

Факултет Пољопривредни

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

32/15-3.4.

(Број захтева)

26.02.2020.

(Датум)

Веће научних области
биотехничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„Процена оплемењивачке вредности и молекуларна карактеризација локалних популација
кукуруза Западног Балкана“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Ратарство и повртарство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

1. Александар, Слободан, Поповић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета,
студијски програм):

Универзитет у Београду

Пољопривредни факултет, студијски програм
Пољопривреда, модул Ратарство и повртарство

3. Година завршетка

претходног нивоа студија: 2013.

4. Година уписа на докторске студије: 2013/2014.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Пољопривредне науке, модул Ратарство и повртарство

ПОДАЦИ О ПРВОМ МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Славен Продановић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације

1. Kandić, V., Dodig, D., Sečanski, M., **Prodanović, S.**, Branković, G., Titan, P. (2019): Grain yield, agronomic traits, and protein content of two- and six-row barley genotypes under terminal drought conditions. *Chilean journal of agricultural research*, 79(4):648-657.
2. Radinović, I., Vasiljević, I., Zorić, M., Branković, G., Živanović, T., **Prodanović, S.** (2018): Variability of red clover genotypes on the basis of morphological markers. *Genetika*, 50(3):895-906.
3. Wang, W., Wang, K., Chen, X., **Prodanovic, S.**, Li, X., Ye, X., Yan, Y. (2018): Molecular characterization and phylogenetic analysis of one omega-gliadin gene from *Aegilops speltoides* L. *Genetika*, 50(2):503-517.
4. Jocković, M., Jocić, S., **Prodanović, S.**, Cvejić, S., Ćirić, M., Čanak, P., Marjanović-Jeromela, A. (2018): Evaluation of combining ability and genetic components in sunflower. *Genetika*, 50(1):187-198.
5. Djurić, N., **Prodanović, S.**, Branković, G., Djekić, V., Cvijanović, G., Žilić, S., Dragičević, V., Zečević, V., Dozet, G. (2018): Correlation-regression analysis of morphological-production traits of wheat varieties. *Romanian biotechnological letters*, 23(2):13457-13465.

ПОДАЦИ О ДРУГОМ МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Војка Бабић

Звање: виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације

1. **Babić, V.**, Vančetović, J., Prodanović, S., Andjelković, V., Babić, M., Kravić, N. (2012): The identification of drought tolerant maize accessions by the two-step cluster analysis. *Romanian agricultural research* 29:53-61.
2. **Babić, V.**, Vančetović, J., Prodanović, S., Kravić, N., Babić, M., Anđelković, V. (2015): Numerical classification of Western Balkan maize drought tolerant landraces. *Journal of Agricultural Science and Technology* 17(2):455-468.
3. **Babić, V.**, Nikolić, A., Andjelković, V., Kovačević, D., Filipović, M., Vasić, V., Mladenović-Drinić, S. (2016): UPOV morphological versus molecular markers for maize inbred lines variability determination. *Chilean Journal of Agricultural Research* 76(4): 417-426.
4. **Babić, V.**, Andjelković, V., Nikolić, A., Milivojević, M., Srdić, J., Popović, A., Kravić, N. (2017): Disruption of genetic identity for genebank maize accessions during conservation. *Genetika* 49(3):853-864.
5. **Babić, V.**, Kravić, N., Živić, J., Srdić, J., Popović, A., Nikolić, A., Miritescu, M. (2018): Grain quality within *ex situ* and *in situ* conserved traditional white maize landraces. *Romanian Agricultural Research* 35:129-140.

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Пољопривредног факултета

на седници одржаној 26.02.2020. размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Душан Живковић

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/15-3.4.
Датум: 26.02.2020. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 44. Статута Пољопривредног факултета (2018. година), Наставно-научно веће факултета на седници одржаној 26.02.2020. године, донело је

О Д Л У К У

I ПРИХВАТА СЕ извештај о позитивној оцени пријаве теме докторске дисертације коју је поднео **АЛЕКСАНДАР ПОПОВИЋ, мастер** и одобрава израда дисертације под насловом: **«ПРОЦЕНА ОПЛЕМЕЊИВАЧКЕ ВРЕДНОСТИ И МОЛЕКУЛАРНА КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ЛОКАЛНИХ ПОПУЛАЦИЈА КУКУРУЗА ЗАПАДНОГ БАЛКАНА».**

II За ментора се именује др Славен Продановић, редовни професор Универзитета у Београду - Пољопривредног факултета.

За другог ментора именује се др Војка Бабић, виши научни сарадник Института за кукуруз „Земун Поље“.

III На одлуку о прихватању теме докторске дисертације и одређивању ментора сагласност даје одговарајуће Веће научних области Универзитета у Београду.

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН**

(Проф. др Душан Живковић)

Доставити: кандидату, менторима, Институту за ратарство и повртарство, Студентској служби и архиви.

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

Број:

Датум: 26.12.2019. године

Београд

Предмет: Извештај Комисије за оцену пријаве докторске дисертације Александра Поповића, мастера

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду бр. 32/12-3.1. од 27.11.2019. године, именовани смо у Комисију за оцену пријаве докторске дисертације кандидата Александра Поповића, мастера, под насловом: "Оцена оплемењивачке вредности и молекуларна карактеризација локалних популација кукуруза Западног Балкана".

Комисија у саставу др Славен Продановић, ред. проф. Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Војка Бабић, виши научни сарадник Института за кукуруз "Земун Поље" у Београду, др Томислав Живановић, ред. проф. Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Наталија Кравић, виши научни сарадник Института за кукуруз "Земун Поље" у Београду и др Данијела Ристић, виши научни сарадник Института за кукуруз "Земун Поље" у Београду, после разматрања пријаве кандидата, узимајући у обзир све релевантне чињенице од значаја за пријаву израде наведене дисертације, подноси Наставно-научном већу Пољопривредног факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Назив дисертације

Комисија сматра да наслов треба делимично изменити тако да гласи: „**Процена оплемењивачке вредности и молекуларна карактеризација локалних популација кукуруза Западног Балкана**”.

2. Предмет и програм истраживања

Истраживања која ће се обавити у овој дисертацији су из области биотехнологије, односно пољопривредних наука - биљне производње, ратарства и повртарства, уже научне области генетике и оплемењивања биљака, при чему је истраживање усмерено на кукуруз (*Zea mays* L.).

Предмет дисертације је испитивање оплемењивачке вредности генотипова кукуруза из колекције ген банке Института за кукуруз „Земун Поље“ и њихова молекуларна карактеризација. Генотипови који ће се испитивати у овој дисертацији су локалне популације кукуруза, колекционисане на подручју Западног Балкана, које до сада нису коришћене у оплемењивачким програмима, а могу представљати извор пожељних гена и потенцијално бити искоришћене за добијање нових, бољих хибрида.

Оплемењивачка вредност је главни параметар претходног испитивања (односно тријаже или скрининга) великог броја генотипова у колекцијама гермплазме, како би се издвојили они генотипови који су од значаја за употребу у селекционим програмима (Al-Naggar et al., 2016). Оплемењивачка вредност примарно се процењује кроз тест укрштања (*test cross*). То су укрштања између генетичког материјала који се испитује и инбридованих линија (тестера или тест линија) познатог педигреа, обично оних које се већ користе у програмима производње комерцијалних хибрида. Pataki (2010) наводи да коришћење тест укрштања смањује обим рада за око 20 пута у односу на метод диалела (укрштања између свих генотипова међусобно). Тест укрштања омогућавају да се одреде опште и посебне комбинационе способности испитиваних генотипова за особине од интереса, на основу фенотипских карактеристика хибридног потомства. Добре фенотипске карактеристике хибрида указују на присуство пожељних гена код родитеља. Кроз ова истраживања добиће се информације о комбинационим способностима за принос зрна и друге морфолошке и продуктивне особине локалних популација кукуруза из банке гена. Те информације су од значаја за идентификацију материјала који има потенцијал да се укључи у комерцијалне оплемењивачке програме.

Истраживања која се односе на припремне активности у оплемењивачким програмима, посебно на проналажење и идентификацију пожељних својстава (гена) у оквиру неадаптираног материјала, као и програме њиховог унапређења до нивоа прихватљивости за комерцијалне програме, називају се пред-оплемењивање (*pre-breeding*) (Nass и Paterniani, 2000; Shimelis и Laing, 2012). Предоплемењивачке активности, осим испитивања комбинационих способности, обухватају и испитивања хетеротичног потенцијала материјала из ген банке.

Модерно оплемењивање кукуруза заснива се на искоришћавању феномена хетерозиса који представља супериорност хибрида по фенотипским карактеристикама у односу на родитељске компоненте (Hallauer et al., 2010). У циљу ефикаснијег коришћења хетерозиса, предложен је концепт хетеротичних група. То је подела постојеће гермплазме у најмање две генетички дивергентне групе. Многа истраживања фокусирана су на груписање локалних популација у хетеротичне групе, као и идентификовање могућих хетеротичних парова међу њима (Malvar et al., 2005; Revilla et al., 2006). Böhm et al. (2015) препоручују да се за процену генетичког потенцијала локалних популација, у циљу проширења постојећих хетеротичних група, изврши евалуација њихових перформанси у комбинацији са једним или два елитна тестера супротних хетеротичних основа. У овом истраживању, за одређивање хетеротичних група, користиће се три дивергентна тестера

(инбред линије) по саставу гермплазме: L217 (*Iowadent*), L73B013 (*BSSS* x *Iowadent*) и L225/75-5 (*Lancaster*). Одредиће се које локалне популације испољавају хетеротични ефекат са којим тестером, а такође издвојити оне које могу да дају висок хетерозис при укрштању са два тестера.

Предмет ових истраживања такође је молекуларна карактеризација локалних популација кукуруза Западног Балкана, како би се испитала њихова генетичка сличност и дивергентност, и то како између популација међусобно, тако и у односу на тестере. У последњих двадесет година значај примене молекуларних, односно ДНК маркера, за процену генетичког диверзитета једне врсте изузетно је порастао. На овај тренд утицала је чињеница да молекуларни маркери не зависе од утицаја фактора спољне средине, а број им је готово неограничен. Један од најчешће коришћених ДНК маркера су микросателити, *SSR* (*Simple Sequence Repeat*) маркери, који ће се применити у истраживањима кандидата. Генетичка дивергенција родитеља је основ за испољавање високог степена хетерозиса у хибридном комбинацијама. Прогностиће се колико је генетичка дивергенција по молекуларним маркерима коришћеним у овом истраживању добар индикатор хетерозиса за локалне популације кукуруза Западног Балкана. Уколико се покаже да употребљени сет маркера ефикасно указује на хетеротичне парове, то ће олакшати одабир других генотипова из колекције гермплазме.

Кукуруз (*Zea mays* L.), који је материјал за истраживања у овој дисертацији, представља, поред пшенице и пиринча, најзначајнију ратарску биљну врсту. По засејаним површинама заузима треће, по произведеним количинама друго, а по приносу зрна по јединици површине прво место у свету. Кукуруз је полиморфна врста високе генетичке варијабилности и широког ареала гајења. Процењује се да се само 3-5% сачуваног диверзитета кукуруза користи у оплемењивачким програмима (Curry, 2017). Како би се остварио жељени, континуирани напредак у селекцији кукуруза, неопходно је вршити интрогресију нове гермплазме у актуелно коришћене хетеротичне групе. Богатство генетичког диверзитета које се чува у банкама биљних гена представља значајан извор пожељних својстава (Technow et al., 2014). Генетичка разноврсност локалних популација сакупљених на простору бивше Југославије, које се чувају у банци гена Института за кукуруз “Земун Поље”, могу допринети унапређењу оплемењивања у Србији (Anđelković et al., 2017). Оне су узгајане током претходних векова на простору Западног Балкана (који припада европском кукурузном појасу), те обликоване на основу специфичног и разнородног агроклимата овог подручја, што је од потенцијалног значаја за бројне селекционе програме кукуруза умереног појаса. Постоје позитивни примери где су локалне популације прилагођене агроклиматским условима производње одиграле важну улогу у селекционом процесу. Према Ivanović et al. (2002), чак и мало учешће локалне гермплазме може имати велики утицај на агрономске особине хибрида. Четири линије кукуруза (NS796, R70Ž, NS568 и ZPPE25-10-1), које су настале уз учешће гермплазме локалних популација, имале су значајан утицај на развој програма оплемењивања кукуруза у нашим научним институтима. Употреба гермплазме локалних популација

постаје све значајнија за проширење генске основе комерцијалних F₁ хибрида и проналажење алтернативних хетеротичних парова (Vančetović et al., 2015a).

Да би се материјал из банака гена употребио у комерцијалним програмима селекције потребно је да се изврши одабир популација на основу њихових оплемењивачких вредности кроз добро конципирани предлоплемењивачки процес (Technow et al., 2014). Идеална популација која ће служити као почетни материјал за селекциони рад треба да поседује висок просек особина, фреквенцију пожељних алела вишу од 0,5, значајну генетичку варијабилност, добру комбинациону способност и широку адаптивност (Hallauer et al., 2010). Када се ради са већим бројем популација, Geadelmann (1986) сматра да су најважнији критеријуми одабирања њихово географско и генетичко порекло, искуство других селекционара и претходних истраживања, вредности особина популација *per se*, комбинационе способности и молекуларне карактеристике. Према Matus и Naies (2002), процена вредности и генетичке разноврсности популација врши се на основу података о фенотипу, педигреу и молекуларним анализама. Аутори Vančetović et al. (2015b) истичу да за унапређење селекције кукуруза, треба извршити процену вредности популације, засновану на познавању њених карактеристика *per se* и њених комбинационих способности за принос зрна при укрштањима са другим популацијама, групама популација или инбред линијама. Један приступ не искључује други, а комбиновани приступ употпуњује и даје реалнију оцену оплемењивачке вредности испитиваног материјала.

Gorjanc et al. (2016) наводе да материјал из банака гена, пре укључивања у комерцијалне програме оплемењивања, мора да прође један, најчешће дуготрајан и скуп процес унапређења током предлоплемењивачког процеса. Carena (2005) наводи да је управо мали број оваквих програма лимитирајући фактор за шире коришћење локалних популација које се чувају у банкама гена.

У својој пријави, кандидат истиче да је материјал из ген банке потребно одабрати кроз вишефазни процес испитивања (стратификацијски процес одабира), како би се, са једне стране сачувала широка варијабилност, а са друге стране материјал довео до нивоа да се он може увести у комерцијалне програме оплемењивања. Управо такав концепт примењен је у припремној фази ове дисертације. Тако је у оквиру пројекта „Идентификација извора толерантности према суши у ген банци кукуруза“ (у периоду од 2008. до 2010. године) у контролисаним условима водног дефицита у Египту, обављена процена 5806 генотипова, из банке гена Института за кукуруз, на толерантност према суши. Тада је издвојено 558 генотипова, од чега је 321 локална популација Западног Балкана, као могући извор пожељних гена за толерантност на сушу. Од овог броја, за 310 локалних популација обављена је карактеризација особина по CIMMYT/IPBGR дескриптору, те су оне класификоване у 11 дивергентних група (Babić et al., 2015). Други значајан корак, у стратификацијском одабиру мањег броја популација за даљи рад на испитивању њиховог хетеротичног потенцијала, представљала је прелиминарна евалуација на особине које су значајне оплемењивачима: кратак период од метличења до

свилања (*ASI - antesis silking interval*), ниско позициониран клип, добар принос *per se*, тамно зелена боја листова, мали број полеглих и сломљених биљака и добра оцена квалитета клипа. Ову евалуацију 310 локалних популација кукуруза кандидат Александар Поповић спровео је кроз израду своје мастер тезе. У складу са задатим циљевима у овом кораку, одабрао је укупно 40 најбољих популација *per se*, обухвативши равномерно (10-15%) свих 11 дивергентних група. Од ових 40 локалних популација, 31 популација ће бити коришћена за истраживања у овој докторској дисертацији.

Ова докторска дисертација реализоваће се кроз четворогодишњи програм истраживања. Током прве године извршиће се укрштање локалних популација са одговарајућим тестерима у циљу стварања *test cross* хибрида - материјала за испитивање. У наредне две године, на четири локације биће постављени пољски огледи са *test cross* хибридама, у циљу одређивања вредности и варијабилности особина биљке и клипа, и мерења приноса зрна. У току четврте године у Лабораторији за молекуларну генетику и физиологију Института за кукуруз "Земун Поље" биће извршена молекуларна карактеризација 31 генотипа локалних популација и тестера (инбридованих линија које су коришћене за укрштања), применом микросателитских маркера. Такође ће бити урађена статистичка анализа података, која ће омогућити да се процени оплемењивачка вредност, односно одреде комбинационе способности, хетеротичне групе и генетички диверзитет испитиване гермплазме.

3. Научни циљ истраживања

Основни циљеви ове докторске дисертације су:

(а) да се на основу тест укрштања оцене опште комбинационе способности (ОКС) одабраних локалних популација кукуруза за све испитиване особине, а тиме идентификују популације које су најбољи општи комбинатори, пре свега за принос зрна, а онда и за остале особине од значаја за оплемењивање кукуруза;

(б) да се идентификују локалне популације које имају најбоље посебне (ПКС) комбинационе способности за принос зрна, у укрштањима са одређеним тестером. Из укрштања популација са сваким тестером, идентификоваће се хибридне комбинације које испољавају висок хетеротичан ефекат, што има за циљ да омогући формирање хетеротичних група локалних популација;

(в) да се применом SSR маркера изврши молекуларна карактеризација одабраних локалних популација и тестера и израчунају коефицијенти генетичке сличности / дивергентности, како између испитиваних популација, тако и у односу на коришћене тестере, односно да се процени генетички диверзитет испитиваног материјала;

(г) да се упоређивањем резултата о фенотипским вредностима хибрида из пољских огледа и молекуларне карактеризације родитељских генотипова утврди колико су коефицијенти генетичке сличности / дивергентности популација поуздани индикатори хетерозиса;

(д) да се на основу добијених резултата омогући интрогресија гермплазме локалних популација у комерцијални оплемењивачки програм, водећи рачуна да се сачува дивергентност хетеротичних група, како би се максимизирао ефекат хетерозиса. Свеобухватни циљ је да унос гена из локалних популација у постојећи материјал буде плански изведен и да допринесе стварању нових инбред линија и F₁ хибрида кукуруза.

4. Основне хипотезе од којих се полази

Полазне хипотезе при поставци ових истраживања су следеће:

(а) Између локалних популација, које су одабране за истраживања и чувају се у банци гена Института за кукуруз „Земун Поље“, очекује се да постоји значајна разлика по вредностима особина (карактеристикама популација *per se*). Такође је за очекивање значајна варијабилност приноса и других агрономских особина између популација, с обзиром да су оне колекционисане из различитих агроколошких услова и припадају дивергентним групама, на основу карактеризације по дескриптору. Полазна хипотеза је да постоје значајне разлике у општим комбинационим способностима између локалних популација, тако да могу издвојити најбољи општи комбинатори.

(б) У истраживањима се пошло од претпоставке да је у истраживању обухваћена варијабилност комерцијалног ген-пула кукуруза одабиром три елитна тестера, који припадају дивергентним и најчешће коришћеним хетеротичним групама. За очекивати је да се на основу тест укрштања могу издвојити посебне хибридне комбинације које испољавају висок хетерозис за принос зрна и извршити груписање локалних популација у хетеротичне групе.

(в) Молекуларна карактеризација омогућава процену генетичке сличности и дивергенције одабраних локалних популација, како међусобно, тако и у односу на тестере познатог педигреа. Претпоставља се да ће неки од примењених микросталитских маркера јасније од других омогућити разликовање локалних популација кукуруза.

(г) За очекивати је да ће локалне популације веће генетичке дивергенције испољавати виши степен хетерозиса.

(д) Фенотипска и молекуларна карактеризација, односно комбиновање резултата добијених из пољских огледа и резултата молекуларне анализе при процени оплемењивачке вредности локалних популација, полазна је основа за доношење одлука о начину коришћења испитиваног материјала у даљем програму предоплемењивања и његовој интрогресији у комерцијални оплемењивачки материјал.

5. Материјал и методе који ће се користити у истраживањима

5.1. Биљни материјал

Полазни материјал у овим истраживањима је 31 локална популација из колекције банке гена кукуруза Института за кукуруз "Земун Поље" у Београду, одабрана на основу претходне евалуације, засноване првенствено на процени присуства пожељних гена за

толерантност на сушу, али и за принос зрна, отпорност на полегање и друге особина од значаја за оплемењивање. Одабране популације биће укрштене са 3 тестера (инбридоване линије) која су дивергентна по саставу гермплазме и користе се у програмима оплемењивања кукуруза. Ови тестери су: L217 (*Iowadent*), L73B013 (*BSSS* x *Iowadent*) и L225/75-5 (*Lancaster*). У раду ће се као материјал користити и 2 додатна тестера (F2 и Polj17), из припремне фазе истраживања, као стандарди у молекуларним анализама. Из укрштања популација и тестера произвешће се 93 *test cross* хибрида. Такође ће се произвести и 3 F₁ хибрида укрштањем између тестера међусобно (L73B013 x L217; L73B013 x L255/75-5; L255/75-5 x L217), који ће се користити као стандарди у пољским огледима. Укупно 132 генотипа биће коришћено у овим истраживањима.

5.2. Поставка пољских огледа и фенотипизација

Огледи са *test cross* хибрида поставиће се у условима сувог ратарења, на четири локације (Земун Поље, Панчево, Сремска Митровица и Бечеј), током две године, по парцијално балансираном непотпуном блок дизајну (PBIB, *partially balanced incomplete block design*; Ghosh и Divecha, 1997). Поставиће се две групе од по 4 блока у свакој спољној средини, при чему ће блокови садржати по 24 хибрида, односно биће 96 хибрида у једној групи блокова. Сваки хибрид биће посејан у два реда, а површина елементарне парцеле износиће 7,5m².

Фенотипска карактеризација популација *per se* обухватиће следеће морфолошке особине: висину биљке до врха метлице (cm), висину биљке до клипа (cm), дужину клипног листа (cm), ширину клипног листа (cm) и број листова изнад горњег клипа. Ове особине мериће се непосредно након фазе цветања, на узорку од 10 биљака по хибриду у оба понављања и свим локалитетима у обе године испитивања. На основу мерених висина израчунаће се однос висине биљке до клипа и висине биљке до врха метлице (%).

Непосредно пред бербу узорковаће се по десет насумично одабраних клипова сваког генотипа за мерење следећих продуктивних особина: дужине клипа (cm), пречника клипа (cm), пречника кочанке (cm), броја редова зрна, броја зрна у реду и апсолутне масе (g). На основу разлике пречника клипа и окласка израчунаће се дубина зрна. Исти узорци послужиће за дескрипцију следећих особина хибрида: боје врха зрна, типа зрна, облика клипа и интензитета антоцијанске обојености плевица окласка (по *UPOV - International Union for the Protection of Cultivated Varieties* дескриптору за кукуруз) и правости редова (по *SIMMYT/IBPGR* дескриптору за кукуруз).

Пред бербу такође ће се избројати укупан број биљака по елементарној парцели, као и број полеглих и сломљених биљака. Берба огледа обавиће се машински. Принос зрна мериће се по парцели, и прерачунати у принос зрна у t/ha са 14% влаге. Након мерења и оцене продуктивних особина клипа на узорцима, они ће биће окруњени, осушени у сушари до 14% влаге, после чега ће се измерити тежина њихових зрна како би могла бити придружена тежини пожњевеног зрна са одговарајуће елементарне парцеле. На тај начин кориговање се машински добијени принос за тежину зрна узорка од 10 клипова.

5.3. Статистичка обрада података

Дескриптивном статистиком података из пољског огледа биће израчунате: минималне, максималне и средње вредности особина као и коефицијенти варијације (C_v , %). Методом анализе варијансе *ANOVA* (*Analysis of Variance*), која комбинује четири локације и две године (то јест осам спољних средина) биће утврђено да ли постоји статистички значајна разлика у испитиваним особинама међу анализираним генотиповима и да ли је интеракција генотип $\times$ година статистички значајна.

При анализи варијансе комбинационих способности, спољашње средине и интеракција генотипа и спољашње средине биће узети као рандом ефекти, док ће се ефекти тестера (оца) и популација (мајке) узети као фиксни ефекти. На основу израчунатих F вредности процењиваће се значајност различитих извора варијације унутар комбиноване *ANOVA*. За поређење средина ефеката мајке (популација) и оца (тестера) биће коришћен *LSD* тест (тест најмање значајне разлике), на нивоу значајности $p \leq 0,05$. На тај начин идентификоваће се популације са најбољим општим комбинационим способностима (ОКС) за све испитиване особине. Примениће се регресија да се процени степен повезаности особина популација *per se* и вредности њихових ОКС.

Посебне комбинационе способности (ПКС) биће процењене за принос зрна, као својство од највећег интереса. Издвојиће се као перспективне оне специфичне *test cross* комбинације које превазилазе референтну вредност од 75% приноса F_1 хибрида насталих укрштањем између тестера (Radović и Jelovac, 1995). Овај проценат је вероватноћа, при укрштањима популације у еквилибруму са хомозиготном линијом, да ће један локус имати хетерозиготне алеле (Hallauer et al., 2010).

На основу вредности експресије приноса хибрида појединачних популација са сваким од коришћених тестера, популације ће се сврстати у одговарајуће хетеротичне групе.

5.4. Молекуларна карактеризација

За молекуларну карактеризацију родитељских компоненти *test cross* хибрида биће примењени SSR маркери. Изолација ДНК кукуруза ће се обавити према СТАВ (*Cetyltrimethyl ammonium bromide*) протоколу, модификованој методи Doyle и Doyle (1990). Изолација ДНК популација ће бити рађена из групног узорка (по 30 зрна по популацији), док ће за линије бити узето по пет зрна. Генетички диверзитет одабраног материјала биће испитан применом 29 полиморфних микросателитских маркера изабраних на основу проучавања досадашњих литературних података и претходних истраживања о информативности појединих ДНК маркера код кукуруза. У питању су комерцијални прајмери *Metabion International*. Концентрација и квалитет изоловане ДНК одредиће се на *Eppendorf BioSpectrometer® kinetic* спектрофотометру. Измериће се апсорбанција на таласним дужинама $\lambda=230$, $\lambda=260$ и $\lambda=280$ nm. Ланчаном реакцијом полимеразе (*PCR*) по Edwards et al. (1991) биће амплификоване микросателитске секвенце. Електрофоретско раздвајање извршиће се након амплификације фрагмената. *PCR* продукти биће раздвојени

на 8% полиакриламидном гелу. SSR профили за сваки прајмер ће бити очитани мерењем фреквенције алела, која је изражена као проценат индивидуалних трака унутар узорка.

Присуство или одсуство одговарајућих алела у микросателитским локусима користиће се за израчунавање коефицијената генетичке сличности по Nei (1972). Израчунаће се показатељи генетичке варијабилности: број полиморфних локуса, проценат полиморфних локуса, просечан број алела по локусу. За одређивање фреквенције алела за сваки SSR маркер користиће се *UN-SCAN-IT gel 6.1* програмски пакет.

Биће примењена *UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean)* кластер анализа на основу матрица коефицијената сличности у циљу груписања генотипова на основу генетичких сличности и разлика.

6. Списак литературе која ће се користити

Списак релевантне литературе која оправдава избор теме налази се у Прилогу 1.

7. Списак саопштених и објављених научних и стручних радова кандидата

Списак објављених научних радова кандидата налази се у Прилогу 2.

8. Биографија кандидата

Александар Поповић (30) је рођен 25. 1. 1989. године у Београду (Савски венац), Република Србија, од оца Слободана и мајке Мирјане (рођ. Милошевић). Основну школу „Илија Бирчанин“, завршио је у Земун Пољу. По завршетку Седме београдске гимназије, 2008. године уписује основне академске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, где студира модул Биљна производња на Одсеку за ратарство и повртарство. Поводом Дана факултета, 28. 3.2012. године, похваљен је као најбољи студент четврте године. Дипломирао је 18. 9. 2012. године са просечном оценом 9,17. Дипломски рад под насловом „Улога и значај цитоплазматичне мушке стерилности у оплемењивању биљака и примена код кукуруза“ одбранио је са оценом 10 (десет). На истом факултету, школске 2012/2013. године уписује мастер академске студије на програму Пољопривреда, модул Ратарство и повртарство. На дан 30. 9. 2013. године одбранио је мастер рад под насловом „Евалуација локалних популација кукуруза повећане толерантности на сушу“, са оценом 10 (десет). У школској 2013/2014. години уписао је прву годину докторских студија на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, програм Пољопривредне науке, модул Ратарство и повртарство. Докторант Александар Поповић је у оквиру докторских студија положио све испите предвиђене студијским програмом (8), са просечном оценом 9,63 и стекао укупно 150 ЕСПБ.

Од 2013. године ради у Институту за кукуруз „Земун Поље“. Обављао је послове млађег референта за производњу основног семена у Одељењу за основно семе, а тренутно ради као референт за производњу и контролу комерцијалног семена у Одељењу за комерцијално семе. На основу решења Министарства пољопривреде, шумарства и

водопривреде, број: 119-01-284/2013-09 од 7. 5. 2013. године учествовао у радној групи за израде Стратегије пољопривреде и руралног развоја за период 2014-2024. у области креирања и трансфера знања и технологија. Био је члан секретаријата VIII научно-стручног скупа Друштва селекционера и семенара РС, одржаног у Привредној комори Србије, 2015. године. Ангажован је на пројекту "Генетички ресурси кукуруза као извор побољшаног квалитета зрна и толерантности према суши", под покровитељством Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (ТР 31028). Кандидат је до сада објавио 22 научна рада. Говори и пише руски језик, а служи се енглеским језиком. Ожењен је и отац је једног детета.

9. Закључак и предлог

На основу анализе пријаве докторске дисертације Александра Поповића, мастера, Комисија закључује да је кандидат изабрао битну и интересантну тему за истраживања из области биотехнологије/пољопривредних наука. Предложена истраживања се односе на област генетике и оплемењивања кукуруза и представљају оригинални допринос пољопривредној науци и пракси.

Предмет истраживања је процена оплемењивачке вредност дела колекције кукуруза из Банке гена Института за кукуруз "Земун Поље", кроз њену фенотипску и молекуларну карактеризацију. Испитивањем ће се проценити комбинационе способности и генетички диверзитет 31 локалне популације кукуруза са простора Западног Балкана. Постављен је циљ да се утврди дивергентност и хетеротичан потенцијал одабраног материјала кроз праћење особина *test cross* хибрида добијених укрштањем ових популација са три дивергента тестера, у пољским огледима. Применом микросателитских маркера извршиће се молекуларна анализа локалних популација и тестера који су коришћени као родитељи за хибридизације. Кластер анализа омогућава груписање испитиваних генотипова на основу сродности, што је значајно за избор перспективних родитеља у процесу предоплемењивања кукуруза. Добијени резултати доприносе да се унапреди селекција кукуруза.

Осим теоријског значаја, резултати ове дисертације имаће примену у пракси кроз интрогресију гермплазме локалних популација, које испољавају најбоље опште и посебне комбинационе способности, у комерцијални оплемењивачки програм, водећи рачуна да се сачува дивергентност хетеротичних група и максимизира ефекат хетерозиса.

Кандидат је пријави докторске дисертације поставио јасне хипотезе и своја истраживања засновао на поузданим методама. Докторант је за писање дисертације проучио релевантну литературу. На основу досадашњег рада и показаних резултата током докторских студија и у оквиру научноистраживачког рада на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, кандидат је показао склоност и способност за бављење научно-истраживачким радом, те се може очекивати успешна реализација постављених циљева и програма ове дисертације.

Имајући у виду претходно наведено, Комисија позитивно оцењује поднету пријаву и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да прихвати и одобри кандидату Александру Поповићу, мастеру, израду докторске дисертацији под насловом: **„Процена оплемењивачке вредности и молекуларна карактеризација локалних популација кукуруза Западног Балкана”**.

За менторе при изради ове дисертације Комисија предлаже др Славена Продановића, редовног професора Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и др Војку Бабић, вишег научног сарадника Института за кукуруз "Земун Поље" у Београду.

Београд, 26.12.2019. године

Чланови Комисије

Др Славен Продановић, ред. проф.
Универзитет у Београду Пољопривредни факултет
Научна област: Оплемењивање биљака

Др Војка Бабић, виши научни сарадник
Институт за кукуруз "Земун Поље", Земун - Београд
Научна област: Генетика и оплемењивање биљака

Др Томислав Живановић, ред. проф.
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
Научна област: Генетика

Др Наталија Кравић, виши научни сарадник
Институт за кукуруз "Земун Поље", Земун - Београд
Научна област: Генетика и оплемењивање биљака

Др Данијела Ристић, виши научни сарадник
Институт за кукуруз "Земун Поље", Земун - Београд
Научна област: Генетика и оплемењивање биљака

Прилог 1. Spisak literature koja ће се користити

- Al-Naggar, A.M.M., Abdalla, A.M.A., Hafez, E.H.M. (2016): Breeding values of 254 maize (*Zea mays* L.) doubled haploid lines under drought conditions at flowering and grain filling. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 10(1):1-15.
- Anđelković, V., Babić, V., Kravić, N. (2017): Genetički resursi u oplemenjivanju kukuruza. *Selekcija i semenarstvo*, 23(1):37–48.
- Babić, V., Vančetović, J., Prodanović, S., Kravić, N., Babić, M., Anđelković, V. (2015): Numerical classification of Western Balkan maize drought tolerant landraces. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(2):455–468.
- Böhm, J., Schipprack, W., Mirdita, V., Utz, H.F., Melchinger, A.E. (2015): Breeding potential of European flint maize landraces evaluated by testcross performance. *Crop Science*, 54(4):1665–1672.
- Carena, M.J. (2005): Maize commercial hybrids compared to improved population hybrids for grain yield and agronomic performance. *Euphytica*, 141(3):201–208.
- Curry, H.A. (2017): Breeding uniformity and banking diversity: The genescapes of industrial agriculture, 1935–1970. *Global Environment*, 10(1):83–113.
- Doyle, J.J., Doyle, J.L. (1990): Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, (12):13–15.
- Edwards, A., Civitello, A., Hammond, A.H., Caskey, T.C. (1991): DNA typing and genetic mapping with trimeric and tetrameric tandem repeats. *Am. J. Hum. Genet*, 49:746-756.
- Geadelmann, J. (1986): Adapting exotic germplasm into the northern corn belt. Twenty-second annual Illinois Corn Breeders School, March 3 and 4 1986, Urbana-Champaign, IL.
- Ghosh, D. K., Divecha J. (1997): Two associate class partially balanced incomplete block designs and partial diallel crosses. *Biometrika*, 84(1): 245–248.
- Gorjanc, G., Jenko, J., Hearne, S.J., Hickey, J.M. (2016): Initiating maize prebreeding programs using genomic selection to harness polygenic variation from landrace populations. *BMC Genom*, (17):1–15.
- Hallauer, A.R., Carena, M.J., Miranda Filho, J.B. (2010): Quantitative genetics in maize breeding. (3rd ed.). Springer, pp. 664
- Ivanović, M., Vasić, N., Trifunović, V., Vidojević, Ž., Vuković, M., Jakovljević, L., Jovandić, N. (2002): Inbred linije koje su obeležile jugoslovensku selekciju kukuruza. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad*, 36:301-310.
- Malvar, R., Revilla, P., Butron, A., Gouesnard, B., Boyat, A., Soengas, P., Alvarez, A., Ordas, A. (2005): Performance of crosses among French and Spanish maize populations across environments. *Crop Sci.*, 45(3):1052–1057.
- Matus, I., Hayes, P.M. (2002): Genetic diversity in three groups of barley germplasm assessed by simple sequence repeats. *Genome*, 45:1095–1106.
- Nass, L.L., Paterniani E. (2000): Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. *Sciencia Agricola*, 57(3):581–587.
- Nei, M. (1972): Genetic distance between populations. *Am Nat.*, 106:283–292.

- Pataki, I. (2010): Kombinacione sposobnosti i način nasleđivanja komponenti prinosa F₁ hibrida krmnog sirka (*Sorghum bicolor* L. Moench) stvorenih ukrštanjem sirka za zrno i sudanske trave. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Radović, G., Jelovac, D. (1995): Identification of the heterotic pattern in Yugoslav maize germplasm. *Maydica*, 40:223-227.
- Revilla, P., Boyat, A., Alvarez, A., Gouesnard, B., Soengas, P., Ordas, A., Malvar, R.A. (2006): Heterotic patterns among French and Spanish maize populations. *Maydica*, 51:525–535.
- Shimelis, H., Laing, M. (2012): Timelines in conventional crop improvement: pre-breeding and breeding procedures. *Australian Journal of Crop Science*, 6(11):1542–1549.
- Technow, F., Schrag, T.A., Schipprack, W., Melchinger, A.E. (2014): Identification of key ancestors of modern germplasm in a breeding program of maize. *Theoretical and Applied Genetics*, 127(12):2545–2553.
- Vančetović, J., Ignjatović-Micić, D., Božinović, S., Delić, N. (2015a): Maize core collection for increased grain quality. *Maydica*, 60(4):1–10.
- Vančetović, J., Božinović, S., Ignjatović-Micić, D., Delić, N., Kravić, N., Nikolić, A. (2015b): A diallel cross among drought tolerant maize populations. *Euphytica*, 205(1):1–16.

Прилог 2. Списак саопштених и објављених научних и стручних радова кандидата

- Babić, V., Kravić N., Babić M., **Popović A.**, Ivanović D. (2015): Viability testing of maize landraces accessions from MRIZP Gene bank. *Romanian agricultural research*, 32:85-91.
- Golijan, J., **Popović, A.** (2016): Basic characteristics of the organic agriculture market. Fifth International Conference Competitiveness Of Agro-Food And Environmental Economy - CAFEE 2016, Bucharest, Romania, pp. 236-244.
- Babić, V., Anđelković V., Nikolić A., Milivojević M., Srdić J., **Popović A.**, Kravić N. (2017): Disruption of genetic identity for genebank maize accessions during conservation, *Genetika*, 49(3):853 – 864.
- Babić, V., Kravić N., Živić J., Srdić J., **Popović A.**, Nikolić A., Mirițescu M. (2018): Grain quality within ex situ and in situ conserved traditional white maize landraces. *Nardi Fundulea, Romania – Romanian Agricultural Research*, 35:129-140.
- Popović, A.**, Kravić N., Prodanović S., Filipović M., Sečanski M., Babić V., Mirițescu M. (2019): Characterisation and evaluation towards selection of maize landraces with the best per se performances. *Nardi Fundulea, Romania – Romanian Agricultural Research*, 37, 3-12.
- Голиян, Ј., Коларич, Л., Живанович, Л., **Попович, А.**, Бабич, М. (2018): Состояние органической и конвенционной продукции соевые бобы в Сербии и мире. Международной научно-практической конференции "Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий", Рязань, Россия. pp. 63-69.
- Petrović, R., Radenović, Č., Sečanski, M., Janković, M., Videnović, Ž., **Popović, A.**, Ranković, D. (2017): Inbred lines with significant breeding traits and high-quality maize hybrids with rich pigment properties and exceptional nutritive values. *Separat – Matice Srpske, Matica Srpska - Odeljenje za prirodne nauke, Novi Sad i Institut za kukuruz "Zemun Polje"*, pp. 1-36.
- Раденович, Ч., Делич, Н., Сечански, М., Ђванович, Ж., Станкович, Г., **Попович, А.** (2015): Инбредные линии и гибриды кукурузы (*Zea mays L.*) сербской селекции с высокой эффективностью фотосинтеза, обогащенным пигментным составом и повышенной питательной ценностью. *Сельскохозяйственная биология*, 50(5):600-610.
- Radenović, N.Č., Maksimov, V.G., Tyutyayev, E.V., Syusin, V.I., Shutova, V.V., Sečanski, D.M., Srdić, Ž.J., Videnović, V.Ž., **Popović, S.A.** (2015): Structural properties of maize hybrids established by infrared spectra. *Zbornik Matice Srpske - Journal for Natural Sciences*, 129:35-44.
- Golijan, J., **Popović, A.**, Dimitrijević, B., Kolarić, Lj., Živanović, Lj. (2017): The status of the forage organic production in the Republic of Serbia. *Agriculture and Forestry*, 63(3):177-187.
- Golijan, J., Živanović, Lj., **Popović, A.** (2017): The state and areas under organic vegetable production in the Republic of Serbia. *Agro-knowledge Journal*, 18(3):209-217.

- Popović, A.**, Golijan, J., Sečanski, M., Čamdžija, Z. (2017): Current status and future prospects of organic cereal production in the world. *Agro-knowledge Journal*, 18(3):199-207.
- Kolašinac, S., Golijan, J., Lekić, S., Moravčević, Đ., **Popović, A.** (2017): Challenges and possibilities of organic seed production with the emphasis on control of pathogens. *Agro-knowledge Journal*, 18(4):307-315.
- Golijan, J., Kolarić, Lj., **Popović, A.**, Živanović, Lj. (2019): Proizvodnja organskog krupnika (*Triticum spelta* L.) u Srbiji. *Selekcija i semenarstvo*, 25(1):23-32.
- Radenović, N.Č., Maksimov, V.G., Slatinskaya V.O., Protopopov, F.F., Delić, S.N., Pavlov, M.J., **Popović, S.A.**, Sečanski, D.M. (2019): Study of the low intensity spectral bands within the infrared spectra of kernels of high-yielding maize hybrids. *Zbornik Matice Srpske - Journal for Natural Sciences*, 136:33-42.
- Раденович, Н.Ч., Максимов, В.Г., Тютяев, В.Е., Шутова, В.В., Делич, С.Н., Сечански, Д.М., **Попович, С.А.** (2014): Диагностирование конформационных и функциональных свойств зерна элитных гибридных линий кукурузы с помощью инфракрасных спектров. *Selekcija i semenarstvo*, 20(2):13-31.
- Popović, A.**, Babić, B., Kravić, N., Sečanski, M., Prodanović, S. (2014): Mogući pravci oplemenjivanja i poljoprivredne mere u cilju prilagođavanja biljaka na klimatske promene u Srbiji. *Selekcija i semenarstvo*, 20(2):59-72.
- Sečanski, M., Mirić, M., Radenović, Č., Marković, K., Jovanović, Ž., **Popović, A.** (2015): Značaj kontinuiranog unapređenja proizvodnje i kontrole osnovnog semena ZP hibrida kukuruza. *Selekcija i semenarstvo*, 21(2):103-117.
- Golijan, J., Stojanović, D., Jovanović-Radovanov, K., **Popović, A.** (2016): Persistence of pendimethalin residues in Swiss chard. *Acta Agriculturae Serbica*, 41:37-45.
- Veličković, M., Golijan, J., **Popović, A.** (2016): Biodiversity and organic agriculture. *Acta Agriculturae Serbica*, 42:123-134.
- Čamdžija, Z., Filipović, M., Vančetović, J., Prodanović, S., Božinović, S., Pavlov, J., **Popović, A.** (2012): The evaluation of combining abilities for grain yield of ZP maize inbred lines using the line × tester analysis. Third International Scientific Symposium "Agrosym", Jahorina, Bosnia and Herzegovina, pp. 205-208.
- Radenović, N.Č., Dinić, S.B., Radosavljević, M., **Popović, S.A.**, Beljanski, V.M., Pavlović, D.M. (2016): Nutritive properties of new maize inbred lines and their hybrids. 5th Workshop Physical Chemistry - Specific methods for food safety and quality, Belgrade, Serbia, pp. 23-26.

Подаци о менторима и њихове референце

Име и презиме ментора 1: **др Славен Продановић**

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора 1 за вођење докторске дисертације:

1. Kandić, V., Dodig, D., Sečanski, M., **Prodanović, S.**, Branković, G., Titan, P. (2019): Grain yield, agronomic traits, and protein content of two- and six-row barley genotypes under terminal drought conditions. *Chilean journal of agricultural research*, 79(4):648-657.
2. Radinović, I., Vasiljević, I., Zorić, M., Branković, G., Živanović, T., **Prodanović, S.** (2018): Variability of red clover genotypes on the basis of morphological markers. *Genetika*, 50(3):895-906.
3. Wang, W., Wang, K., Chen, X., **Prodanovic, S.**, Li, X., Ye, X., Yan, Y. (2018): Molecular characterization and phylogenetic analysis of one omega-gliadin gene from *Aegilops speltoides* L. *Genetika*, 50(2):503-517.
4. Jocković, M., Jocić, S., **Prodanović, S.**, Cvejić, S., Ćirić, M., Čanak, P., Marjanović-Jeromela, A. (2018): Evaluation of combining ability and genetic components in sunflower. *Genetika*, 50(1):187-198.
5. Djurić, N., **Prodanović, S.**, Branković, G., Djekić, V., Cvijanović, G., Žilić, S., Dragičević, V., Zečević, V., Dozet, G. (2018): Correlation-regression analysis of morphological-production traits of wheat varieties. *Romanian biotechnological letters*, 23(2):13457-13465.

Име и презиме ментора 2: **др Војка Бабић**

Звање: виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора 2 за вођење докторске дисертације:

1. **Babić, V.**, Vančetović, J., Prodanović, S., Andjelković, V., Babić, M., Kravić, N. (2012): The identification of drought tolerant maize accessions by the two-step cluster analysis. *Romanian agricultural research* 29:53-61.
2. **Babić, V.**, Vančetović, J., Prodanović, S., Kravić, N., Babić, M., Anđelković, V. (2015): Numerical classification of Western Balkan maize drought tolerant landraces. *Journal of Agricultural Science and Technology* 17(2):455-468.
3. **Babić, V.**, Nikolić, A., Andjelković, V., Kovačević, D., Filipović, M., Vasić, V., Mladenović-Drinić, S. (2016): UPOV morphological versus molecular markers for maize inbred lines variability determination. *Chilean Journal of Agricultural Research* 76(4): 417-426.
4. **Babić, V.**, Andjelković, V., Nikolić, A., Milivojević, M., Srdić, J., Popović, A., Kravić, N. (2017): Disruption of genetic identity for genebank maize accessions during conservation. *Genetika* 49(3):853-864.
5. **Babić, V.**, Kravić, N., Živić, J., Srdić, J., Popović, A., Nikolić, A., Miritescu, M. (2018): Grain quality within *ex situ* and *in situ* conserved traditional white maize landraces. *Romanian Agricultural Research* 35:129-140.