојио се у односу на остале генотипове на основу стабилно ниских вредности садржаја калијума у обе сезоне, те представља одличан извор гена за унапређење овог својства у даљем оплемењивању шећерне репе.

Варијабилност садржаја штетног натријума био је под претежним утицајем минералне исхране без обзира на производне услове, што указује да за вредности ове особине није од одлучујућег значаја тип сорте (*E*, *N*, *Z*), односно генотип шећерне репе.

Најмањи ниво натријума у обе године испитивања забележен је у варијантама ђубрења без или са мањим дозама хранива, те ове услове треба омогућити у циљу смањивања садржаја овог елемента и побољшања технолошког квалитета шећерне репе. Највећи просечни садржај штетног натријума у обе године испитивања имао је генотип G6 (Алфонса), NE типа.

За садржај алфа аминокиселине азота, резултати двогодишњег истраживања јасно указују да се средине са већим дозама азотних ђубрива и великим количинама минералних ђубрива одликују и већим садржајем штетног азота у корену. Суша и неповољни услови (какви су били у 2015. години), такође доприносе значајном повећању садржаја штетног азота у корену.

Из резултата се закључује да у повољним сезонама за производњу шећерне репе, минерална исхрана представља главни фактор који утиче на искоришћење шећера. У неповољним условима, и поред примене одговарајућих агротехничких мера, генотип има кључну улогу у експресији искоришћења шећера из корена, односно избор сорте представља основ за постизање високих вредности ове особине технолошког квалитета шећерне репе. У обе сезоне код хибрида G5 (Тајфун) у Z типу, забележене су највеће вредности искоришћења шећера. Варијанте ђубрења са високим дозама NPK хранива, E16 ($N_{150}P_{50}K_{50}$), E17 ($N_{150}P_{100}K_{50}$), E18 ($N_{150}P_{100}K_{100}$), E19 ($N_{150}P_{150}K_{100}$) и E20 ($N_{150}P_{150}K_{150}$) имале су негативан утицај на квалитет, а посебно на искоришћење шећера у корену.

Принос кристалног шећера, најважнија особина и финални циљ гајења шећерне репе, под већим је утицајем примењене варијанте ђубрења у повољнијим еколошким условима (какви су постојали у првој години гајења), док је у неповољнијим агроколошким условима (какви су постојали у другој години истраживањима) под већим утицајем генотипа. Највећи просечан принос кристалног шећера у обе године забележен је код хибрида G3 (Тибор), Z типа. Према биплоту средина \times особина, принос кристалног шећера налази се у позитивној асоцијацији са приносом корена и садржајем шећера у обе сезоне гајења. На основу анализе корелационих коефицијената, међузависност особина мења се под утицајем агроколошких услова гајења шећерне репе. У 2014. години, повољнијој за производњу шећерне репе, веза између искоришћења и садржаја шећера била је значајно негативна, док је у наредној 2015. години, са мање повољним агроколошким условима, утврђена позитивна корелација између ове две особине. Слична ситуација била је са приносом кристалног шећера који је у првој години био у негативној вези са искоришћењем шећера, а у 2015. години у позитивној.

Примена мултиваријационе методе *АММ* представља погодну алатку за агротехничаре и селекционаре да изврше додатне анализу интеракције између ма које сорте (генотипа) и срединских услова и да одреде најповољније специфичне реакције и асоцијације, а што је од интереса за давање препорука произвођачима и напредак у оплемењивању шећерне репе.

У поглављу **Литература** наведен је списак од 242 референце коришћених у докторској дисертацији, који одговарају проучаваној проблематици и као такве су послужиле за постављање хипотеза и поређење добијених резултата у овој дисертацији са резултатима из других истраживања.

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација дипл. инж. мастера Михајла Тирића, под насловом „Утицај интеракције генотипа и спољне средине на принос и квалитет корена шећерне репе“ представља оригинални самостални научни рад из агрономских наука, модул ратарство и повртарство, област генетика и оплемењивање биљака. Сматрамо да је одабрана тема дисертације актуелна и значајна за науку, као и за праксу.

Кандидат је испитивао како генотип, спољна средина и интеракција генотипа и средине утичу на варијабилност агрономских и технолошких квантитативних особина код сорти шећерне репе *E*, *N* и *Z* типа које су заступљене на ораницама Србије. Варирање фактора спољне средине представљено је варијантама исхране биљака са ђубривима која садрже различите односе *N*, *P* и *K*. Посебна пажња посвећена је анализи варијансе *АММИ* модела за проучавање особине, а испитивана је и повезаност квантитативних особина, која има генетичку основу, али се налази и под дејством спољних чинилаца.

Материјал за докторску дисертацију обухватио је осам хибрида шећерне репе, од којих су два домаћа, а шест страних. Пољски оглед са овим хибридима постављен је по плану подељених парцелица, у три понављања, на огледним пољима Института за ратарство и повртарство, на локалитету Римски Шанчеви, током две узастопне године (2014. и 2015.). Примењено је двадесет варијанти минералне исхране. На свим парцелицама измерен је принос корена (*t/ha*), а затим је у лабораторији одређена вредност садржаја шећера (%), садржај натријума (*Na* у *mmol/100g*), садржај калијума (*K* у *mmol/100g*) и садржаја алфа аминокиселине азота (α -амино *N* у *mmol/100g*). Израчунате су особине искоришћење шећера и принос кристалног шећера.

Применом биометричке анализе, установљено је да је утицај средине и генотипа на испитиване особине шећерне репе значајан, с тим што у повољнијим условима већи ефекат има средина, док је у неповољнијим условима већи утицај генотипа. Примена високих доза азота и фосфора и умерених и ниских доза калијума представљају основ за добијање високих и стабилних приноса корена шећерне репе и препоручују се за све генотипове у условима повољног водног режима. У сушним годинама, високи и стабилни приноси корена остварују се применом умерених количина азота и високим дозама фосфора и калијума. Генотипске разлике за особину садржај шећера боље се идентификују у сушнијим годинама, те у њима треба применити интензивнију селекцију на ову особину. Варијанте ђубрења без примене азота или са мањим дозама овог елемента доприносе повећању садржаја шећера у корену шећерне репе. Највећи просечан принос кристалног шећера у обе године забележен је код хибрида *G3* (Тибор), *Z* типа. Принос кристалног шећера налази се у позитивној међузависности са приносом корена и садржајем шећера. Мултиваријациона методе *АММИ* представља погодну алатку да одреде најповољније специфичне реакције и асоцијације између сорти и примењене агротехнике, као и правци оплемењивања у циљу повећања вредности квантитативних особина шећерне репе.

Дисертацији је написана у потпуности у складу са пријавом теме. Јасно је одређен циљ истраживања и исправно су постављене радне хипотезе, на основу којих је кандидат одабрао одговарајући материјал. Кандидат је успешно извршио експериментални део истраживања применом пољских, лабораторијских и биометријских метода. Своје резултате приказао је кроз табеле и графике, дискутовао их и поредио са резултатима других аутора, а затим извео адекватне и јасне закључке.

На основу свега наведеног, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију дипл. инж.-мастера Михајла Ћирића под насловом „Утицај интеракције генотипа и средине на принос и квалитет корена шећерне репе“ и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји ову позитивни оцену и омогући кандидату јавну одбрану.

У Београду, 10.11.2017. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Ментор 1 - Др Славен Продановић, редовни професор
Универзитет у Београду Пољопривредни факултет
(Ужа научна област: Оплемењивање биљака)

Ментор 2 - Др Горан Јаћимовић, ванредни професор
Универзитет у Новом Саду Пољопривредни факултет
(Ужа научна област: Ратарство и повртарство)

Др Маја Манојловић, редовни професор
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад
(Ужа научна област: Педологија и агрохемија)

Др Душан Ковачевић, редовни професор
Универзитет у Београду Пољопривредни факултет
(Ужа научна област: Опште ратарство)

Др Томислав Живановић, редовни професор
Универзитет у Београду Пољопривредни факултет
(Ужа научна област: Генетика)

Објављени рад докторанта дипл. инж. - мастера Михајла Ћирића, у часопису на *SCI* листи:

ĆIRIĆ, Mihajlo; ĆURČIĆ, Živko; MIROSAVLJEVIĆ, Milan; MARJANOVIĆ JEROMELA, Ana; JAĆIMOVIĆ, Goran; PRODANOVIĆ, Slaven; ŽIVANOVIĆ, Tomislav (2017): Assessment of sugar beet root yield by AMMI analysis. *Genetika* (0534-0012), 49(2), 663-675.

doi:10.2298/GENSR1702663C