

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

Датум: 03. 05. 2016.

**Предмет: Извештај Комисије о оцени урађене докторске дисертације мр Маје Н. Јечменица**

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду од 27. 04. 2016. године, именована је Комисија у саставу: др Томислав Живановић, ред. проф. Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Снежана Ољача, редовни професор; Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Мирјана Васић, научни саветник Института за ратарство и повртарство у Новом Саду, др Гордана Бранковић, доцент Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и др Наталија Кравић, научни сарадник Института за кукуруз „Земун Поље” за оцену и одбрану урађене докторске дисертације мр Маје Н. Јечменица, под насловом: „Реакција генотипова пасуља (*Phaseolus vulgaris* L.) на абиотичке факторе“

На основу прегледа, анализе и оцене докторске дисертације именована Комисија подноси следећи

## **ИЗВЕШТАЈ**

### **1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Докторска дисертација мр **Маје Јечменице**, написана је на 207 страна куцаног текста. У оквиру ове докторске дисертације приказане су 102 табеле, 20 графикона, 2 слике и 2 прилога. Приликом израде ове докторске дисертације проучено је и цитирано 131 литературна извора. Испред основног текста дисертације налази се резиме дисертације на српском и енглеском језику, са кључним речима и садржај докторске дисертације, док се иза основног текста дисертација укључује и као Прилог 1 и 2 (52 табеле) са подацима статистичке обраде резултата (стр.153-207) и Биографију аутора и 3 посебна прилога – изјаве: изјава о ауторству, о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације, изјава о коришћењу и ауторству (стр. 208-212).

Докторска дисертација садржи осам основних поглавља: 1. **Увод** (стр. 1-3), 2. **Циљеви истраживања** (стр. 4-5), 3. **Преглед литературе** (стр. 6-22), 4. **Радна хипотеза** (стр. 23), 5. **Материјал и методе рада** (стр. 24-33), 6. **Резултати истраживања** (стр. 34 - 133), 7. **Закључак** (стр. 134 - 136) и 9. **Литература** (стр. 137 - 152). Поглавља **Преглед литературе, Материјал и методе** и **Резултати истраживања** садрже више подпоглавља.

### **2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

У поглављу „**Увод**“, мр Маја Јечменица, наведен је биолошки и привредни значај пасуља, распрострањеност ове врсте како у свету тако и код нас. Такође, дате су основе систематике, порекла и еволуције пасуља и указано је на значај генетичких ресурса ове гајење ове врсте. Кандидаткиња у овом поглављу указује на потребу за интердисциплинарним приступом у свом истраживању. Напоменуто је да је за успешно

оплемењивање неопходно стално уводити нови селекциони материјал и користити га преко разних типова селекције за повећање постојеће варијабилности.

У поглављу „**Циљеви истраживања**“ истиче се да је основни циље ове докторске дисертације био да се утврди степен фенотипске стабилности проучаваних генотипова колекције пасуља Института за ратарство и повртарство у Новом Саду и Института за повртарство у Смедеревсој Паланци кроз испитивање приноса и његових компоненти. На основу сазнања о свим изворима варирања у укупној фенотипској варијанси сваког проучаваног генотипа може да се формира слика о стабилности испитиваних особина пасуља на различитим локалитетима, а генотипови ће послужити као добар почетни материјал у процесу оплемењивања. Такође, циљ истраживања је да се испита реакција различитих генотипова пасуља у односу на различите температурне и режиме влаге у земљишту у периоду ницања и раног пораста, када су биљке најосетљивије како на ниске и високе температуре, тако и на недостатак или вишак воде у земљишту. На овај начин ће се детерминисати толерантност генотипова у фази ницања на симулирани стрес суше, односно вишка влаге у лабораторијским условима. На основу ових истраживања ће се извршити груписање сродних генотипова пасуља. Такође, све ово ће коначно допринети избору најбољих генотипова који ће послужити као родитељи за стварање нових сорти пасуља.

У поглављу „**Преглед литературе**“ изнети су доступни литерарни извори из области која је предмет проучавања ове докторске дисертације. У овом поглављу кандидаткиња, мр Маја Н. Јечменица, даје комплетан историјски преглед оплемењивања пасуља, таксономију, еволуцију и дивергенцију у свету, ширење и употребу, колекционисање у банке биљних гена у свету и код нас. Такође указује на проблеме адаптабилности и стабилности генотипова пасуља у условима стреса изазваног абиотичким факторима, а све у светлу климатских промена првенствено посматрано кроз екстремне водног или температурног стреса. Кандидаткиња у прегледу литературе истиче да такве појаве и процесе првенствено треба анализирати на нивоу биљака у почетним фазама пораста у лабораторији, а затим пратити њихову реакцију у пољским условима. Варијабилност генотипова пасуља зависи од генотипа, еколошких фактора и интеракције ови извора варирања, што има посебан значај за оплемењиваче јер представља основу за селекцију супериорних родитељских комбинација. Поред тога, кандидаткиња је дала кратак преглед, значај и постигнуте резултате при утврђивању стабилности особина од значаја за савремени концепт оплемењивања.

Да би било све могуће постићи дато у циљу истраживања неопходно је кренути од одређених претпоставки што се разматра у поглављу „**Радна хипотеза**“. Основна претпоставка од којих се полази је да код проучаваних генотипова пасуља постоји значајно варирање у оквиру фенотипске експресије најважнијих квантитативних особина, које су проузроковане генетичким и еколошким факторима, као и њиховом међусобном интеракцијом. Затим, претпоставља се да ће се испољити значајна генетичка варијабилност између испитиваних генотипова. Очекује се да ће се добити значајне разлике између проучаваних генотипова пасуља. Претпоставка је да је генетичка варијабилност, присутна у традиционално гајеним сортама и популацијама које су адаптиране на одређене услове средине и/или поседују специфичне особине (толерантност на биотички и абиотички стрес) и да ће омогућити боље познавање узорака у колекцији што је предуслов за укључивање узорака у оплемењивачке програме за развој нових сората са пожељним карактеристикама. Због тога је неопходно мултидисциплинарно проучавање особина које доприносе повећаној толерантности пасуља на сушу. Према томе основна је претпоставка да се генотипови пасуља разликовати по реакцији на стресне услове изазване високим температурама и

присутвом или одсуством воде како у лабораторији тако и у условима пољских огледа.

Поглавље „**Материјал и методе рада**“ има више подпоглавља: Биљни материјал, Лабораторијски оглед, Пољски оглед, Статистичка анализа података (Статистичка анализа лабораторијског огледа и Статистичка анализа пољског огледа). У подпоглављу **Биљни материјал** истиче се да су у испитивање укључене комерцијалне домаће сорте и одомаћене локалне популације, и стране сорте, што чини укупно 21 генотип. Ови генотипова се налази међу 68 узорака пасуља из националне колекције и припада колекцији Управе за заштиту биља, што чини део колекција напред наведена два института. Семе је наменски произведено у 2014. години у циљу доступности и довољне количине за постављање огледа.

Подпоглавље **Лабораторијски оглед** објашњава се да је како је постављен лабораторијски оглед. Оглед је постављен у клијалишту у контролисаним условима, температуре, влаге и светлости. Семе пасуља (20 семена) је посејано у посуде са претходно стерилисаним земљиштем. Посуде са семеном је излагано оптималним условима: 25°C и 80% пољског водног капацитета (РВК), што чини контролу. Након 10 дана, када клијанци образују прве листове, излагани су деловању различитим температурним и водним режимима, са 4 температуре (15°C, 20°C, 25°C, 30°C) и 4 водна режима: 100%, 80%, 60% и 40% РВК и то у току 14 дана. За анализу је коришћено 200 семена (10 кутија), које је су обухваћене третманом. На овај начин извршено је симулирање неповољних услова за ницање и раст усева пасуља. На 100 уједначених клијанаца/поника по генотипу и третману су анализирани следеће особине: дужина корена и изданка, свежа маса, ваздушно сува маса (након сушења на 60°C), маса добијена након узастопног сушења на 105°C и 130°C. На тај начин се добија садржај различитих типова воде (слободне, bulku-симпласт и хемијски везане воде, по различитим деловима клијанаца (корен, изданак). Израчунати су термодинамички параметри (Гибсова слободна енергија и енталпија). На овај начин би су добијени важни подаци о економисању младих биљака пасуља енергијом, а на бази воде, као суштинског параметра који показује стресираност биљака при одређеним условима. Експериментат је изведен у Референтној фитосанитарној лабораторији.

Паралелно са лабораторијским је изведен и пољски оглед, што је објашњено у подпоглављу **Пољски оглед**. Оглед је постављен на три локације (Смедеревска Паланка, Омољица и Нови Сад), по потпуно случајном блок систему у три понављања. Одабрани локалитети се значајно разликују како у климатским тако и у едафским факторима. Током истраживања, за сваки генотип, по сваком понављању на сваком локалитету је одабрано по двадесет биљака. Мерење је вршено у фази пуне зрелости за следеће особине: број махуна по биљци, број семена по махуни и број семена по биљци, маса семена по биљци и маса 1000 семена. Процена приноса је вршена на основу свих биљака у реду за свако понављање.

Подпоглавље **Статистичка анализа података** обухвата Статистичка анализа лабораторијског огледа и Статистичка анализа пољског огледа. Добијени подаци су послужили за израчунавање основних биометријских параметара као што су: аритметичка средина, стандардна грешка, стандардна девијација, варијанса и коефицијент варијације. Анализа варијансе (ANOVA), као адитивни модел, послужио је да се процени удео адитивне (генетичке) и неадитивне (еколошке) варијансе, као и варирања настало усред интеракције генотип – спољашња средина у укупној фенотипској вредности генотипова за посматране квантитативне особине. Кластер анализом генотипови пасуља су груписани на основу испитиваних компоненти приноса. Мултиваријационе анализе која детерминише интеракцију генотип x спољашња средина је *АММ* модел који комбинује анализу варијансе за објашњење

главних ефеката генотипа и спољашње средине и анализу главних компонената за објашњење интеракције генотип  $\times$  спољашња средина (*GEI*). На тај начин, као мултипликовани модел рашчлањава варијансу услед интеракције генотип - спољашња средина. Такође су утврђени коефицијенти корелације између испитиваних особина како у огледу на различитим локацијама, тако и при испитивању генотипова у лабораторијским условима.

Поред тога израчунати су термодинамички параметри (Гибсова слободна енергија и енталпија), диференцијална енталпија хидрације; диференцијална слободна енергија, Смањење вредности диференцијалне слободне енергије  $\Delta G$  указује на доминацију егзергоничних (спонтаних) процеса који ослобађају слободну енергију, а њено повећање означава ендергоничне (неспонтане) процесе који троше енергију. На овај начин добијени су важни подаци о економисању младих биљака пасуља енергијом, а на бази воде, као суштинског параметра који показује стресираност биљака при одређеним условима. Фенотипске корелације између посматраних морфолошких и термодинамичких параметара, између посматраних параметара и приноса зрна/биљци у пољу, као и између посматраних компонената приноса, су израчунате применом *Pearson*-овог коефицијента корелације. Применом анализе главних компоненти (*Principal Component Analysis* – *PCA*) извршено је груписање генотипова пасуља, на основу морфолошких и термодинамичких параметара, као и приноса зрна/биљци. Резултати су приказани у форми *2D* дијаграма.

Поглавље „**Резултати истраживања и дискусија**“ представљају најважнији део докторске дисертације. Резултати истраживања се састоје од 5 потпоглавља. У оквиру првог подпоглавља **Лабораторијски огледи** анализирани су морфофизиолошки параметри раста и термодинамички параметри. Идентификација и разумевање механизма толерантности на сушу је од примарног значаја за биљне физиологе, а односи се између осталог на развијеност кореновог система, као и на особине самих клијанаца. Одговор клијанаца, првенствено кореновог система, на водни дефицит је доста проучаван и потврђено је да је то врло користан модел за рано утврђивање механизма за прилагођавање биљке условима ниског водног потенцијала. Иако негативно делује на све нивое организације развоја биљке, штетан ефекат водног дефицита у земљишту је најочљивији у фази клијанца, због директног утицаја на смањење дужине корена и изданка, као и смањеној способности стварања и накупљања суве материје. Из тих разлога је детаљна анализа посматраних параметара је укључивала праћење и поређење одговора 14 дана старих клијанаца (рана фаза развића) у оптималним условима (25°C и 80% ПВК) у односу на екстремне и неповољне услове гајења (15°C и 100% ПВК - хладно и влажно пролеће редовне сетве; 30°C и 40% ПВК - симулација стреса суше за услове пострне, друге или летње сетве). Ефекат водног и температурног стреса утврђен је након анализе средњих вредности за испитиване особине кроз % промене сваког посматраног параметра, на основу поређења вредности добијених у условима стреса са вредностима добијеним у оптималним условима гајења биљака. У поређењу са оптималним условима гајења, у симулираним условима хладне и превлажене пролећне сетве, утврђено је просечно повећање параметара раста корена (1,4% за дужину, 6,0% за свежу масу и 7,9% за суву масу корена), док се просечно смањила дужина и свежа маса изданка за 5,8%, односно 3,5%, на супрот овоме повећања је суве маса изданка 1,7%. Поређењем оптималних услова и услова суше, утврђено је статистички веома значајно смањење свих параметара раста на нивоу целог клијанца (18,1% и 26,1% за дужину корена и изданка, 26,6% и 34,8% за свежу масу корена и изданка, и 7,95 и 22,9% за суву масу корена и изданка. Резултати указују на израженији негативан утицај водног дефицита у односу на температурни стрес, при чему су више изражен у изданку клијанаца пасуља.

Посматрани су следећи термодинамички параметри:  $\Delta G$  (60°C) - слободна енергија слободне воде на нивоу апопласта,  $\Delta G$  (105°C) - слободна енергија воде на нивоу симпласта,  $\Delta G$  (130°C) - слободна енергија хемијски везане воде,  $\Delta G$  (130-60°C) - укупна диференцијална енергија,  $\Delta H$  (130-60°C) - укупна диференцијална енталпија. Свака, обрачунским путем добијена вредност, говори о хидратисаности ткива и способности клијанаца пасуља да економишу расположивом количином воде, односно нивоом стреса у зависности од примењеног третмана температуре и пољског водног капацитета, у строго контролисаним лабораторијским условима.

На основу средњих вредности за укупну диференцијалну слободну енергију  $\Delta G$  (130-60°C) закључујемо да је већа потрошња енергије на нивоу корена у односу на изданак. Укупна диференцијална енергија има најниже вредности за корен и изданак код генотипа Опленац, што значи да је најмања потрошња енергије и да су се одвијале ендергоничне реакције. Код генотипа Двадесетица добијене су највише вредности диференцијалне енергије, што указује да овај генотип има најизраженије ендергоничне реакције (реакције које троше енергију). Генотип марморирани има највише вредности диференцијалне слободне енергије у изданку, што указује на највећу потрошњу енергије у изданку. Што се тиче вредности за укупну диференцијалну енталпију  $\Delta H$  (130-60°C), као меру уређености система, изданак је уређенији од корена просечно. Код генотипа Опленац највише су вредности на нивоу корена, односно код изданка за генотипове Балкан и Златко, где је систем и најуређенији. Најниже вредности диференцијалне енталпије бележе генотипови Двадесетица за корен и марморирани за изданак, где је систем најмање уређен.

За први неповољни третман (15 °C и 100% ПВК), просечно ниже вредности за слободну енергију слободне воде су на нивоу корена, што указује на то да је корен боље хидратисан у односу на изданак. Слободна енергија везане воде на нивоу симпласта и хемијски везане воде су на нивоу изданка. Укупна диференцијална слободна енергија  $\Delta G$  (130-60°C) просечно, нижа је на нивоу изданка, што указује да се мање енергије троши у односу на корен и већа је уређеност система  $\Delta H$  (130-60°C).

При третману температуре од 30°C и 40% ПВК, ниже вредности слободне енергије слободне воде, просечно, забележене су на нивоу корена у односу на изданак. Истовремено, вредности слободне енергије симпласт и хемијски везане воде су биле ниже на нивоу изданка. На основу тога закључујемо да је у условима стреса била боља хидратисаност корена, а на нивоу изданка боља хидратисаност цитоплазме односно биомолекула који везују хемијски везану воду. Биљке су се налазиле у условима водног дефицита и покренути су механизми заштите од стреса. Наиме, код генотипова који су толерантнији на водни дефицит, корен расте у дубину, већи је садржај свеже и суве масе корена у односу на изданак. На нивоу корена, акумулација свеже масе базира се углавном на интензивнијем накупљању енергије и воде у ванћелијском простору, доводећи до редукције сорпционих места. То је потврђено вишим вредностима односа корена и изданка за дужину и свежу масу, указујући на стимулисан раст корена у односу на изданак. Слободна енергија симплас воде има најнижу вредност за корен и изданак генотипа Макса што указује да је тај генотип најбоље хидратисан. Највећа хидратисаност макромолекула (хемијски везана вода) имао је генотип Студеница на нивоу корена и Опленац на нивоу изданка, а најуређенији система је код генотипа Студеница на нивоу корена, а код генотипова С-20 и Опленац на нивоу изданка.

У оквиру подпоглавља **Агро-еколошки услови у 2015..години** дате су просечне вредности за температуру ваздуха и суме падавина за агро-еколошку 2015. Годину на локацијама истраживања. Треба напоменути да је Омољица (Панчево) била највећим дефицитом влаге. Просечна вредност за температуру ваздуха у току вегетационе сезоне (јул - новембар) износила је 14,0°C (нови Сад) до 18,5°C

(Омољица), док је просечна количина падавина за исти период варирала од и 261,4mm (Омољица) до 296,1mm (Смедеревска Паланка). Међутим, веома мала сума падавина у јулу (када је обављена сетва) карактерише све три локације (Омољица (4,4mm), Нови Сад (2,0mm) и Смедеревска Паланка (1,7mm)). Ови резултати су приказани на клима-дијаграмима.

У подпоглављу **Пољски огледи** анализом су обухваћене средње вредности, варијабилност и анализа варијансе испитиваних особина за све испитиване особине: број махуна по биљци, број зрна по махуни, број зрна по биљци, масу зрна по биљци, масу 1000 зрна. Такође је дата и анализа интеракције генотип x спољна средина по АММИ моделу за испитиване особине (број махуна по биљци, број зрна по махуни, број зрна по биљци, масу зрна по биљци и масу 1000 зрна). Све напред наведене особине једног генотипа одређује висину приноса биљке. На варијабилност ових особина значајно су утицали генотип, локација и интеракција између ова два извора варијабилности. Значајан утицај интеракције генотипа и локације, као и локације упућују на неопходност анализе стабилности. Средње вредности ових особина су варирале од локације до локације, као и од генотипа до генотипа.

У условима суше махуне заостају у порасту, формирају 1-2 зрна, док се остала зрна не формирају па долази до разних деформација махуне, што представља масовну појаву у огледу, на супрот овој појави у топлој и влажној клими значај броја зрна по махуни је велики. У условима сувље климе значај ове компоненте приноса опада, а расте значај броја зрна по махуни и маса зрна. Треба препоручити у оплемењивању за одређене услове успевања, употребу локалних популација јер су код њих односи особина број махуна по биљци, број зрна по биљци и број зрна по махуни избалансирани и усклађени са дејством конкретних климатских и едафских фактора.

Просечан број зрна по махуни креће се од 2,62 на локацији Омољица до 2,12 на локацији Нови Сад. Минимални просечан број зрна по махуни имао је обојени крупнозрни пасуљ Розалија (1,91), а максимални број генотип Сатаја (2,86). Највећи број зрна по махуни имао је генотип Златко (3,27) на локацији Омољица, а најмањи генотип Белко (1,47) на локацији Нови Сад (табела 16.). Број махуна по биљци и број зрна по махуни као резултат дају број зрна по биљци па је ово својсво важна компонента приноса. Број зрна по биљци високо варијабилно својство и зависи како од фактора спољне средине тако и од генотипа. Просечан број зрна по биљци креће се од 18,56 на локацији Нови Сад до 10,07 на локацији Омољица. Минимални број зрна по биљци у просеку имао је генотип Розалија (5,80), а прати га други крупнозрни пасуљ мраморирани (6,21). Највећи број зрна по биљци у просеку имао је ситнозрни генотип белог зрна Прелом (33,66). Исти генотип има и највећи број зрна по биљци (56,69) на локацији Нови Сад (табела 18).

Пасуљ се гаји због зрна, те тако маса зрна по биљци и број биљака по јединици површине чине агрономски принос. Маса зрна по биљци као главни и крајњи циљ оплемењивања, у центру је пажње оплемењивача. Проучавање гермплазме пасуља иде у правцу проналажења погодне варијабилности ради стварања сорте високог приноса са различитом крупноћом зрна, независно који се метод оплемењивања користи. Просечна маса зрна по биљци креће се од 6,03g на локацији Нови Сад до 3,56g на локацији Омољица. Најмању масу зрна по биљци у просеку имао је генотип Розалија (2,57), а највећу генотип Прелом (9,80). Највећу масу зрна по биљци имао је генотип Прелом (14,98) па Галеб (12,22) и Макса (9,60), сва три на локацији Нови Сад. Најмању масу зрна по биљци имао је генотип Славонски жутозелени (2,07) на локацији Омољица (табела 20).

Једна од основних компоненти приноса је и маса 1000 зрна, као крупноћа зрна, је одлика квалитета пасуља, једна од најважнијих тржишних особина и врло стабилна

карактеристика сората Просечна маса 1000 зрна креће се од 413,25g на локацији Смедеревска Паланка до 368,39g на локацији Нови Сад. Најмању масу 1000 зрна у просеку имао је генотип Сатаја (218,05), а највећу шаренац (543,53). Највећу масу зрна по биљци имао је крупнозрни генотип шаренац (636,40) кога прати популација мраморирани (543,45) оба на локацији Смедеревска Паланка. Најмању масу зрна по биљци имали су ситнозрни генотипови *C-20* (179,96) на локацији Нови Сад и сорта Сатаја (207,97) на локацији Смедеревска Паланка.

Треће подпоглавље **Анализа интеракције генотип x спољна средина по АММИ моделу** нам пружа још бољи увид у анализу и примену мултипликативног АММИ метода, где су, поред главне компоненте интеракције, *IPCA1* и *IPCA2*, за сваки испитивани генотип пасуња и локацију утврђене вредности стабилности (*ASV*). За визуелни приказ анализе стабилности креиран је биplot. Показало се као јако корисна за разумевање комплекса интеракција *GxE*. Резултати су приказани графички биplotом који показују у исто време и главне ефекте и њихову интеракцију за генотип и спољну средину. На основу АММИ анализе може се закључити који генотипови слично реагују у различитим условима и које средине имају сличан утицај на испитиване генотипове.

На основу АММИ анализе варијансе броја махуна по биљци код 21 генотипа пасуља, који су били тестирани на три различита локалитета, можемо да закључимо да се 38,24% укупне суме квадрата односило на ефекат генотипова, 33,36% на ефекат интеракције *GxE*, док је 22,61% чинио ефекат локалитета. Сума квадрата генотипова је била 1,7 пута већа у односу на суму квадрата локалитета, што значи да су разлике између генотипова биле изражене и да су већим уделом учествовали у варијабилности броја махуна по биљци. Велика сума квадрата *GxE* указује на постојање значајних разлика у интеракцији генотипова са различитим спољашњим срединама. Прва и друга главна компонента су се издвојиле и њихове вредности су искоришћене за даљу анализу стабилности код броја махуна по биљци. Као најмање стабилан локалитет се издвојио Нови Сад (*ASV*= 71,15), док је најстабилнији био локалитет Омољица (*ASV*=29,15). Најстабилнији генотипови су: Двдесетица и шаренац

АММИ резултати показују на значајну вредност генотипова, локалитета и њихове интеракције за особину број зрна по махуни, при чему 22,13% укупне суме квадрата чини сума квадрата интеракције *GxE*, што је готово једнако учешћу суме квадрата генотипова у укупној суми (22,17%). Овај податак сугерише да је неопходно истражити реакције генотипова на различитим локалитетима. Интеракција *GxE* је подељена на 3 главне компоненте, од којих је прва учествовала са 73,14% а друга са 26,86% у суми квадрата интеракције. Код броја зрна по махуни, у условима овог огледа, утврђено је да је само прва главна компонента била веома значајна, док друга није била значајна, а трећа није уопште учествовала у суми квадрата интеракције. Анализом односа прве и друге главне компоненте се издвојио локалитет Нови Сад као најстабилни локалитет, док су преостала два локалитета (Смедеревска Паланка и Омољица) имали сличну адаптабилност у условима огледа. Ово је у складу са *ASV*. Као најстабилнији генотип издвојила се сорта Сремац.

АММИ анализа варијансе броја зрна по биљци код 21 генотипа пасуља на три локалитета је показала да се 51,60% укупне суме квадрата односило на ефекат генотипова, 16,71% на ефекат локалитета, а 29,31% на ефекат интеракције *GxE*. Локалитети су се разликовали и проузроковали су значајне разлике у броју зрна по биљци. Сума квадрата интеракције *GxE* је била 1,8 пута већа у односу на суму квадрата локалитета, док је сума квадрата генотипова била 3,1 пута већа у односу на суму квадрата локалитета. Висока вредност суме квадрата интеракције која је утврђена код интеракције детерминише веома значајне разлике у реакцији генотипова на различите спољашње средине. Локалитет Нови Сад се издвојио као најмање стабилан, док је

најстабилнији локалитет за особину број зрна по биљци био Омољица, што нам потврђују и *ASV*. Генотипови шаренац, Златко и Двадесетица су били најстабилнији, односно да су се најбоље прилагодили укупним условима огледа.

У укупној суми квадрата, када је у питању маса по биљци, ефекту генотипова је припадало чак 51,93%, што је 2,94 пута више у односу на ефекат локалитета и 1,79 пута више у односу на ефекат интеракције *GxE*. Иако је утицај диверзитета између генотипова био најизраженији, ипак су и ефекат локалитета, као и ефекат *GxE*, у условима овог огледа, веома значајно утицали на варијабилност масе зрна по биљци. Издвојиле су се две главне компоненте, као део интеракције *GxE*, које су биле веома значајне и које су искоришћене за анализу стабилности локалитета и генотипова код ове особине. Најмање стабилан локалитет је Нови Сад, док су Смедеревска Паланка и Омољица имали приближне вредности *ASV* (3,73 и 3,78). Најстабилнији генотипови, кад се посматра маса зрна по биљци, су били: Оплепац, *C-20*, Двадесетица, Златко, шаренац.

Анализом варијансе *AMMI* модела код особине маса 1000 зрна пасуља су утврђене веома значајне разлике између локалитета, генотипова, као и њихових интеракција. Чак 69,32% укупне суме квадрата се односи на ефекат генотипа, док је сума квадрата *GxE* већа 2,5 пута у односу на суму квадрата локалитета. Висока вредност суме квадрата генотипова означава изражен диверзитет између посматраних генотипова кад је у питању особина маса 1000 зрна. С обзиром да је утврђена висока вредност суме квадрата интеракције *GxE* можемо да закључимо да су постојале значајне разлике између реакције генотипова у оквиру различитих спољашњих средина. Прве две главне компоненте (*GK1* и *GK2*) чине 100% суме квадрата интеракције из чега произилази да је *AMMI* модел са прве две главне компоненте најбољи модел за процену стабилности особине маса 1000 зрна. На основу резултата приказаних можемо да закључимо да је најмање стабилан локалитет, кад се посматра маса 1000 зрна, био Смедеревска Паланка, док је најстабилнији био Омољица. Најстабилнија сорта је Студеница, кад се посматра маса 1000 зрна, док је најмање стабилном генотипу *C-20*.

Следеће подпоглавље је **Кластер анализа**, која је мултиваријациона анализа која се користи у научним истраживањима с циљем процене сличности између посматраних генотипова. На основу добијених резултата анализом пет морфолошких особина (број махуна по биљци, број зрна по махуни, број зрна по биљци, маса зрна по биљци и маса 1000 зрна) извршено је груписање 21 генотипа пасуља за сваку локацију као и збирно за све локације, а све у циљу да се утврди законитост у груписању испитиваних генотипова. У циљу утврђивања генетичке блискости, односно удаљености, између проучаваних генотипова урађена је кластер анализа на основу средњих вредности испитиваних морфолошких особина и представљена је кроз облик дендограма који дају добру прегледност блискости или удаљености испитиваних генотипова. Уочавање сродности између генотипова на основу средњих вредности је знатно теже, што оправдава праксу да се изврши кластер анализа и добију дендограми. Такође, пожељно је извршити кластер анализу за испитиване генотипове на различитим локацијама, а затим приказати и за све локације, а све у циљу да се види да ли постоји законитост коју је могуће повезати са средњим вредностима испитиваних особина. Карактеристично за кластер анализу испитиваних генотипова пасуља јесте изражена генетичка разноврсност проучаваних популација испољена кроз облик дендограма. Може се видети да се резултат груписања просечних вредности морфолошких особина по сличности 21 генотип пасуља поделио у 6 кластера за сва три локалитета, као што је то био случај за Нови Сад и Смедеревску Паланку, а што је за један више него за локалитет Омољице. Такође, треба истаћи да добијени резултати



пружају основу за ближе упознавање веома варијабилне и специфичне унутарврсне генетичке структуре пасуља у колекцијама два института у Србији, што представља полазну основу за планирање процеса оплемењивања ове гајене врсте.

У подпоглављу **Корелациона** анализа извршена је корелациона анализа морфо-физиолошки параметри, корелациона анализа пољских огледа, корелациона анализа посматраних параметара у лабораторијским огледима и приноса зрна по биљци у пољу, корелациона анализа посматраних термодинамичких параметара и приноса зрна по биљци у пољу, Анализа главних компонената за морфо-физиолошке параметре и приноса зрна по биљци у пољу, Анализа главних компонената за термодинамичке параметре и приноса зрна по биљци у пољу. Степен и тренд повезаности између посматраних особина у лабораторијском огледу, пољском огледу, као и повезаност одговора биљке у раној фази развића (фаза клијанца) са оствареним приносом зрна по биљци за све три локације, су уврђени на основу *Pearson*-овог коефицијента корелације.

Међусобним поређењем посматраних параметара раног пораста биљке у оптималним условима гајења (25°C и 80% ПВК), утврђена је статистички високо значајна и позитивна корелација између дужине корена клијанца са свежом и сувом масом корена ( $r = 0,840^{***}$ , тј.  $r = 0,860^{***}$ ) односно изданка ( $r = 0,723$ , тј.  $r = 0,867$ ). У условима гајења који одговарају хладном и влажном пролећу редовне сетве (15°C и 100% ПВК) – *cold and flooding stress*, утврђене су статистички високо значајне и позитивне корелације између свих посматраних параметара раста. Утврђене статистички високо значајне и негативне корелације између односа корена и изданка за све посматране параметре раста указују на одсуство неопходности корена за интензивнијим растом и издуживањем, услед велике количине воде у земљишту, и могућношћу накупљања суве масе у биљци.

У условима стреса суше (30°C и 40%, ПВК) - *drought stress*, побољшана способност кореновог система да усваја воду из дубљих слојева земљишта, у циљу превазилажења недостатка потребне количине фотоасимилата, је неопходна за раст и развиће биљке. ОвOME иду у прилог утврђене статистички високо значајне и негативне корелације између дужине корена и изданка клијанца ( $r = -0,755^{***}$ ), као и статистички високо значајне и позитивне корелације између дужине корена и свеже ( $r = 0,626^{**}$ ), односно суве масе ( $r = 0,836^{***}$ ) изданка.

У оптималним условима гајења (25°C и 80% ПВК), утврђене су статистички високо значајне и негативне корелације између дужине ( $r = -0,837^{***}$ ), свеже ( $r = -0,753^{***}$ ) и суве масе корена ( $r = -0,773^{***}$ ), као и свеже ( $r = -0,844^{***}$ ) и суве масе изданка ( $r = -0,892^{***}$ ), са приносом на све три локације. Како је раст енергетски захтеван процес, посматрани морфо-физиолошки параметри су у негативној корелацији са приносом. Једине позитивне и статистички високо значајне корелације за посматране параметре раста су утврђене између дужине изданка и приноса зрна по биљци. Ово указује да се при оптималним условима биљке не налазе у стресу, и пораст иде у правцу изданка.

У условима гајења који одговарају хладном и влажном пролећу редовне сетве (15°C и 100% ПВК) - *cold and flooding stress*, утврђене су статистички значајне и негативне корелације између дужине корена ( $r = -0,795^{***}$ ) и изданка ( $r = -0,743^{***}$ ), респективно, са приносом зрна по биљци на све три локације. Такође, утврђене су статистички значајне и негативне корелације свеже ( $r = -0,668^{***}$  за корен и  $r = -0,771^{***}$  за изданак) и суве масе ( $r = -0,747^{***}$  за корен и  $r = -0,727^{***}$  за изданак) корена и изданка са приносом за све три локације. На основу корелационе анализе, утврђене су статистички високо значајне позитивне корелације између приноса на све три локације и односа посматраних особина, и то за однос дужине корена и изданка и

приноса ( $r = 0,790^{***}$ ;  $r = 0,443^{***}$ ;  $r = 0,701^{***}$ ) и за однос суве масе корена и изданка и приноса ( $r = 0,784^{***}$ ;  $r = 0,520^{***}$ ;  $r = 0,645^{**}$ ).

У условима стреса суше ( $30^{\circ}\text{C}$  и  $40\%$ , ПВК) - *drought stress*, побољшана способност кореновог система да усваја воду из дубљих слојева земљишта, у циљу превазилажења недостатка потребне количине фотоасимилата, је неопходна за раст и развиће биљке. Овоме иду у прилог утврђене статистички високо значајне и негативне корелације између дужине корена и приноса на све три локације ( $r = -0,755^{**}$ ;  $r = -0,438^{*}$ ;  $r = -0,664^{**}$ ), као и статистички високо значајне и позитивне корелације између свеже ( $r = 0,777^{**}$ ;  $r = 0,447^{*}$ ;  $r = 0,479^{*}$ ), односно суве масе корена и приноса ( $r = 0,881^{***}$ ;  $r = 0,516^{*}$ ;  $r = 0,594^{**}$ ), указујући на фаворизовање накупљања резервних материја у корену и каснијег транспорта у надземни део биљке, на рачун његовог издуживања.

Вредности коефицијената корелације за слободну енергију слободне воде  $\Delta G$  ( $60^{\circ}\text{C}$ ), воде на нивоу симпласта  $\Delta G$  ( $105^{\circ}\text{C}$ ) и хемијски везане воде  $\Delta G$  ( $130^{\circ}\text{C}$ ), као и за укупну диференцијалну енергију  $\Delta G$  ( $130-60^{\circ}\text{C}$ ) су статистички значајне и негативне у односу на принос при сва три посматрана третмана на све три локације. Истовремено, корелације су позитивне и статистички значајне за укупну диференцијалну енталпију  $\Delta H$  ( $130-60^{\circ}\text{C}$ ), што указује да је највећи принос тамо где је најмања потрошња енергије и највећа уређеност система  $\Delta H$  ( $130-60^{\circ}\text{C}$ ).

На основу коефицијената корелација, може се видети да је број махуна по биљци био значајно повезан са бројем зрна по биљци ( $r = 0,90^{**}$ ) и масом зрна по биљци ( $r = 0,71^{**}$ ). Истовремено, број махуна по биљци има негативан коефицијент корелација са масом 1000 зрна, односно крупноћом зрна ( $r = -0,73^{**}$ ). Поред ових треба поменути и позитивну повезаност између броја зрна по биљци и масе зрна по биљци ( $r = 0,88^{**}$ ). Интересантно је напоменути да су корелације између масе 1000 зрна и осталих испитиваних особина биле углавном негативне, осим са бројем зрна по биљци где је утврђена слаба и позитивна повезаност. Такође је добијена слаба и негативна повезаност између броја махуна по биљци и броја зрна по махуни. Наиме, период заметања махуна и наливања зрна десио се у неповољним агро-метеоролошким условима, током августа, када су максималне дневне температуре прелазиле  $35^{\circ}\text{C}$ , што је уз ниску релативну влажност ваздуха довело до абортивности цветова.

У циљу свеобухватнијег увида у одговор биљке на различите услове спољашње средине, примењена је анализа главних компонената. Од укупно 11 (по третману), екстраховане су две *PC* осе (главне компоненте) са *Eigen* вредностима  $> 1,0$ . Оне објашњавају 77,782% укупне варијабилности између генотипова, на основу посматраних молфо-физиолошких својстава корена и изданка. *PC1* осу објашњава 67,737% варијабилности, а дефинисана је свежом масом корена и изданка, као и сувом масом корена и изданка, измереној на  $60^{\circ}\text{C}$ ,  $105^{\circ}\text{C}$  и  $130^{\circ}\text{C}$ . Дужине корена и изданка нису статистички значајно утицале у дефинисању *PC1* осе. *PC2* оса објашњава 10,045% варијабилности, а дефинисана је само приносом зрна по биљци, (негативна корелација,  $-0,844^{**}$ , јер клијанци у тој фенолошкој фази расту у дужину и троше енергију. Међу проучаваним генотиповима постоји очигледна варијабилност у погледу испитиваних морфолошких параметара и приноса зрна по биљци. Посматрајући у односу на потенцијал клијанаца да формира принос у адулној фази, истичу се следећи генотипови: Сатаја, Макса, Белко, Галеб, трешња, Прелом и шаренац.

Од укупно 11 (по третману), екстраховане су три *PC* осе (главне компоненте) са *Eigen* вредностима  $> 1,0$ . Оне објашњавају 79,913% укупне варијабилности између генотипова, на основу посматраних термодинамичких параметара и приноса зрна по биљци. Ради веће прегледности, посебно су приказани односи за *PC1* и *PC2* осе, односно за *PC1* и *PC3* осе. *PC1* осу објашњава 41,621% варијабилности, а дефинисана

је слободном енергијом слободне воде на нивоу апопласта и воде на нивоу симпласта у корену, као и диференцијалном слободном енергијом и енталпијом у корену и изданку. РС2 оса објашњава 23,565% варијабилности, а дефинисана је диференцијалном слободном енергијом хемијски везане воде у корену. За РС1 осу дефинитивно се везују параметри корена, јер корен има највећу способност усвајања воде. Принос није имао утицаја на дефинисање оса термодинамичких параметара. РС3 осу објашњава 14,728% варијабилности, и дефинише је диференцијална енергија хемијски везане воде изданка.

Међу проучаваним генотиповима постоји очигледна варијабилност у погледу испитиваних термодинамичких параметара и приноса зрна по биљци. Посматрајући у односу на потенцијал клијанаца да формира принос, истичу се генотипови Балкан, Двдесетица, Сремац, Студеница, Оплепац, Панонски тетовац, трешњо и шаренац.

У поглављу „Закључци“ су представљени најважнији закључци (укупно 16) који су правилно изведени и у потпуности произилазе из анализе добијених резултата докторске дисертације на бази истраживања изведени на 21 генотип пасуља. Они се могу сумирати на следећи начин.

Испитивана морфо-физиолошка и термодинамичка основа толерантности на абиотичке факторе у раној фази развића пасуља (14 дана стари клијанци), у симулираним оптималним условима (25°C и 80% ПВК) условима хладне и превлажене редовне сетве (15°C и 100% ПВК) и условима изражене суше друге, пострне сетве (30°C и 40% ПВК), потврдила је постојање варијабилности између генотипова, испољене и у условима пољског огледа. Код већине генотипова, фенотипском корелационом анализом је утврђен статистички значајнији негативан ефекат водног дефицита у односу на ефекат температуре, на посматране морфо-физиолошке параметре, са трендом раста корена на рачун изданка (-0,755\*\*\*), за дужине корена и изданка; (-0.507\*\*), за свежу масу корена и изданка (-0,684\*\*\*), за суву масу корена и изданка. Како је раст енергетски захтеван процес, генотипови са најмањим утрошком енергије за потребе раста у раној фази развића, нарочито кореновог система, могу давати виши принос у условима стреса суше. С обзиром да виши принос остварују генотипови са најмањом потрошњом енергије (*ΔG130-60*) и највећом уређеношћу система (*ΔH130-60*), као пожељни генотипови се издвајају генотипови Макса, Панонски тетовац, Галеб и Прелом. На основу анализе термодинамичких параметара, најбољу хидратисаност на нивоу целог клијанца, у сва три третмана, су испољили генотипови Балкан, Златко и Галеб.

Утврђена је генетичка варијабилност за компоненте приноса услед утицаја генотипа, локације и њихове интеракције. Интродукована гермплазма, тј. генотипови Сатаја, *C-20* и Прелом, могу се сматрати изворима пожељних својстава за стварање нових, толерантнијих и приноснијих сорти пасуља, кроз програме оплемењивања. Овакава експресија особина 21 генотипа пасуља утицала на груписање генотипове у шест кластера, при чему се сорта Прелом се издвојила у посебан, док посебан кластер формирају сорте Сатаја, *C-20* и Белко

Резултати добијени *АММИ* анализом, указују на значајну варијабилност између генотипова, локалитета и њихове интеракције, за све посматране компоненте приноса. Према стабилности, посматрано за масу зрна по биљци за све три локације, издвајају се генотипови Оплепац, *C-20*, Двдесетица, Златко и шаренац. Стабилан, али нижи просечан принос зрна за све три локације, остварили су генотипови Балкан, мраморирани, зелени и Розалија. Стабилан и виши просечан принос су остварили генотипови зечак и Оплепац. Ови генотипови би се могли сматрати пожељним за програме оплемењивања на својство толерантности на сушу.

На основу анализе главних компонената за обједињене перформансе клијанаца пасуља испољених у сва три лабораторијска третмана и оствареног приноса зрна по

биљци, види се супротан тренд, потврђен статистички значајним негативним корелацијама између приноса на све три локације и параметара раста, нарочито дужине корена (-0,825\*\*\*). На основу добијених резултата, неки од испитиваних генотипова се могу укључити у програме оплемењивања пасуља, у циљу стварања сората вишег и стабилнијег приноса у различитим агро-еколошким условима.

У поглављу „Литература“ наведен је списак од 131 референцу које су у докторској дисертацији коришћене као основ за примењене методе истраживања и за поређење добијених резултата са другим истраживањима. Референце су сложене по алфавитном реду и написане правилно, у складу са прихваћеним стандардима за навођење.

### 3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација мр Маје Н. Јечменица под насловом: „**Реакција генотипова пасуља (*Phaseolus vulgaris* L.) на абиотичке факторе**“ оригиналан научни рад. Истраживања у овој докторској дисертацији обављена су у потпуности према плану и програму рада предвиђеним у Пријави докторске дисертације. Резултати које је добила у докторској дисертацији мр Маје Н. Јечменица су у складу са постављеним циљевима и хипотезама. Треба нагласити да се Кандидаткиња стриктно придржавала програма истраживања, радних хипотеза и задатака које је поднела при пријави ове докторске дисертације. Кандидаткиња је, по мишљењу чланова Комисије, остварила све циљеве докторске дисертације у складу са пријавом. Ова дисертација је резултат оригиналног и самосталног научног рада у коме су успешно примењене савремене истраживачке и статистичке методе за експериментални део истраживања. Добијени резултати истраживања ће дати допринос у програмима оплемењивања и стварању нових сората пасуља, које ће се одликовати повећаном стабилношћу и адаптабилношћу на различите услове производње. Наиме, циљ овог рада је био да се испитивањем различитих генотипова пасуља одреди варијабилност, стабилност генотипова применом лабораторијских испитивања и пољских огледа на три локације. Добијени резултати су показали да постоји оправданост ових истраживања.

У овом раду анализирани су средње вредности и варијабилност особина пасуља, проучена је међусобна повезаност особина, утицај испитиваних особина на принос, извршена хијерархијска кластер анализа и груписање генотипова према нивоу експресије особина; издвојени су најстабилнији генотипови и генотипови као носиоци гена пожељних особина за оплемењивања и производњу пасуља. Предложени и конципиран програм истраживања омогућио је добијање значајних података из области агротехнике, генетике и оплемењивања који, поред теоријског, имају и практични значај. Истраживања у дисертацији су од посебног научног и практичног значаја јер је абиотички стрес, адаптабилност и стабилност испитиваних генотипова пасуља веома важна. У овој докторској дисертацији је на основу непараметарских метода утврђена стабилност компоненти приноса 21 генотипа пасуља у различитим срединама и издвојени су најстабилнији генотипови пасуља за гајење, као и генотипови који се могу користити у даљем процесу оплемењивања. Дакле, резултати представљају оригинална решења и драгоцену искуство за даљи оплемењивачки рад и практичну примену.

Ова докторска дисертација ће бити од користи како селекционерима пасуља, за што боље разумевање интеракције генотип x средина, варијабилности и стабилности, која је од изузетног значаја у свим оплемењивачким програмима, тако и самим пољопривредним произвођачима при избору неког од испитиваних генотипова за производњу.

Добијени резултати приказани су прегледно, уз бројне табеле и графиконе и исправно су тумачени и анализирани јасним језиком, кроз поређења са резултатима истраживања других аутора. Посебно би требало истаћи да резултати које је кандидаткиња, мр Маја Јечменица, добила у својим истраживањима представљају оригинална решења и драгоцену искуство за даљу примену и коришћење у савременом оплемењивању и производњи пасуља.

На основу свега претходно изнетог Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију мр Маје Н. Јечменице под насловом „**Реакција генотипова пасуља (*Phaseolus vulgaris* Л.) на абиотичке факторе**“ и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду, да усвоји позитивну оцену, чиме би се пружила могућност Кандидаткињи да приступи јавној одбрани докторске дисертације.

#### Чланови Комисије:

Др Томислав Живановић, редовни професор  
Пољопривредног факултета Универзитета у Београду  
(Ужа научна област Генетика)

Др Снежана Ољача, редовни професор  
Пољопривредног факултета Универзитета у Београду  
(Ужа научна област Агроекологија)

Др Мирјана Васић, научни саветник  
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад  
(Ужа научна област Генетика и оплемењивање)

Др Гордана Бранковић, доцент  
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду  
(Ужа научна област Генетика)

Др Наталија Кравић, научни сарадник  
Институт за кукуруз “Земун Поље”, Београд-Земун  
(Ужа научна област Физиологија и екологија)

Објављени рад мр Маје Н. Јечменице у часопису који се налазе на SCI листи:

Maja Ječmenica, Natalija Kravić, Mirjana Vasić, Tomislav Živanović, Violeta Mandić, Jelena Mandić, Vesna Dragičević: Variability of free energy in a funktion of drought tolerance in common bean accessions. Genetika – Belgrade vol. 48, No. 2 (in press).

Прилог: Потврда