

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

Датум: 29. 02. 2024.

Београд-Земун

**Предмет: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације
Александра Д. Ковачевића, мастера ратарства и повртарства**

На основу члана 57. Став 1. Правилника о правилима докторских студија Пољопривредног факултета, а на предлог Већа Катедре за генетику, оплемењивање и семенарство и мишљења одговарајућег наставно-научног Већа Института за Ратарство и повртарство, Наставно-научно веће факултета на седници одржаној 28.02.2024. године донело је одлуку број 32/25-6.1. да се образује Комисија за оцену докторске дисертације кандидата Александра Д. Ковачевића, **мастер ратарства и повртарства**, под насловом: **„Селекција генотипова кукуруза са убрзаним отпуштањем влаге из зрна“**.

Комисија у саставу: др Славен Продановић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Ненад Делић, научни саветник Института за кукуруз „Земун Поље“, др Ирена Радиновић, доцент Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Владан Пешић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и др Гордана Бранковић, ванредни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, на основу прегледа докторске дисертације, подноси Наставно-научном већу Пољопривредног факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ:

1. Основни подаци о кандидату и дисертацији

Основни подаци о кандидату: Александар Д. Ковачевић рођен је 09. 01. 1993. г. у Београду. Основну школу и „Гимназију у Инђији“ завршио је са одличним успехом. Школске 2012/2013. године уписао је Пољопривредни факултет, Универзитета у Београду, студијски програм Биљна производња, модул Ратарство и повртарство. Студије је завршио са просечном оценом 8,61. Дипломски рад под насловом „Климатске промене: Адаптација агротехничких мера у ратарској производњи“ одбранио је 10. јула 2018. године са оценом 10. У току друге године редовних студија имао је краћи боравак у Чикагу, САД где је учествовао на научном скупу младих истраживача. Симпозијуму "IURS 7" одржаном на Чикашком државном Универзитету (Chicago State University) у периоду од 19. - 24. маја 2014. године. Такође, на ктају четврте години студија у периоду од јуна до октобра 2016. године обавио је вишемесечни радни боравак и усавршавање у САД у организацији "Work and Travel", у Алабами, Orange Beach).

Мастер академске студије уписује школске 2018/19 године на Пољопривредном факултету, Универзитета у Београду. Студијски програм Пољопривреда, модул Ратарство и повртарство и завршава 2019. године са просечном оценом 10. У Институту за кукуруз „Земун Поље” у Земун Пољу стиче практична и теоретска знања из области генетике и оплемењивања кукуруза, а истовремено сакупља неопходне податке за мастер рад са темом „Оцена стабилности приноса хибрида кукуруза на основу интеракције генотипа и спољне средине” који је одбранио 25.09. 2019. године са оценом 10. У октобру месецу школске 2019/20. године уписао је докторске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм Пољопривредне науке, модул Ратарство и повртарство као буџетски студент. Истовремено као докторанд и стипендиста МНТР Републике Србије у Институту за кукуруз „Земун Поље” у Земун Пољу радио је на огледима за докторску дисертацију од 2019. године, где је и званично примљен у радни однос од 1. јануара 2024. године, У истраживачки рад укључио се још као редовни студент. Учествовао је у раду на огледима, писању и објави више научних радова. Као коаутор учествовао на међународним и домаћим скуповима, из чега је произашло више библиографских јединица. Поред извода на овим скуповима, аутор је једног и коаутор два рада са SCI листе и једног технолошког решења.

Основни подаци о дисертацији: Докторска дисертација Александра Д. Ковачевића написана је написана је у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду на 145 страница текста у оквиру којих је 27 табела, 27 графикона и 1 слика. У докторској дисертацији цитирано је 356 литературних извора.

Докторска дисертација испред основног текста садржи: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о менторима и члановима Комисије, захвалницу, сажетак са кључним речима на српском и енглеском језику и садржај. Докторска дисертација подељена је на десет основних поглавља и то: 1 – Увод (стр. 1-3), 2 – Циљ истраживања (стр. 4), 3 – Преглед литературе (стр. 5-29), 4 – Радна хипотеза (стр. 30), 5 – Материјал и методе (стр. 31-46), 6 – Метеоролошки услови за време извођења огледа (стр. 42-46). 7- Резултати истраживања и дискусија (стр. 47-119), 8 – Закључак (120-122), 9 – Литература (123-140) и 10 Прилози (141-145) који садрже кратку биографију аутора и приложене обавезне изјаве (изјава о ауторству, изјава о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу).

2. Предмет и циљ дисертације

Предмет дисертације: Предмет истраживања ове докторске дисертације обухвата идентификацију особина које утичу на динамику отпуштања влаге код различитих генотипова кукуруза (*Zea mays* L.). Кукуруз је једна од најважнијих гајених биљних врста у свету. Због великог привредног значаја површине под кукурузом у свету се из године у године повећавају, а производња се шири и на нова географска подручја. Основни привредни значај кукуруза произлази из особина саме биљке, разноврсности употребе и обима производње. Поред тога, велики је и агротехнички значај кукуруза, као биљке која захтева интензивне услове гајења. Кукуруз од свих жита има највећи генетички потенцијал за родност зрна. Принос по својој природи представља вишедимензиону особину која обухвата више различитих карактеристика и на које утиче већи број фактора. Поред променљивих услова спољне средине на принос усева у великој мери утичу генетички фактори. Оплемењивање кукуруза на првом месту је усмерено на побољшање

приноса зрна и многих особина које су у директној вези са њим. Принос и остале агрономски важне особине су квантитативне природе и налазе се под контролом великог броја гена са малим појединачним ефектима, а њихова фенотипска експресија је под великим утицајем услова спољне средине.

Са економског аспекта, принос зрна представља најзначајнију особину за сваки хибрид кукуруза. Међутим, садржај влаге у зрну у моменту бербе је такође, један од најбитнијих момената за профитабилну производњу. У ранијем периоду, практично комплетна производња кукуруза у Србији убирала се у клипу при вишем садржају влаге у зрну и сушила у чардацима. Обзиром да убирање у клипу захтева знатно ангажовање радне снаге, у последњих десетак година произвођачи кукуруза масовно одлучују за убирање кукуруза у зрну и касније складиштење зрна у силосима. Најоптималнији моменат за убирање у зрну је када садржај влаге падне на 14%, јер при овом садржају влаге нема потребе за додатним досушивањем. Уколико је садржај влаге у берби виши од 14%, потребно је досушивање, што изискује додатне трошкове. Што је садржај влаге у берби виши, то ће и трошкови досушивања бити већи. Из тог разлога, произвођачи кукуруза се у последње време одлучују за гајење хибрида кукуруза који имају ниску влагу у берби, односно онима који се одликују брзим отпуштањем влаге из зрна. Раније убирање кукуруза омогућава и правовремену сетву наредног усева, претежно стрних жита. На овај начин, избегава се жетва кукуруза у условима хладног и влажног времена, што успорава убирање.

Касније сазревање зрна обично значи спорије сушење зрна у пољу и често се претвара у одложено или споро сушење зрелог зрна кукуруза пре бербе и сходно томе, већи проценат од жељеног садржаја влаге у зрну у берби. Пре физиолошке зрелости, смањење влаге у зрну настаје комбинацијом стварних губитака воде (испаривања), уз континуирано накупљање суве материје у зрну кроз процес наливања зрна. Физиолошка зрелост наступа када је влага зрна приближно 30%. У овом стадијуму раста слој ћелија у основи зрна умире и постаје црн (црни слој), пут воде је искључен и формира се баријера између зрна и биљке кукуруза. После физиолошке зрелости коју препознајемо по присуству црног слоја зрна, проценат влаге зрна наставља да се смањује првенствено због губитка воде из зрна. Брзина сушења зрна кукуруза у пољу обично варира од хибрида до године.

На физички губитак влаге у пољским условима утичу првенствено временски услови (температуре, влажности, сунчеве светлости или кише). За време топлих и сунчаних дана влага зрна може опати и више од једног процента дневно. Из истих разлога током хладних и кишних дана можда неће бити таквих губитака. У просеку, отпуштање влаге у зависности од сезоне и гајеног хибрида износи 0,4-0,8% на дневном нивоу. Када временски услови нису повољни за брзо сушење зрна, хибридне карактеристике које утичу на брзину сушења зрна постају важније. Неке морфолошке особине кукуруза као што су број и дебљина листова комушине, њена покровност и чврстина обухватања клипа доводе до бржег или споријег отпуштања влаге из зрна. Мањи број листова комушине, тања лиска комушине и брже старење, мања покровност клипа убрзава губитак влаге у зрну. Положај клипа на стаблу битан је и за брзину губљења влаге. Раније спуштање клипа из усправног у висећи положај, поспешује губитак влаге из зрна. Поред наведених фактора, на брзину губитка влаге у зрну утичу пречник клипа, тип зрна, дебљина и пропусност перикарпа, величина, облик и степен наливености зрна.

Научни циљ истраживања: Основни циљ истраживања ове докторске дисертације је идентификација особина које утичу на динамику отпуштања влаге код различитих генотипова кукуруза. Такође, испитани су начини наслеђивања посматраних особина, као и међузависност посматраних особина и садржаја влаге у зрну. У раду је извршена евалуација директних и индиректних утицаја на отпуштање влаге из зрна. Генетичка карактеризација самооплодних линија кукуруза применом SNP молекуларних маркера је омогућила праћење динамике отпуштања влаге код генотипова кукуруза различитог хетеротичног порекла. Праћење свих особина и повезаност особина од значаја са брзином отпуштања влаге је извршено на бази потпуног диалела. Обзиром да се у истраживању обрађује тематика која има изузетан практични значај, резултати истраживања олакшаће оплемењивачима рад на стварању нових родитељских линија и хибрида кукуруза који се одликују брзим отпуштањем влаге из зрна.

3. Основне хипотезе

У овом истраживању полази се од следећих претпоставки: између испитиваних генотипова кукуруза биће испољене разлике у динамици отпуштања влаге из зрна, постојање међузависности испитиваних особина кукуруза и садржаја влаге у зрну омогућиће идентификацију особина које имају највећи утицај на отпуштање влаге из зрна, претпостављене разлике које ће се утврдити кроз генетичку карактеризацију самооплодних линија применом SNP молекуларних маркера послужиће за увид у разлику динамике отпуштања влаге код генетичког материјала различите хетеротичне припадности, хемијски састав зрна има утицај на отпуштање влаге из зрна и особине који имају утицај на отпуштање влаге из зрна имају различиту генетичку основу наслеђивања.

4. Кратак опис садржаја дисертације

У поглављу 1. **Увод:** Кандидат је указао на значај оплемењивања кукуруза са убрзаним отпуштањем влаге из зрна за производњу. На испољавање квантитативних особина као што су принос, компоненте приноса и, поред генетичке основе индивидуе утичу и фактори спољне средине, као и интеракција између генотипа и спољне средине. Оптимални моменат за бербу кукуруза у зрну је када садржај влаге падне на 14%, јер при овом садржају влаге нема потребе за додатним досушивањем. Уколико је садржај влаге у берби виши од 14%, потребно је досушивање, што изискује додатне трошкове. Из тог разлога, у последње време влада интерес за селекцију хибрида кукуруза са нижом влагом у берби, односно хибридима који се одликују брзим отпуштањем влаге из зрна у пуној зрелости. Раније убирање кукуруза омогућава и правовремену сетву наредног усева, претежно стрних жита што у нашим условима поред научног има велики практични значај.

У поглављу 2. **Циљ истраживања** Кандидат наводи се да је за основни циљ дисертације је да се изврши идентификација особина које утичу на динамику отпуштања влаге код различитих генотипова кукуруза. Поред тога, испитаће се начин наслеђивања посматраних особина, као и међузависност посматраних особина и садржаја влаге у зрну.

Поред генетичке карактеризација самооплодних линија кукуруза из различитих хетеротичних група применом СНП молекуларних маркера извршена је и анализа на бази потпуног диалела и поређење садржаја влаге у зрну између оригиналних и реципрочних комбинација укрштања. Поред тога, ови резултати истраживања треба да пруже увид у начин наслеђивања особина које имају највећи утицај на динамику отпуштања влаге, као и на динамику отпуштања влаге код генотипова које имају различито генетичко порекло.

У поглављу 3. **Преглед литературе** Докторанд је систематизовао досадашња истраживања других аутора, која су уско повезана са темом дисертације. Поделио је ово поглавље на осам потпоглавља: 3.1. Порекло и гајење кукуруза на нашим просторима, 3.2. Климатске промене и оплемењивање кукуруза, 3.3. Проблем влаге у зрну у моменту физиолошке и пуне зрелости кукуруза, 3.4. Принос и компоненте приноса, 3.5. Комбинационе способности (општа и посебна), диалелни метод и релативни значај у побољшању усева, 3.6. Корелациона повезаност, херитабилност, генетичка добит и "Path" анализа, 3.7. СНП молекуларни маркери, 3.8. НИР (Near-Infrared Reflectance - Блиска инфрацрвена спектроскопија) и квалитативне особине зрна од значаја за оплемењивање кукуруза. У сваком под поглављу разматрана је најновија литература која је везана за наведену проблематику.

У поглављу 4. **Радна хипотеза** је наведено да се у испитивању пошло од претпоставке да ће између испитиваних генотипова кукуруза бити испољене разлике у динамици отпуштања влаге из зрна. Утврђивање међузависности испитиваних особина кукуруза и садржаја влаге у зрну омогућиће идентификацију особина које имају највећи утицај на отпуштање влаге из зрна. Особине које имају утицај на отпуштање влаге из зрна имају различиту генетичку основу наслеђивања. Очекује се да ће диалелна анализа у овој дисертацији указати на комбинациону способност инбред линија и учешће адитивне и неадитивне компоненте генотипа у укупном фенотипском варирању. Генетичка карактеристика самооплодних линија применом СНП молекуларних маркера пружиће увид у разлику динамике отпуштања влаге код генетичког материјала различите хетеротичне припадности. Напокон, хемијски састав зрна имаће утицај на отпуштање влаге из зрна. На све ове претпоставке је Кандидат у оквиру резултата и дискусије дао адекватне одговоре.

Поглавље 5. **Материјал и методе** чине два потпоглавља: 5.1. Биљни материјал и постављање огледа, 5.2. Статистичка анализа.

У првом потпоглављу 5.1., је наведено да је испитивано шест елитних самооплодних линија кукуруза, као и тридесет хибридних комбинација насталих укрштањем одабраних линија по методу потпуног диалела. Самооплодне линије су селекционисане у Институту за кукуруз „Земун Поље“ и представљају родитељске компоненте водећих комерцијалних ЗП хибрида кукуруза. На основу емпиријских сазнања, родитељске линије припадају различитим групама зрења и имају различиту хетеротичну припадност.

Оглед је постављен на три локације у два понављања током две године. У истраживању су праћене следеће особине: интервала између метличења и свилања – АСИ, динамика промене садржаја влаге у зрну од физиолошке зрелости до бербе (садржај влаге мерен је једном недељно), принос, проценат влаге у зрну кукуруза у моменту бербе-жетве, број листова комушине, површина листова комушине, дебљина листова комушине, дужина клипа, пречник клипа, пречник окласка, маса 1000 зрна и број редова зрна на клипу. Такође одређиван је садржај протеина, уља и скорба.

Генотипизација испитиваних линија кукуруза је извршена применом генског чипа *Maize 25K XT array* који садржи 23908 SNPs равномерно распоређених по целом геном кукуруза. Сви кораци у генотипизацији су изведени од стране TraitGenetics GmbH у Немачкој.

У Потпоглављу 5.2. Статистичка анализа се наводи како су анализирани добијени подаци. Извршена је анализа варијансе и тестирање. Такође у анализи диалелних хибрида и родитеља коришћен је Грифингов (Griffing) метод 1 диалелне анализе (укључени су ефекти родитеља, $\Phi 1$ и $\Phi 1$ реципрочна укрштања) и модел 1 (фиксни ефекат), затим је анализа настављена израчунавањем ОКС ефеката родитеља, ПКС и реципрочних ефеката укрштања. У анализи просечних вредности поред анализе варијансе примењена је и непараметријски метод у процени интеракције и стабилности генотипова. Међузависност између приноса и испитиваних особина је урађена анализом главних компоненти (ПЦА). Линеарно моделирање је урађено преко модела програма у IBM SPSS Statistics 26. Овај модел за улаз користи независне варијабле у оригиналним мерним јединицама. На овај начин добили смо увид у коефицијент регресије, степен утицаја независно променљивих на зависно променљиву, ниво значајности и графичку визуелизацију модела. За све ове анализе су коришћени одговарајући програми који су детаљно дати у докторској дисертацији

Поглавље 6. **Метеоролошки услови за време извођења огледа** описује временске услове за време извођења огледа у два потпоглавља 6.1 Температура и 6.2. Падавине.

Поглавље 7. **Резултати истраживања и дискусија** се састоји из дванаест целина: 7.1. Принос зрна самооплодних линија и хибрида, 7.2. Корелациони односи и „Path” анализа влаге у берби и дневних губитака влаге из зрна кукуруза, 7.3. Корелациони односи и „Path” анализа између приноса зрна и компоненти приноса, 7.4. Линеарно моделирање зависности влаге у берби и дневног отпуштања влаге из зрна од квантитативних особина код кукуруза, 7.5. Динамика отпуштања влаге из зрна код хибрида кукуруза, 7.6. Регресиона анализа динамике отпуштања влаге из зрна самооплодних линија кукуруза на основу потомства, 7.7. Анализа варијансе комбинационих способности самооплодних линија кукуруза, 7.8. Процена генетичких параметара на основу варијанси односа ОКС и ПКС 7.9. СНП молекуларни маркери, 7.10. Оцена општих комбинационих способности (ОКС) самооплодних линија кукуруза, 7.11. Оцена посебних комбинационих способности (ПКС) и реципрочних ефеката (РЕЦ) диалелних укрштања кукуруза и 7.12. Садржај протеина, уља и скроба код самооплодних линија и хибрида кукуруза.

Треба напоменути да након приказа резултата истраживања, кандидат их је детаљно анализирао, дискутовао и упоређивао са до сада објављеним резултатима у свету и код нас.

У оквиру потпоглавља 7.1 као тематске целине разматра се анализа варијансе и средње вредности за испитиване особине. Локације и генотипови су имали утицај на испитиване особине и варирање приноса зрна и динамике падања влаге из зрна. Као најприноснија самооплодна линија издвојила се линија ЗПЛ1 која је остварила просечну приносу од 2,88 t/ha у 2021. години и 3,16 t/ha у 2022. години. Најприноснији хибриди у обе године испитивања били су: ЗПЛ1 x ЗПЛ5 (9,89 t/ha; 13,14 t/ha), ЗПЛ1 x ЗПЛ6 (9,34 t/ha; 12,18 t/ha) и ЗПЛ2 x ЗПЛ5 (9,08 t/ha; 12,05 t/ha). У свим хибридним комбинацијама учествовале су, као једна од родитељских компоненти, инбред линије ЗПЛ5 и ЗПЛ6 које припадају Lancaster хетеротичној групи и то као очинска компонента и инбред линије ЗПЛ1 и ЗПЛ2, које припадају BSSS хетеротичној групи као мајчинска компонента. Овом

чињеницом се потврђује да је Lancaster x BSSS извор одличан пар за стварање високоприносних хибрида кукуруза.

У другом потпоглављу 7.2. су приказани резултати за корелационе односе и „Path“ анализу. На основу Пирсоновог (Pearson) коефицијента корелације између влаге у берби и осталих квантитативних особина утврђена је високо значајна позитивна корелација. Веома значајне негативне вредности корелације остварене су између дневног отпуштања влаге и свих других испитиваних особина, осим са бројем редова зрна са којим није остварена статистички значајна корелација. „Path“ анализа је показала да на влагу у берби високо позитиван ефекат има пречник клипа (0,371), затим интервал метличења и свилања (0,233) и дебљине листова комушине (0,230). Негативан директан ефекат на влагу у берби има дужина клипа (-0,223). На особину дневни губитак влаге из зрна, највећи негативни директни ефекат има пречник клипа (-0,346), затим површина листова комушине (-0,301) и интервал метличења и свилања (-0,240), док позитиван директни ефекат на дневно отпуштање влаге има дужина клипа (0,177). Све испитиване особине биле у високо значајној позитивној корелацији са приносом.

У потпоглављу 7.3 утврђено је на основу „Path“ анализе да су високе позитивне вредности директних ефеката на принос имали од квантитативних особина пречник клипа (0,383) и дужина клипа (0,348), док је низак негативни директни ефекат имао пречник окласка (- 0,165).

У Потпоглављу 7.4. на основу линеарног моделирања утврђено је да на влагу у берби највећи позитиван утицај имају интервал метличења и свилања (0,268), дебљина листова комушине (0,190) и пречник клипа (0,178). Повећањем неке од ових особина, повећава се и влага у берби. Највећи утицај на дневни губитак влаге забележен је са интервалом метличења и свилања (0,300), затим под утицајем површине листова комушине (0,213) и пречником клипа (0,176).

У потпоглављима 7.5. и 7.6. приказане су динамика отпуштања влаге из зрна и регресиона анализа динамике отпуштања влаге самооплодних линија и хибрида кукуруза на основу потомства. Особина дебљине листова комушине има значајну улогу код броја листова комушине, како за влагу у берби, тако и за дневни губитак влаге. Самооплодна линија ЗПЛ4 преносила је у своја потомства већи број листова комушине него линија ЗПЛ6, међутим, ти листови су били доста тањи и растереситији што је имало већи утицај на отпуштање влаге. Средње ране самооплодне линије показале су међусобно различиту динамику отпуштања влаге из зрна. Инбред линије кукуруза ЗПЛ4 и ЗПЛ3 уносе у потомство гене који су задужени за брзо отпуштање влаге из зрна, док инбред линија ЗПЛ6 која је, такође средње рана, у првим мерењима значајно обори влагу, али касније ту влагу теже отпушта до бербе. Средње касне линије у својим потомствима имају тенденцију чешће задржавања влаге у зрну. У том смислу нарочито су се истакла укрштања у коме је учествовала самооплодна линија ЗПЛ1 као једна од родитељских компоненти.

Хибрид Х10 (ЗПЛ3 x ЗПЛ4) са његовом реципрочном комбинацијом Х10Р (ЗПЛ4 x ЗПЛ3) остварује најмањи проценат влаге. С обзиром да се ради о хибридизацији инбред линија које припадају истој хетеротичној групи (независна хетеротична група), значајан хетерозис и принос нису остварени. Резултати добијени мерењем динамике отпуштања влаге у зрну показују да се ради о великом потенцијалу како за стварање Ф2 популације са циљем стварања нових раностасних самооплодних линија, тако и за стварање сестринских

укрштања за тролинијске хибриде који ће имати убрзану динамику отпуштања влаге из зрна.

Регресиона анализа динамике отпуштања влаге из зрна средње раних самооплодних линија кукуруза кроз њихово потомство, показала је да су у 2021. години хибриди који у себи садрже самооплодну линију ЗПЛ4 као једну од родитељских компоненти, брзо отпуштали влагу из зрна и то за -5,92 % недељно, затим следи линија ЗПЛ3 са -5,56% губитке влаге из зрна недељно, док се најспорије отпуштање влаге дешава код хибрида који у себи имају линију ЗПЛ6 као родитељску компоненту са -5,19% недељном ниову. У 2022. години хибриди који су најбрже отпуштали влагу имали су у себи као родитељску компоненту линију ЗПЛ4 и они су отпуштали у просеку на недељном нивоу влагу за -4,30%; затим хибриди који су за мајчинску или очинску компоененту имали самооплодну линију ЗПЛ3 са недељним губитком влаге од -4,00%; док су најспорије влагу из зрна отпуштали хибриди који су као родитељску компоненту имали линију ЗПЛ6 и то за -3,92% на недељном нивоу.

Регресионом анализом динамике отпуштања влаге из зрна средње касних самооплодних линија кукуруза кроз њихово потомство, утврђено је да су у 2021. години хибриди који су у себи имали самооплодну линију ЗПЛ1 на недељном нивоу најспорије губили влагу из зрна (-4,44%), затим хибриди који су у себи имали линију ЗПЛ5 (-4,70%), док су хибриди који су у себи имали средњу касну линију ЗПЛ2 најбрже губили влагу из категорије средње касних линија, у просеку за -4,95% на недељном нивоу. У 2022. години линија ЗПЛ1 на недељном нивоу губила је влагу из зрна за -3,50%, инбред линија ЗПЛ5 за -3,77%, док је линија ЗПЛ2 губила влагу за -3,80% на недељном нивоу.

У потпоглављима 7.7. и 7.8. приказана је анализа варијансе комбинационих способности самооплодних линија кукуруза и процена генетичких параметара на основу варијанси односа ОКС и ПКС. Највише вредности ПКС за принос зрна, у обе године испитивања, добијене су код укрштања ЗПЛ1 к ЗПЛ5 и ЗПЛ2 к ЗПЛ5. Линије ЗПЛ1 и ЗПЛ5 имале су веома значајне позитивне вредности ОКС за принос, док је линија ЗПЛ2 имала статистички занемарљиве вредности ОКС. То доказује да је у укрштању једног родитеља са високим, и другог са ниским вредностима ОКС могуће, те се може очекивати супериорно потомство.

Процењена херитабилност у ужем смислу, у обе године испитивања износила је: за интервал метличења и свилања (0,252; 0,327); дужину клипа (0,139; 0,005); пречник клипа (0,161; 0,026); број редова зрна (0,265; 0,339); масу 1000 зрна (0,141; 0,078) и принос зрна (0,001; 0,001) као и ниске вредности Бејкеровог (Baker) односа, што јасно указује на превагу неадитивних генских ефеката (превагу доминантних и епистатичних гена) у контроли ових особина. Дебљина листова комушине, влага у берби и дневни губитак влаге су особине које су показале адитивне генске ефекте, што указује да су адитивни ефекти важнији од неадитивних генских ефеката у наслеђивању ових особина. Високе вредности генетичке добити изражене у процентима у обе године испитивања добијене су код следећих особина: приноса зрна, влаге у берби, дневног губитка влаге из зрна, површине листова комушине, дебљине листова комушине, масе 1000 зрна и интервала метличења и свилања.

У потпоглављу 7.9. приказане су и анализирани вредности генетичке дистанце добијене на основу СНП маркера и утврђено је да су биле у сагласности са подацима о пореклу инбред линија. Инбред линије су у оквиру кластера подељене у два субкластера. Први субкластер чине две групе, у првој су констатовано је, линије ЗПЛ1 и ЗПЛ2, које

припадају BSSS хетеротичној групи; док су у другој линији ЗПЛ5 и ЗПЛ6, које су представници Lancaster хетеротичне групе. У другом подкластеру налазе се засебне линије ЗПЛ3 и ЗПЛ4, које су сврстане у независан извор.

У потпоглављу 7.10. и 7.11. приказане су анализа варијансе комбинационих способности самооплодних линија кукуруза и процена генетичких параметара на основу варијанси односа ОКС и ПКС. Од укупно шест испитиваних самооплодних линија, три линије имале високо значајне ($p \leq 0.01$) вредности општих комбинационих способности за принос зрна у обе године испитивања, с тим да је линија ЗПЛ6 имала је високо значајну негативну вредност само у 2022. години (-0,641). Линије ЗПЛ1 (0,419; 0,728) и ЗПЛ5 (0,351; 0,401) имале су високо значајне позитивне вредности, док је линија ЗПЛ4 (-0,437; -0,514) забележила високо значајну негативну вредност. У оквиру испитиваних резултата у најбоље опште комбинаторе за принос, спадају самооплодне линије ЗПЛ1 и ЗПЛ5. Њихове позитивне високо значајне вредности указују на високу фреквенцију пожељних алела за принос, због тога ове две линије треба да се користе у програмима селекције ради стварања високо приносних хибрида кукуруза.

Самооплодне линије ЗПЛ1 и ЗПЛ5 показале су одличне вредности ОКС за принос зрна и компоненте приноса и као такве могу се користити у програмима селекције као донори пожељних гена везаних за принос. Насупрот томе, ове линије имале су лоше опште комбинационе способности за особине влаге у берби и дневног губитка влаге. Са друге стране самооплодне линије ЗПЛ3 и ЗПЛ4 биле су одлични донатори пожељних особина за убрзано отпуштање влаге из зрна. Због тога се управо комбиновање оваква два типа самооплодних линија препоручује за стварање високоприносних хибрида са убрзаном динамиком отпуштања влаге из зрна кукуруза.

Анализом блиске инфрацрвене спектроскопије у потпоглављу 7.12. утврђено је да самооплодне линије, наспрам хибрида, карактерише низак ниво скроба и уља, висок ниво протеина. Хитмапа са дендрограмима открива два подкластера. Један од њих чине генотипови: X13 (ЗПЛ4 x ЗПЛ6), X4 (ЗПЛ1 x ЗПЛ6), X17 (ЗПЛ5 x ЗПЛ4), X26 (ЗПЛ4 x ЗПЛ2), X25 (ЗПЛ4 x ЗПЛ3), X21 (ЗПЛ6 x ЗПЛ4), X18 (ЗПЛ5 x ЗПЛ3), X12 (ЗПЛ3 x ЗПЛ5) и X7 (ЗПЛ2 x ЗПЛ4). Овај подкластер је карактеристичан по томе што његови генотипови садрже мање протеина, а више уља и скроба од осталих генотипова. Према овим сазнањима и сазнањима из динамике отпуштања влаге из зрна, може се закључити да су сви хибриди из датог кластера припадали групи хибрида са одличним динамиком отпуштања влаге.

У поглављу **Закључак** су представљени најважнији закључци који су изведени на основу постављених циљева и хипотеза у докторској дисертацији кандидата, Александра Д. Ковачевића, мастер ратарства и повртарства.

„Path анализа ” је показала да на влагу у берби високо позитиван директни ефекат има пречник клипа (0,371), затим АСИ (0,233) и дебљина листова комушине (0,230). Негативан директан ефекат на влагу у берби има дужина клипа (-0,223). На особину дневног губитка влаге из зрна, највећи негативан директни ефекат има пречник клипа (-0,346), затим површина листова комушине (-0,301) и интервал метличења и свилања (-0,240), док позитиван директан ефекат на дневно отпуштање влаге има дужину клипа (0,177). Све испитиване особине биле у високо значајној позитивној корелацији са приносом.

Реципрочним укрштањима установљене су статистички значајне разлике код неких хибрида, како у погледу приноса тако и у погледу динамике отпуштања влаге из зрна, што

указује на неопходност тестирања и реципрочних комбинација, приликом проналажења што бољег хибрида.

Регресионом анализом динамике отпуштања влаге из зрна средње касних самооплодних линија кукуруза кроз њихово потомство, утврђено је да су у 2021. години хибриди који су у себи имали самооплодну линију ЗПЛ1 на недељном нивоу најспорије губили влагу из зрна (-4,44%), затим хибриди који су у себи имали линију ЗПЛ5 (-4,70%), док су хибриди који су у себи имали средње касну линију ЗПЛ2 најбрже губили влагу из категорије средње касних линија, у просеку за -4,95% недељно. У 2022. години линија ЗПЛ1 на недељном нивоу губила је влагу из зрна за -3,50%, инбред линија ЗПЛ5 за -3,77%, док је линија ЗПЛ2 губила влагу за -3,80%.

Самооплодне линије ЗПЛ1 и ЗПЛ5 имале су одличне вредности ОКС за принос зрна и компоненте приноса и као такве могу се користити у програмима селекције као донатори пожељних гена везаних за принос. Самооплодне линије ЗПЛ3 и ЗПЛ4 показале су се као одлични донатори гена пожељних особина за убрзано отпуштање влаге из зрна. Због тога се комбиновање оваква два типа самооплодних линија препоручује за стварање високоприносних хибрида са убрзаним динамиком отпуштања влаге из зрна. Највише вредности ПКС за принос зрна, у обе године испитивања, добијене су код укрштања ЗПЛ1 к ЗПЛ5 и ЗПЛ2 к ЗПЛ5. Линије ЗПЛ1 и ЗПЛ5 имале су веома значајне позитивне вредности ОКС за принос, док је линија ЗПЛ2 имала статистички занемарљиве вредности ОКС. То доказује да је у укрштању једног родитеља са високим, и другог са ниским вредностима ОКС могуће, и да се може очекивати супериорно потомство.

У поглављу **Литература** наведено је више од 300 референци, које су правилно представљене и цитиране у тексту. Избор референци је актуелан и одговара предмету проучавања и тумачењу добијених резултата. Значајан део наведене литературе објављен је у водећим међународним научним часописима.

5. Остварени резултати и научни допринос дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације по обиму и теми нису раније обављена у нашој земљи. Идентификоване су особине генотиповца које имају највећи утицај на динамику отпуштања влаге из зрна. На овај начин, оплемењивачи кукуруза су добили информацију на које особине треба да обрате пажњу током селекционог рада, у циљу добијања нових генотипова са брзим отпуштањем влаге из зрна. Поред тога, резултати истраживања су указали на начин наслеђивања особина које имају највећи утицај на динамику отпуштања влаге, као и на динамику отпуштања влаге код генотипова које имају различито генетичко порекло.

Такође, не мање важан аспект научног доприноса ове дисертације представља и чиница да су у истраживању коришћене најсавременије генетичке и биоинформатичке методе, које су омогућиле добијање поузданих и прецизних података у поступку анализе, што ће имати практичан значај у смислу смерница за будуће програме оплемењивања кукуруза.

Имајући у виду да су се у истраживању користе елитне самооплодне линије, селекционисане у Институту за кукуруз „Земун Поље“, добијени резултати су омогућили идентификацију родитељских линија које ће се користити за стварање нових почетних популација кукуруза, из којих ће се селекционисати родитељске линије са својством брзог

отпуштања влаге. Прогресивни научни допринос огледа се у њиховој идентификацији и карактеризацији на основу морфолошких и молекуларних одлика.

6. Објављени и саопштени резултати

Публиковани научни рад из дисертације у међународном часопису:

Kovačević, A., Pavlov, J., Stevanović, M., Delić, N., Mutavdžić, D. Živanović, T. (2023): Direct selection parameter estimates and path coefficient analysis for grain yield and quantitative traits in maize (*Zea mays* L.) Romanian Agricultural Research, No. 41(1).

www.incda-fundulea.ro

DOI 2067-5720 RAR 2024-2:1-9.

7. Закључак и предлог

Докторска дисертација Александра Д. Ковачевића, мастер ратарства и повртарства, под насловом: „Селекција генотипова кукуруза са убрзаним отпуштањем влаге из зрна" представља оригинални научни рад који је реализован у складу са планом и програмом предвиђеним пријавом дисертације. Кандидат је детаљно и систематски истражио доступне литературне податке, на основу којих је дефинисао и поставио јасан циљ истраживања; одабрао и применио адекватне, савремене методе и технике истраживања. Кандидат је успешно обавио експериментални део истраживања, што је и документовано резултатима дисертације, јасно их приказао и упоредио са доступним подацима из литературе. Добијени резултати и адекватно спроведена дискусија довели су до конкретних и јасно изведених закључака. Дисертација је писана јасним језиком, прегледна, технички добро организована и уређена.

Добијени су оригинални научни резултати који представљају вредан допринос области пољопривредних наука, уже научне области ратарство и повртарство.

Комисија сматра да су резултати истраживања добијени у оквиру ове докторске дисертације веома значајни, како за науку, тако и за праксу. Селекција линија и хибрида кукуруза са брзим отпуштањем влаге у берби данас је врло актуелна у свету. Међутим, врло је мало научних анализа у овом обиму код нас и у свету, тако да сматрамо да ће ова дисертација сигурно послужити као полазна тачка и референца у истраживањима других научника. Са аспекта оплемењивања кукуруза добијене су линије које су одлични донатори пожељних особина у стварању хибрида са брзим отпуштањем влаге у берби кукуруза. Ова испитивања и примењене методе у раду и анализи добијених резултата су добар путоказ за даља укрштања у стварању хибрида кукуруза брзог отпуштања влаге у пуној зрелости. Резултати докторске дисертације Александра Д. Ковачевића су верификовани на међународном нивоу, публикавањем рада у међународном часопису са СЦИ листе Romanian Agricultural Research.

Имајући у виду напред наведено, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију Александра Д. Ковачевића, мастера ратарства и повртарства, под насловом: „Селекција генотипова кукуруза са убрзаним отпуштањем влаге из зрна" и

предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји позитивну оцену урађене докторске дисертације и тиме омогући кандидату да је јавно брани.

У Београду, 29. 02. 2024. године

Чланови Комисије:

Др Славен Продановић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Оплењењавање биљака

Др Ненад Делић, научни саветник
Институт за кукуруз „Земун Поље“, Земун Поље
Ужа научна дисциплина: Генетика и оплењењавање

биљака

Др Ирена Радиновић, доцент
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Генетика и оплењењавање биљака

Др Владан Пешић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Генетика и оплењењавање биљака

Др Гордана Бранковић, ванредни редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Генетика и оплењењавање биљака

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
Београд - Земун

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера 2.02.2024. године оригиналности докторске дисертације : „Селекција генотипова кукуруза са убрзаним отпуштањем влаге из зрна”, аутора **Александра Д. Ковачевића, мастера ратарства и повртарства**, констатујем да утврђено подударане текста износи **9%**. Овај степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, што је у складу са чланом 9. Правилника. На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

29.02. 2024. године

Ментори

Ментор 1 - Др Томислав Живановић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Генетика

Ментор 2 - Др Јован Павлов, виши научни сарадник
Институт за кукуруз „Земун Поље”, Земун Поље
Ужа научна област: Генетика и оплемењивање биљака