

Факултет Пољопривредни

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области
биотехничких наука

32/2-5.1.

(Број захтева)

24.11.2021

(Датум)

(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:

„УТИЦАЈ ФЕНОТИПСКЕ И ГЕНЕТИЧКЕ УДАЉЕНОСТИ ИНБРЕД ЛИНИЈА НА
ИСПОЉАВАЊЕ ХЕТЕРОЗИСА КОД ДИАЛЕЛНИХ ХИБРИДА КУКУРУЗА“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Ратарство и повртарство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

1.

Сања, Зоран, Перић

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

Универзитет у Београду

Пољопривредни факултет, Пољопривреда

3. Година завршетка

претходног нивоа студија: 2016

4. Година уписа на докторске студије: 2016/2017.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Пољопривредне науке, модул Ратарство и повртарство

ПОДАЦИ О ПРВОМ МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Славен Продановић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Kandić, V., Dodig, D., Sećanski, 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: др Милан Стевановић

Звање: виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Grcic, N., Delic, N., **Stevanovic, M.**, Pavlov, J., Crevar, M., Mladenovic M., Nisavic, N. (2018): Genetic distance of maize inbred lines based on SSR markers for prediction of heterosis and combining ability. *Genetika* 50/2: 359-368.
2. Camdzija, Z., Dragicevic, V., Vancetovic, J., **Stevanovic, M.**, Pavlov, J., Filipovic, M., Ignjatovic-Micic, D. (2018): Inheritance of inorganic and phytic phosphorus in maize (*Zea mays* L.) kernel. *Genetika* 50/1: 299-314.
3. Nikolic, A., Bogosavljevic, J., Camdzija, Z., Filipovic, M., **Stevanovic, M.**, Mladenovic-Drinic, S. (2016): Establishment and confirmation of heterotic groups and genetic diversity assessment of maize inbreds using microsatellite data. *Genetika* 48/3: 1067-1076.
4. **Stevanovic, M.**, Camdzija, Z., Pavlov, J., Markovic, K., Vancetovic, J., Mladenovic-Drinic, S., Filipovic, M. (2016): The application of protein markers in conversion of maize inbred lines to the cytoplasmic male sterility basis. *Genetika* 48/2: 691-698.
5. Pavlov, J., Delic, N., Zivanovic, T., Ristic, D., Camdzija, Z., **Stevanovic, M.**, Tolimir, M. (2016): Relationship between genetic distance, specific combining abilities and heterosis in maize (*Zea mays* L.). *Genetika* 48/1: 165-172.

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Пољопривредног факултета

на седници одржаној 24.11.2021. 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: 32/2-5.1.
Датум: 24.11.2021. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 51. и 52. Правилника о правилима докторских академских студија и члана 44. Статута Пољопривредног факултета, Наставно-научно веће факултета на седници одржаној 24.11.2021. године, донело је

ОДЛУКУ

I ПРИХВАТА СЕ тема докторске дисертације коју је поднела **САЊА ПЕРИЋ, мастер** и одобрава израда дисертације под насловом: **«УТИЦАЈ ФЕНОТИПСКЕ И ГЕНЕТИЧКЕ УДАЉЕНОСТИ ИНБРЕД ЛИНИЈА НА ИСПОЉАВАЊЕ ХЕТЕРОЗИСА КОД ДИАЛЕЛНИХ ХИБРИДА КУКУРУЗА».**

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

За другог ментора се именује др Милан Стевановић, 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.

Образложење

Наставно-научно веће факултета разматрало је и усвојило Извештај о позитивној оцени научне заснованости теме докторске дисертације коју је поднела Сања Перић, мастер.

Наставно-научно веће факултета је приликом доношења одлуке оцењивало да ли је реч о оригиналној идеји и да ли је тема од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

Сходно изнетом одлучено је као у диспозитиву.

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН**

(Проф. др Душан Живковић)

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

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Број:

Дана 14. 10. 2021. године

Београд - Земун

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА

Предмет: Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње Сање Перић, мастер инжењера

На основу члана 44. Став 1. Правилника о правилима докторских студија Пољопривредног факултета, а на предлог Већа Катедре за генетику, оплемењивање биљака и семенарство и мишљења Наставно-научног већа Института за ратарство и повртарство, Наставно-научно веће Пољопривредног факултета на седници одржаној 29. 9. 2021. године, донело је одлуку бр. 32/29-3.1. да се образује Комисија у саставу др Славен Продановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет (ужа научна област Оплемењивање биљака), др Милан Стевановић, виши научни сарадник, Институт за кукуруз “Земун Поље” (ужа научна област: Генетика и оплемењивање), др Томислав Живановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет (ужа научна област Генетика), др Ирена Радиновић, доцент, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет (ужа научна област: Генетика и оплемењивање биља) и др Данијела Ристић, виши научни сарадник, Институт за кукуруз “Земун Поље” (ужа научна област: Молекуларна генетика и физиологија) за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње Сање Перић, мастера, под насловом: „Утицај фенотипске и генетичке удаљености инбред линија на испољавање хетерозиса код диалелних хибрида кукуруза“.

Кандидаткиња је дана 5. 10. 2021. године одбранила пријављену тему докторске дисертације. У име Комисије, председник Комисије, др Томислав Живановић, редовни професор, подноси

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидату и дисертацији

1.1. Биографија кандидата

Сања (Зоран) Перић је рођена 4. 10. 1991. године у Београду. Основне академске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду на студијском програму Биљна производња, модул Ратарство и повртарство, завршила је 2015. године са просечном оценом 9,32. За завршни рад под називом „Морфолошке особине, продуктивност и квалитет семена ЗП хибрида и линија кукуруза“, обавила је испитивања у лабораторији за семе Института за кукуруз „Земун Поље“. Мастер академске студије је завршила 2016. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду на студијском програму Пољопривреда, модул Ратарство и повртарство, са просечном оценом 10,00. Одбранила је мастер рад, под називом „Квалитет семена простих и

реципрочних ЗП СЦ хибрида кукуруза и њихових родитељских компоненти”, за које је, такође, експериментални део обавила у Институту за кукуруз „Земун Поље“, на одељењу Селекција. До априла 2021. године била је укључена у научноистраживачки пројекат Министарства ТР 31005 под називом „Савремени биотехнолошки приступ решавања проблема суше у пољопривреди Србије”. Служи се енглеским језиком.

1.2. Предлог теме докторске дисертације

Комисија је прихватила предложени наслов дисертације који гласи **„Утицај фенотипске и генетичке удаљености инбред линија на испољавање хетерозиса код диалелних хибрида кукуруза“**. Комисија сматра да тема са овим насловом пружа јасну слику о предмету, програму и научним циљевима дисертације. Тема је из научне области биотехничке науке / пољопривредне науке, ужа научна област генетика и оплемењивање биљака.

2. Предмет и циљ дисертације

2.1. Предмет и програм дисертације

Предмет истраживања ове докторске дисертације обухвата морфолошку карактеризацију инбред линија кукуруза и њихових хибрида добијених диалелним укрштањем, оцену приноса и компоненти приноса, анализу генетичке удаљености између инбред линија помоћу SSR (Simple-sequence repeats) и SNP (Single Nucleotide Polymorphisms) молекуларних маркера и поређење вредности ове две технике у оплемењивању кукуруза за предикцију хетерозиса.

Кукуруз (*Zea mays*, L.) поред пшенице и пиринча представља најважнији усев у савременој светској пољопривредној производњи. По засејаним површинама налази се на трећем, а по производњи на другом месту (Glamočlija, 2004). Према подацима FaoStat (2020), током 2019. године у Републици Србији кукуруз је гајен на 962.083 хектара. Површине под кукурузом у свету током 2019. године су износиле 197.204.250 хектара. Кукуруз има широку примену на обрадивим површинама широм света захваљујући разноврсности његове гермплазме. Поред основне намене у исхрани људи и животиња, користи се и као индустријска сировина. Природна селекција побољшава прилагођеност биљака на услове спољашње средине. Оплемењивачи кукуруза примењују селекцију како би добили повећан принос зрна на великом броју локација (Troyer, 2006). Принос зрна кукуруза је комплексна особина на коју утиче велики број фактора (Pavlov et al., 2015). Хибридни кукуруз одликује се вишим приносом од слободно-опрашујућих популација. Разлог наглог ширења хибридног кукуруза је не само повећан принос већ и уједначен раст и цветање биљака на пољу, што омогућава машинску бербу усева (Duvick, 2001).

Хетерозис представља супериорност особина хибрида F_1 генерације у односу на вредност бољег родитеља и на средњу вредност родитеља. Постављене су бројне теорије о узроцима хибридне бујности, које тумаче хетерозис као резултат хетерозиготности, повећаног броја доминантних алела у односу на родитеље, епистатичног деловања гена, физиолошких процеса и другог, али ни једна од њих не објашњава у потпуности ову појаву (Amiruzzaman et al., 2013). Откриће хетерозиса представља најважнију карику у производњи супериорних генотипова кукуруза. Shull (1908) и East (1908) су први показали

да се гајене слободно-опрашујуће сорте састоје од низа више или мање различитих генотипова и да се њиховом самооплодњом могу добити хомозиготне и фенотипски уједначене инбред линије. Они су такође дошли до закључка да упркос појави депресије особина код инбред линија кукуруза, добијених самооплођењем, њихово хибридно потомство испољава супериорније особине у односу на родитељску популацију. Слободно-опрашујуће сорте одликују се изузетном варијабилношћу и годинама уназад су се прилагодиле многим условима спољне средине и начинима гајења. Прве инбред линије добијене су процесом самооплодње до тада коришћених популација, али су такве линије имале малу фреквенцију пожељних алела и лоше агрономске особине (Baker, 1984). Познато је да дволинијски (single cross) хибриди који су настали укрштањем две родитељске компоненте имају најизраженији хетерозис, супериорније особине и фенотипску уједначеност. Најприносније хибридне комбинације углавном су добијене укрштањем родитеља који припадају генетски дивергентним изворима (Buhiniček et al., 2009). Међутим, није правило да од елитних инбред линија морају настати најприноснији хибриди (Yu et al., 2020). Комерцијална производња хибрида захтева инбред линије које дају већи принос јер се након хибридизације на мајчинској линији налази хибридно семе. Бројне инбред линије које имају већи принос и бољу адаптивност добијене су самооплодњом комерцијалних хибрида (Troyer, 2004). Хетерозис се испољава у облику повећаног приноса, бујније надземне биомасе и веће толеранције на абиотички и биотички стрес (Fujimoto et al., 2018).

Пре започињања било ког програма побољшања хибрида, неопходно је разумети генетичку природу родитеља. Генетичка карактеризација и анализа фенотипске и молекуларне удаљености између инбред линија је од суштинског значаја за организацију и експлоатацију гермплазме (Vančetović et al., 2015; Bernardo et al., 2002). Инбред линије које су укључене у програме оплемењивања припадају различитим хетеротичним групама, као што су *Lancaster Sure Crop*, *BSSS*, егзотична и независна гермплазма. Оплемењивачи одабирају одговарајуће родитеље из хетеротичних група које ће укрштати на основу њихове генетичке дистанце (Grčić et al., 2018). Идентификација супериорних комбинација је једна од најважнијих корака у програмима оплемењивања (Barbosa et al., 2003). У оплемењивачкој пракси је веома тешко предвидети интензитет хетерозиса на основу фенотипских карактеристика родитељских компоненти. Sprague и Tatum (1942) су у том циљу дефинисали појам комбинационих способности које могу бити: опште комбинационе способности (ОКС) или посебне комбинационе способности (ПКС). ОКС су детерминисане адитивним деловањем гена, док су ПКС резултат неадитивног (доминантног и епистатичног) деловања гена (Falconer и Mackay, 1996). ПКС су много значајније за предвиђање хетерозиса.

Диалелна укрштања представљају најефикаснији експериментални модел за утврђивање вредности комбинационих способности. При методу диалела се унутар сета одабраних линија врши укрштање сваке линије са сваком, како би се добиле све могуће комбинације у потомству. Теорију диалела развили су Jinks и Nauman (1953) и Griffing (1956), при чему је Griffing-ов модел нашао најширу примену.

Генетичка сличност и удаљеност између генотипова може се проценити на основу ДНК маркера (Melchinger и Gumber, 1998). Многа истраживања код кукуруза су показала корисност молекуларних маркера за процену генетичког диверзитета између инбред линија и њиховом додељивању хетеротичним групама (Benchimol et al., 2000). Употреба молекуларних маркера датира од раних 1990-их. Научници су тада веровали да ће

молекуларни маркери успети да отклоне све недостатке конвенционалног оплемењивања и да ће моћи да предвиде хетерозис. Међутим, испољавање хетерозиса зависи од бројних особина конторолисаних генима који се налазе у интеракцији. У овој дисертацији обавиће се фенотипизација, али и користити маркери за генотипизацију инбред линија, као основ за анализу испољавања хетерозиса код диалелних хибрида кукуруза.

Програм истраживања у овој дисертацији спроводиће се кроз двогодишње пољске огледе са седам инбред линија кукуруза из различитих хетеротичних група и њиховим диалелним хибридима, на три локације. У оквиру истраживања обавиће се фенотипска анализа приноса зрна, компоненти приноса и морфолошко-физиолошких особина. За молекуларну карактеризацију инбред линија користиће се микросателитски SSR и SNP маркери, како би се добила одговарајућа база података. Извршиће се биометријска обрада података применом одговарајућих програма и тиме одредити вредност генетичких параметара као што су молекуларна дистанца, комбинационе способности и хетерозис.

2.2. Научни циљ истраживања

У овој дисертацији циљеви су следећи:

- а) Извршити диалелно укрштање инбред линија ради израчунавања вредности генетичких параметара (ОКС, ПКС).
- б) Доделити инбред линије хетеротичним групама помоћу хијерархијске кластер анализе на основу квантитативних особина кукуруза.
- в) Одредити генетичку дистанцу инбред линија помоћу SSR и SNP молекуларних маркера.
- г) Разврстати инбред линије у хетеротичне групе на основу резултата добијених помоћу молекуларних маркера.
- д) Утврдити разлике у приносу код хибрида и њихових родитељских инбред линија, као и разлике у приносу између самих хибрида.
- ђ) Проверити да ли најудаљеније линије дају хибриде највећег приноса и хетерозиса.
- е) Проверити да ли постоје нека одступања хетерозиса у односу на генетичку дистанцу.
- ж) Упоредити молекуларне технике и одредити која има већу поузданост за предикцију хетерозиса, на основу добијених резултата.

3. Основне хипотезе од којих се полази у истраживању

Основне хипотезе од којих се полази у овом истраживању су следеће:

- а) Диалелно укрштање је поуздан начин да се одреде вредности бројних генетичких параметара за родитеље и њихове хибриде. Диалелна анализа у овој дисертацији омогућиће да се идентификују комбинационе способности свих испитиваних инбред линија, као и учешће адитивне и неадитивне компоненте генотипа у укупном фенотипском варирању.
- б) Квантитативне особине кукуруза које су одабране за фенотипизацију имају значај за образовање приноса зрна кукуруза и одређивање група међусобно сличних и различитих инбред линија, применом хијерархијске кластер анализе.

в) Молекуларни маркери (SSR и SNP) који ће се применити у истраживању доприће поузданој генетичкој карактеризацији инбред линија. Очекује се да ће постојати значајне разлике у генетичкој удаљености између инбред линија.

г) Молекуларна карактеризација инбред линија представља полазни основ за њихово разврставање у хетеротичне групе.

д) Очекује се да ће принос дволинијских хибрида бити знатно виши у поређењу са приносом родитељских компоненти. Очекује се постојање значајних разлика у степену испољавања хетерозиса код диалелних хибрида.

ђ) Једна од полазних хипотеза је да ће хетерозис код хибрида из укрштања инбред линија из различитих хетеротичних група бити већи него из укрштања инбред линија из истих хетеротичних група. Такође, за очекивати је да ће интензитет испољавања хетерозиса за принос зрна бити највећи код F_1 комбинација генетички најудаљенијих родитеља.

е) Претпоставка је да ће се појавити и одређена одступања у односу између генетичке удаљености инбред линија и хетерозиса за принос зрна код диалелних F_1 хибрида, услед појаве да се поједине инбред линије специфично или опште добро комбинују. Развијене су одговарајуће биометријске методе којима се може утврдити да ли постоје значајне разлике у вредностима општих и посебних комбинационих способности код испитиваних инбред линија. Очекује се да ће парови инбред линија који имају мање генетичке дистанце истовремено имати и ниже вредности посебних комбинационих способности.

ж) На основу добијених резултата у дисертацији могу се упоредити вредности и значај SSR и SNP молекуларних маркера за процену хетеротичног ефекта при укрштању инбред линија кукуруза.

4. Методе које ће се применити у истраживању

За извођење експеримента користиће се седам инбред линија кукуруза које припадају различитим групама зрења и пореклом су из различитих хетеротичних извора (из Lancaster, BSSS и Независног извора). Одабраних 7 инбред линије биће умножене и укрштене по методу диалела без реципрочних комбинација $[n(n-1)/2]$, чиме ће се добити укупно 21 хибрид.

Оглед ће бити постављен по случајном блок систему у периоду од две године, на три локације (Земун Поље, Нови Сад и Школско Добро - Земун). Инбред линије и хибриди ће бити испитивани у три понављања. Сетва ће се обавити машински, на међуредни размак од 0,75 m, у редове дужине 5 m. Елементарна парцелица ће бити површине 7,5 m² и чиниће је два суседна реда у којима ће се налазити исти генотип. Након ницања обавиће се контрола броја биљака, тако да сваки генотип има по 50 биљака, што одговара густини од 66667 биљака по хектару. У огледима ће се пратити следеће квантитативне особине биљака: Принос зрна са 14% влаге (t/ha), садржај влаге у зрну (%), висина биљке (cm), висина до горњег клипа (cm), укупан број листова, број листова изнад горњег клипа, дужина клипа (cm), број редова зрна на клипу, број зрна у реду на клипу, дубина зрна (mm), маса 1000 зрна (g), интервал између метличења и свилања (ASI, anthesis-silking interval).

Берба ће се обавити ручно. Мерења морфолошких особина (висина биљке, висина горњег клипа, укупан број листова и број листова изнад горњег клипа) извршиће се после

фазе цветања кукуруза, тако што ће од сваког генотипа бити одабрано по десет биљака из сваког понављања. Принос зрна ће бити мерен по парцели, а након израчунавања садржаја влаге у лабораторији, прерачунаваће се на принос по хектару са 14% влаге. Након бербе и мерења приноса на елементарној парцели, од сваког генотипа ће бити одабрано по десет клипова, из сваког понављања, ради анализе компонената приноса (дужина клипа, број редова зрна, број зрна у реду, дубина зрна и маса 1000 зрна).

Статистичка обрада података ће обухватити анализу варијансе (ANOVA) потпуно случајног блок дизајна (RCBD) за факторе године, локације и генотипове, као и њихове интеракције. Сви подаци добијени у истраживању биће статистички обрађени помоћу пакета Excel и MSTATC. Анализа комбинационих способности ће бити урађена по Griffing-у (1956), метод 2, математички модел 1, без реципрочних укрштања. Хетерозис ће се израчунати у односу на бољег родитеља (HPH) по следећој формули: $HPH = [(F_1 - HP) / HP] \times 100$, где је: F_1 - просечна вредност F_1 генерације и HP- просечна вредност бољег родитеља.

Молекуларне анализе инбред линија обухватиће примену SSR и SNP молекуларних маркера.

Генетичка карактеризација седам инбред линија употребом SSR молекуларних маркера биће урађена коришћењем >20 парова прајмера. Екстракција ДНК молекула ће се обавити према модификованом протоколу Saghai и Maroof (1984). За одређивање генетичке дистанце између инбред линија користиће се Simple matching (SM) коефицијент. Присуство или одсуство ДНК трака претвара се у бинарне податке, тако да „1“ означава присуство специфичног алела у генотипу, док „0“ означава одсуство истог. За процену сличности користиће се UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean) анализа која сврстава генотипове у кластера, применом NTSYSpc сафтвера, верзија 2.1 (Rohlf, 2000).

Генотипизација испитиваних линија кукуруза ће бити извршена применом генског чипа Maize 25K XT array који садржи 23.908 SNPs равномерно распоређених по целом геному кукуруза. Сви кораци у генотипизацији биће изведени од стране TraitGenetics GmbH, Немачка. SNP markeri који су неуспешно призвани у више од 5% линија (miss rate > 5%), као и они који имају фреквенцију минор алела испод 5% ($MAF < 5\%$) биће искључени из даљих анализа. За биоинформатичку анализу биће коришћен програм STRUCTURE 2.3.4. (Pritchard et al., 2000), а анализом ће бити обухваћени само високо информативни и квалитетни SNP маркери. STRUCTURE се базира на примени Бајесове статистике користећи алгоритам који анализира разлике у фреквенцији алела и разврстава испитиване генотипове на основу сличног обрасца алелне варијације. Генетичка дистанца између линија и припадајући дендрограм ће бити одређени применом програма TASSEL (Bradbury et al., 2007).

Међузависност резултата добијених применом SSR и SNP молекуларних маркера са вредностима посебних комбинационих способности и хетерозиса за принос зрна ће бити израчуната помоћу Spearman-овог коефицијента корелације ранга (r_s), према методу Hadživukovića (1973).

5. Очекивани резултати и научни допринос

Очекивани резултат ове докторске дисертације је постављање модела за повезивање фенотипа, генетичке дистанце и хетерозиса код кукуруза. Очекује се да ће сви

примењени приступи за избор родитељских инбред линија бити информативни и показати се као корисни, али у различитом степену, у зависности од особина које су циљ оплемењивања. У дисертацији ће се проверити у ком степену су фенотипско и две врсте молекуларних маркера (SSR и SNP) поуздане у груписању гермплазме кукуруза у одговарајуће хетеротичне групе.

На основу израчунатих ОКС испитиваних инбред линија кукуруза очекује се да се идентификују инбред линије које се могу у програмима селекције користити као извори пожељних алела за поправљање приноса или неке од компоненти приноса. На основу испитивања ПКС хибридних комбинација очекује се да се издвоје супериорне F_1 комбинације које заслужују да се предају Комисији за признавање сорти.

Научни допринос ове дисертације је што се истраживањима из ове теме уводи потпуно нови приступ у оплемењивачком раду у Србији, а посебно у Институту за кукуруз Земун Поље. Из једног биљног узорка у врло кратком времену, коришћењем микрочипа, добијају се информације о око 20.000 места на ДНК, што значи да се покрива целокупни геном. У овој дисертацији испитаће се тек седам инбред линија, али то је само почетак развоја једне нове методолошке праксе, с обзиром да се у ген банци овог и других института, као и у Националној банци биљних гена налази на хиљаде инбред линија. Оне ће захваљујући разradi метода, моћи даље да буду генетички анализиране, што отвара могућност да се изврши одабир много већег броја дивергентних комбинација и да се створи читава серија супериорних хибрида у нашој земљи.

Осим наведеног, кандидаткиња Сања Перић ће кроз рад на дисертацији овладати софтвером потребним за читавање микрочипова. Тиме се ствара стручњак који повезује оплемењивачки процес кукуруза са биоинформатичком обрадом података о геному кукуруза, што је од значаја за унапређење селекције, али и за пренос знања ка другим колегама из ове области. Да би институтски рад на оплемењивању кукуруза у Србији одржао свој реноме и наставио са производњом семена високоприносних и квалитетних хибрида, неопходно је стално иновирати методе и пратити трендове у свету, што представља део истраживања у овој дисертацији. При томе, свакако, не запостављају се класичне методе селекције, те је посебна пажња у предложеној теми дисертације посвећена диалелном укрштању, испитивању општих и посебних комбинационих способности и израчунавању апсолутног и релативног хетерозиса. Ове анализе и генетички параметри представљају поуздани основ на који се постављаја актуелна биотехнолошка унапређења и тиме даље развијају агрономске науке.

6. Закључак

На основу анализе поднете пријаве, одржане јавне одбране научне заснованости теме, предложеног програма и очекиваних резултата докторске дисертације кандидаткиње Сање Перић, мастер инжењера пољопривреде, Комисија сматра да је изабрана тема, под насловом, „Утицај фенотипске и генетичке удаљености инбред линија на испољавање хетерозиса код диалелних хибрида кукуруза“, од великог значаја за науку и праксу.

Наведени наслов докторске дисертације одговара постављеном циљу као и програму истраживања.

Кандидаткиња је на основу јавне одбране приказала да је значајно упозната са класичном селекцијом и новим трендовима у области оплемењивања кукуруза који подразумевају употребу биотехнолошких метода за анализу генома. Искуства која је Сања

Перић стекала досадашњим радом у области оплемењивања биљака допринеће успешнијој реализацији предложених истраживања. Кандидаткињи ће наведена тема дисертације омогућити да искаже своју компетентност и иновативност. Комисија је уверена да ће кандидаткиња наведени програм истраживања спровести у пуном обиму те да ће доћи до поузданих резултата који ће имати значаја како у научном тако и у практичном смислу.

Истраживања у оквиру ове дисертације заснивају се на морфолошкој карактеризацији инбред линија кукуруза и њихових хибрида добијених диалелним укрштањем, при чему се врши оцена приноса и компоненти приноса, анализа генетичке удаљености између инбред линија помоћу SSR и SNP молекуларних маркера, њихово разврставање у хетеротичне групе и поређење вредности коришћених техника у оплемењивању кукуруза за предикцију хетерозиса. Истраживања по овој теми доприносе унапређењу оплемењивачких програма за стварање нових хибрида кукуруза. Ова дисертација заснива се на употреби проверених и савремених метода и прати светске научне трендове у пољопривредним истраживањима.

На основу свега изнетог, Комисија позитивно оцењује поднету пријаву и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да Сањи Перић, мастер инжењеру пољопривреде, одобри израду докторске дисертације под насловом „Утицај фенотипске и генетичке удаљености инбред линија на испољавање хетерозиса код диалелних хибрида кукуруза“.

Комисија предлаже да кандидаткињи при реализацији докторске дисертације буде ментор 1 др Славен Продановић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и ментор 2. др Милан Стевановић, виши научни сарадник Института за кукуруз “Земун Поље”.

7. Име и референце предложеног/их ментора

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., Sećanski, 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 Милан Стевановић**

Звање: виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора 1 за вођење докторске дисертације:

1. Grcic, N., Delic, N., **Stevanovic, M.**, Pavlov, J., Crevar, M., Mladenovic M., Nisavic, N. (2018): Genetic distance of maize inbred lines based on SSR markers for prediction of heterosis and combining ability. *Genetika* 50/2: 359-368.

2. Camdzija, Z., Dragicevic, V., Vancetovic, J., **Stevanovic, M.**, Pavlov, J., Filipovic, M., Ignjatovic-Micic, D. (2018): Inheritance of inorganic and phytic phosphorus in maize (*Zea mays* L.) kernel. *Genetika* 50/1: 299-314.

3. Nikolic, A., Bogosavljevic, J., Camdzija, Z., Filipovic, M., **Stevanovic, M.**, Mladenovic-Drinic, S. (2016): Establishment and confirmation of heterotic groups and genetic diversity assessment of maize inbreds using microsatellite data. *Genetika* 48/3: 1067-1076.

4. **Stevanovic, M.**, Camdzija, Z., Pavlov, J., Markovic, K., Vancetovic, J., Mladenovic-Drinic, S., Filipovic, M. (2016): The application of protein markers in conversion of maize inbred lines to the cytoplasmic male sterility basis. *Genetika* 48/2: 691-698.

5. Pavlov, J., Delic, N., Zivanovic, T., Ristic, D., Camdzija, Z., **Stevanovic, M.**, Tolimir, M. (2016): Relationship between genetic distance, specific combining abilities and heterosis in maize (*Zea mays* L.). *Genetika* 48/1: 165-172.

Београд – Земун

Дана 16. 10. 2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Томислав Живановић, редовни професор, председник
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет,
(ужа научна област: Генетика)

др Славен Продановић, редовни професор, члан
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
(ужа научна област: Оплећењивање биља)

др Милан Стевановић, виши научни сарадник, члан
Институт за кукуруз “Земун Поље”,
(ужа научна област: Генетика и оплећењивање)

др Ирена Радиновић, доцент, члан
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет,
(ужа научна област: Генетика и оплећењивање биља)

др Данијела Ристић, виши научни сарадник, члан
Институт за кукуруз “Земун Поље”,
(ужа научна област: Молекуларна генетика и физиологија)

Прилог 1. Spisak literature koja ће се користити у истраживању:

1. Amiruzzaman, M., Islam, M.A., Hassan, M., Kadir, M., Rohman, M. (2013): Heterosis and combining ability in a diallel among elite inbred lines of maize (*Zea mays* L.). Emirates Journal of Food and Agriculture 25(2): 132-137.
2. Baker, R.F. (1984): Some of the open-pollinated varieties that contributed the most to modern hybrid corn. In: J.W. Dudley (ed.) Proc. 20th Annu. Illinois Corn Breeders School., Univ. of Illinois, Urbana, pp. 1–20.
3. Barbosa, A.M.M., Geraldi, I.O., Benchimol, L.L. Garcia, A.A.F., Souza, C.L., Souza, A.P. (2003): Relationship of intra- and inter-population maize single crosses hybrid performance and genetic distances computed from AFLP and SSR markers. Euphytica 130: 87–99.
4. Benchimol, L.L., de Souza Jr, C.L., Garcia, A.A.F., Kono, P.M.S., Mangolin, C.A., Barbosa, A.M.M., Coelho, A.S.G., de Souza, A.P. (2000): Genetic diversity in tropical maize inbred lines: heterotic group assignment and hybrid performance determined by RFLP marker. Plant Breed. 119: 491–496.
5. Bernardo, R. (2002): Breeding for quantitative traits in plants. Stemma Press, Woodbury, Minnesota, USA.
6. Buhiniček, I., Šarčević, H., Jukić, M., Kozić, Z., Vragolović, A., Palaveršić, B., Pejić, I. (2009): Genetska sličnost BC samooplodnih linija kukuruza i prinos zrna njihovih krizanaca. Zbornik sažetaka 44. hrvatskog i 4. međunarodnog simpozija agronoma, Opatija. pp. 67-68.
7. Duvick, D.N. (2001): Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize. Nat. Rev. Genet. 2: 69–74.
8. East, E.M. (1908): Inbreeding in corn. Connecticut Agric. Exp. Stn. Rep. 419–428.
9. FAOSTAT (2020): Faostat. Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
10. Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. (1996): Introduction to Quantitative Genetics, Ed. 4. Longmans Green, Harlow, Essex, UK.
11. Fujimoto, R., Uezono, K., Ishikura, S., Osabe, K., Peacock, W.J., Dennis, E.S. (2018): Recent research on the mechanism of heterosis is important for crop and vegetable breeding systems. Breed. Sci. 68: 145–158.
12. Glamočlija, Đ. (2004): Posebno ratarstvo, Izdavačka kuća Draganić.
13. Griffing, B. (1956): Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems, Australian J. Biol. Sci. 9: 463-493.
14. Grčić, N., Delić, N., Stevanović, M., Pavlov, J., Crevar, M., Mladenović, M., Nišavić, N. (2018): Genetic distance of maize inbred lines based on SSR markers for prediction of heterosis and combining ability. Genetika 50/2: 359-368.
15. Hadživuković, S. (1973): Statistički metodi s primenom u poljoprivrednim i biološkim istraživanjima. Radnički univerzitet Radivoj Ćirpanov, Novi Sad.
16. Jinks, J.L., Hayman, B.I. (1953): The analysis of diallel crosses. Maize Genetics News Letter 27: 48-54.
17. Melchinger, A.E., Gumber, R. K. (1998): Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. Spec. Publ. 25. CSSA; pp. 29–44.
18. Pavlov J., Delić, N., Marković, K., Crevar, M., Čamdžija, Z., Stevanović, M. (2015): Path analysis for morphological traits in maize (*Zea mays* L.). Genetika, 47, 1, 295-301.

19. Pritchard, K.J., Stephens, M., Rosenberg, A.N., Donnelly, P. (2000): Association Mapping in Structured Populations. *Am. J. Hum. Genet.* 67:170–181.
20. Rohlf, F.J. (2000): NTSYS-pc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 2.1. Exeter Software. Setauket. NY.
21. Shull, G.H. (1908): The composition of a field of maize. Report of American breeders association 4: 296-301.
22. Sprague, G.F., Tatum, L.A. (1942): General vs. specific combining ability in single crosses of corn, *Journal Am. Soc. Agron.*, 34: 923-932.
23. Troyer, A.F. (2004): Background of U.S. hybrid corn: II. Breeding, climate, and food. *Crop Sci.* 44:370–380
24. Troyer, A.F., (2006): Adaptedness and Heterosis in Corn and Mule Hybrids. *Crop Sci.* 46:528–543.
25. Vančetović, J., Božinović, S., Ignjatović-Micić, D., Delić, N., Kravić, N., Nikolić, A. (2015): A diallel cross among drought tolerant maize populations. *Euphytica*, 205(1): 1-16.
26. Yu, K., H., Wang, X., Liu, C., Xu, Z., Li, X., Xu, J., Liu, Z., Wang, Y., Xu (2020): Large-Scale Analysis of Combining Ability and Heterosis for Development of Hybrid Maize Breeding Strategies Using Diverse Germplasm Resources. *Front. Plant Sci.* 11:660.

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

Stevanović, M., Kovačević, A., Prodanović, S., Nikolić, M., Mladenović, M., Mladenović Drinić, S., **Perić, S.** (2021): Evaluation of the stability of some ZP maize hybrids based on genotype x environment interaction. XII International Agriculture Symposium „Agrosym 2021“, 7-10 October, 2021, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Conference book.