УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ

ФАКУЛТЕТ ЗА ЗЕМЈОДЕЛСКИ НАУКИ И ХРАНА - СКОПЈЕ

м-р Иво Драган Митрушев

ФЕНОТИПСКА КАРАКТЕРИЗАЦИЈА И ПРОЦЕНКА НА ВАРИЈАБИЛНОСТА И СЕЛЕКЦИСКИОТ ПОТЕНЦИЈАЛ КАЈ ГЕНОТИПОВИ ОРИЗ (*Oryza sativa* L.)

Докторски труд

Скопје, 2026

Докторанд:

м-р ИВО МИТРУШЕВ

Тема:

ФЕНОТИПСКА КАРАКТЕРИЗАЦИЈА И ПРОЦЕНКА НА ВАРИЈАБИЛНОСТА И СЕЛЕКЦИСКИОТ ПОТЕНЦИЈАЛ КАЈ ГЕНОТИПОВИ ОРИЗ (*Oryza sativa* L.)

Ментор:
проф. д-р МИРЈАНА ЈАНКУЛОВСКА

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Факултет за земјоделски науки и храна – Скопје

Комисија за одбрана:

проф. д-р СОЊА ИВАНОВСКА (претседател)

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Факултет за земјоделски науки и храна – Скопје

проф. д-р ДАНЕ БОШЕВ (член)

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Факултет за земјоделски науки и храна – Скопје

проф. д-р ЕМИЛИЈА СИМЕОНОВСКА (член)

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Земјоделски институт – Скопје

проф. д-р ДОБРЕ АНДОВ (член)

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Земјоделски институт – Скопје

Научна област:

ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЈА НА ЗЕМЈОДЕЛСКИТЕ КУЛТУРИ

Датум на одбрана:

м-р Иво Драган Митрушев

ФЕНОТИПСКА КАРАКТЕРИЗАЦИЈА И ПРОЦЕНКА НА ВАРИЈАБИЛНОСТА И СЕЛЕКЦИСКИОТ ПОТЕНЦИЈАЛ КАЈ ГЕНОТИПОВИ ОРИЗ (*Oryza sativa* L.)

- Краток извадок -

Основната цел на ова истражување беше да се изврши фенотипска карактеризација и проценка на варијабилноста и селекцискиот потенцијал кај 53 генотипови ориз (*Oryza sativa L.*) од различно потекло, сортен статус и селекциска историја. Испитувањето беше спроведено во агроеколошките услови на Кочанската Котлина, како главен оризопроизводен регион во Република Северна Македонија, во текот на две последователни вегетациски сезони. Беа анализирани фенолошки, морфолошки, производни, технолошки и квалитативни својства, со примена на анализа на варијанса, параметри на варијабилност, херитабилност во поширока смисла, очекуван генетски напредок, корелациска анализа, path-анализа, анализа на главни компоненти, како и анализи на фенотипска дистанца и кластерска анализа.

Анализата на варијанса покажа дека генотипот, годината и интеракцијата генотип × година имаа значајно влијание врз најголем дел од квантитативните својства, што укажува дека нивната експресија е условена и од генетската основа на испитуваните генотипови и од промените во условите на средината. Кај фенолошките својства беше утврдена варијабилност што овозможи разграничување на генотипови со различна должина на вегетацискиот период. Морфолошките својства покажаа значајни разлики во архитектурата на растенијата, особено кај висината на растението и должината на метличката. Производните својства се одликуваа со широк опсег на варирање, при што приносот на зрно се движеше од 5 003 до 14 155 kg/ha. Како најприносни генотипови се издвоија *wang, san andrea, sürek-95, кочански, бисер-2, camteo* и *прима риска*. Жетвениот индекс вариираше од 0,258 до 0,568, со највисока вредност кај *lemont*.

Технолошките својства имаа значајна генотипска варијабилност, особено во уделот на цели зрна бел ориз и кршен ориз. Параметрите на варијабилноста, херитабилноста и очекуваниот генетски напредок укажаа дека дел од својствата, особено апсолутната маса на сиров ориз, должината на метличката, висината на растението и одделни производни и технолошки показатели, имаат значење како селекциски критериуми. Со корелациската анализа беше утврдено дека приносот на зрно е најсилно поврзан со масата на продуктивните метлички, биолошкиот принос, жетвениот индекс и бројот на продуктивни метлички на единица површина. Path-анализата покажа дека масата на продуктивните зрна во метличка е директно условена од бројот на примарни гранчиња во метличка, висината на стеблото, бројот на денови до метличење и цветање и бројот на непродуктивни зрна во метличка.

Анализата на главни компоненти покажа дека првите седум компоненти објаснуваат 81,90 % од вкупната варијабилност, при што најголем придонес имаа својствата поврзани со продуктивноста на метличката, растителната архитектура, приносот и технолошкиот квалитет на зрното. Кластерските анализи, базирани на Еуклидова дистанца за квантитативните својства и Говерова дистанца за комбинираните квантитативни и квалитативни податоци, овозможија групирање на генотиповите според нивната фенотипска сличност и издвојување на поизразено дивергентни генотипови. Квалитативната карактеризација дополнително ја потврди морфолошката разновидност на германплазмата од ориз преку варијации во присуството на осилки, хабитусот и компактноста на метличката, како и појава на ретки дескрипторски варијанти.

Добиените резултати обезбедуваат сеопфатна процена на фенотипската разновидност, агрономската вредност, технолошкиот квалитет и селекцискиот потенцијал на испитуваната германплазма од ориз. Генотиповите со висок приносен потенцијал и поволен технолошки квалитет можат да имаат практично значење за примена во производството, додека фенотипски дивергентните генотипови претставуваат вреден почетен материјал за идни селекциски програми насочени кон подобрување на домашниот сортимент ориз.

Клучни зборови: *Oryza sativa* L., германплазма од ориз, фенотипска карактеризација, фенотипска варијабилност, херитабилност, селекциски потенцијал, технолошки квалитет.

MSc. Ivo Dragan Mitrushev

PHENOTYPIC CHARACTERIZATION AND ASSESSMENT OF VARIABILITY AND BREEDING POTENTIAL IN RICE GENOTYPES (*Oryza sativa* L.)

- Abstract -

The main objective of this study was to perform phenotypic characterization and to assess the variability and breeding potential of 53 rice (*Oryza sativa* L.) genotypes differing in origin, varietal status and breeding history. The research was conducted under the agroecological conditions of the Kochani Valley, the main rice-producing region in the Republic of North Macedonia, during two consecutive growing seasons. The phenological, morphological, yield-related, technological and qualitative traits were analyzed using analysis of variance, variability parameters, broad-sense heritability, expected genetic advance, correlation analysis, path analysis, principal component analysis, as well as phenotypic distance and cluster analyses.

The analysis of variance showed that genotype, year and the genotype × year interaction had significant effects on most quantitative traits, indicating that their expression was influenced by both the genetic background of the evaluated genotypes and changes in environmental conditions. Phenological traits showed variability that enabled differentiation of genotypes with different vegetation periods. The morphological traits revealed significant differences in plant architecture, particularly in plant height and panicle length. Yield-related traits showed a wide range of variation, with grain yield ranging from 5.003 to 14.155 kg/ha. The highest-yielding genotypes were *Wang*, *San Andrea*, *Sürek-95*, *Kochanski*, *Biser-2*, *Cammeo* and *Prima Riska*. The harvest index differed between 0.258 to 0.568, with the highest value recorded in *Lemont*.

Technological traits had significant genotypic variability, particularly in head rice yield and broken rice percentage. Variability parameters, heritability and expected genetic advance indicated that several traits, especially 1000-grain weight of paddy rice, panicle length, plant height and selected yield-related and technological traits, have value as breeding criteria. Correlation analysis showed that grain yield was most strongly associated with the mass of productive panicles, biological yield, harvest index and number of productive panicles per unit area. Path analysis indicated that the mass of productive grains per panicle was directly affected by the number of primary branches per panicle, stem height, number of days to heading and flowering, and number of unproductive grains per panicle.

Principal component analysis showed that the first seven components explained 81.90 % of the total variability, with the greatest contribution from traits related to panicle productivity, plant architecture, yield and technological grain quality. Cluster analyses based on Euclidean distance for quantitative traits and Gower distance for combined quantitative and qualitative data enabled grouping of the genotypes according to phenotypic similarity and identification of more divergent genotypes. Qualitative characterization further confirmed the morphological diversity of the rice germplasm through variation in awn presence, panicle habit and panicle compactness, as well as the occurrence of rare descriptor variants.

The obtained results provide a comprehensive assessment of the phenotypic diversity, agronomic value, technological quality and breeding potential of the evaluated rice germplasm. Genotypes combining high yield potential and favorable technological quality may have practical value for cultivation, whereas phenotypically divergent genotypes represent valuable starting material for future breeding programs aimed at improving the domestic rice varietal assortment.

Keywords: *Oryza sativa* L., rice germplasm, phenotypic characterization, phenotypic variability, heritability, breeding potential, technological quality.

Овој докторски труд го посветувам на моето семејство – мојата најголема сила и мотивација.

Иво Митрушев

ИЗЈАВА

Изјавувам дека докторскиот труд го изработив самостојно, дека сите користени извори и литература се уредно цитирани и дека трудот не е користен во рамките на други универзитетски студии или за стекнување друго звање.

Иво Митрушев, с.р.

ИЗЈАВА

Изјавувам дека електронската верзија на докторскиот труд е идентична со печатената верзија.

Иво Митрушев, с.р.

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД 1
2. ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО 2
3. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА 4
3.1. Оризот како глобално значајна житна култура: потекло, систематика и употребна вредност 4
3.2. Производствени трендови и значење на оризот во светот и во Република Северна Македонија 5
3.3. Оризот во македонската традиционална исхрана и во локалната култура 7
3.4. Генетска разновидност и селекциска вредност на гермплазмата од ориз 7
3.5. Зачувување на генетски ресурси од ориз и ризик од генетска ерозија 8
3.6. Влијание на современите трендови врз генетската ерозија 9
3.7. Ген-банки и документација на гермплазма од ориз 10
3.8. Фенотипска карактеризација на ориз 12
3.9. Дескриптори за карактеризација на оризот 12
3.9.1. Фенолошки својства кај оризот 13
3.9.2. Архитектура на растенијата и својства на стеблото 14
3.9.3. Метличка, зрно и продуктивни компоненти 15
3.9.4. Технолошки и квалитетни показатели на зрното 16
3.10. Влијание на условите на средината врз квантитативните својства 17
3.11. Параметри за процена на варијабилноста и селекцискиот потенцијал кај оризот 18
3.11.1. Фенотипска и генотипска варијанса, CV, GCV и PCV 19
3.11.2. Херитабилност и очекуван генетски напредок 19
3.11.3. Корелации и path-анализа кај компонентите на приносот 20
3.11.4. Мултиваријантни пристапи во процена на фенотипскиот диверзитет 21
3.12. Морфолошки својства со квалитативен карактер кај оризот 21
3.12.1. Хабитус и збиеност на метличката 22
3.12.2. Осилки и боја на осилките 22
3.12.3. Пигментација на листот, апикулусот и зрното 23
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ 24
4.1. Растителен материјал 24
4.1.1. Генотипови од Македонија 25
4.1.2. Генотип од Русија 26
4.1.3. Генотипови од САД 26
4.1.4. Генотипови од Грција 26
4.1.5. Генотипови од Бугарија 27
4.1.6. Генотипови од Турција 27
4.1.7 Генотипови од Италија 28

4.2. Полски опит и агротехнички мерки 30
4.3. Фенотипска карактеризација 32
4.4. Лабораториски анализи 34
4.5. Статистички анализи 34
5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА 37
5.1. Варијабилност на квантитативните својства 37
5.1.1. Варијабилност на должината на траење на фенолошките фази 37
5.1.1.1. Број на денови до поникнување 38
5.1.1.2. Број на денови до братење 41
5.1.1.3. Број на денови до вретенисување 44
5.1.1.4. Број на денови до цветање и метличење 47
5.1.1.5. Број на денови до полна зрелост 50
5.1.2. Варијабилност на морфолошките својства 53
5.1.2.1. Висина на растение и висина на стебло 54
5.1.2.2. Должина на метличка 58
5.1.2.3. Број на примарни гранчиња во метличка 60
5.1.3. Варијабилност на производни својства 64
5.1.3.1. Број на продуктивни метлички на 1 m^2 66
5.1.3.2. Број на непродуктивни метлички на 1 m^2 70
5.1.3.3. Број на продуктивни и непродуктивни зрна во метличка 72
5.1.3.4. Маса на метличка и маса на продуктивни зрна во метличка 78
5.1.3.5. Биолошки принос 83
5.1.3.6. Маса на продуктивни метлички 86
5.1.3.7. Принос на зрно 90
5.1.3.8. Принос на слама 94
5.1.3.9. Жетвен индекс 98
5.1.3.10. Апсолутна маса на сиров и на бел ориз 102
5.1.3.11. Хектолитарска маса на сиров ориз 110
5.1.4. Варијабилност на технолошки својства 114
5.1.4.1. Анализа на добиените фракции по белењето на сировиот ориз 114
5.2. Параметри на варијабилност, наследност и селекциски потенцијал кај квантитативните својства 128
5.2.1. Коефициент на варијација кај квантитативните својства 128
5.2.2. Генотипски и фенотипски коефициент на варијација 131
5.2.3. Херитабилност во поширока смисла 134
5.2.4. Очекуван генетски напредок (GAM) 137
5.2.5. Стабилност на генотипските разлики меѓу годините 139
5.3. Генетски и фенотипски корелации помеѓу квантитативните својства 143

5.4. Path-анализа на директните ефекти врз масата на продуктивните зрна во метличка 146

5.5. Анализа на главни компоненти кај квантитативните својства 148

5.6. Варијабилност на квалитативни својства 152

5.6.1. Варијабилност на квалитативните својства на зрното 153

5.6.2. Варијабилност на квалитативните својства на метличката 154

5.6.3. Интегрирана анализа на квалитативните својства 157

5.7. Оцена на диверзитетот врз основа на фенотипската карактеризација 159

5.7.1. Фенотипска дистанца и кластерска анализа врз основа на квантитативните својства 159

5.7.2. Фенотипска дистанца и кластерска анализа врз основа на комбинирани квантитативни и квалитативни својства 162

5.7.3. Споредбена анализа на добиените кластери 165

6. ЗАКЛУЧОЦИ 167

7. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА 170

8. ПРИЛОГ – Метлички на испитуваните генотипови по кластери (Говерова дистанца) 184

1. ВОВЕД

Оризот (*Oryza sativa* L.) претставува една од најзначајните земјоделски култури во светот и основен извор на храна за голем дел од светската популација. Неговата широка распространетост, високата хранлива вредност и можноста за одгледување во различни агроеколошки услови, го прават оризот култура со големо производно, економско и прехранбено значење. Покрај глобалната важност, оризот има и посебно значење за Република Северна Македонија, каде што неговото производство е традиционално поврзано со Кочанската Котлина.

Во нашата земја, оризот претставува култура со долга традиција на одгледување, специфична технологија на производство и препознатлива употребна вредност. Кочанскиот ориз е дел од земјоделското, економското и гастрономското наследство на регионот, а домашните сорти, селекциски линии и месни популации претставуваат значаен дел од националната гермплазма од ориз. Сепак, во последните децении производството се соочува со намалување на површините, промени во производните услови и потреба од воведување и создавање сорти што ќе обезбедат стабилен принос, добар технолошки квалитет и подобра приспособеност кон локалните услови.

Унапредувањето на сортиментот кај оризот бара добро познавање на достапниот генетски материјал. Фенотипската карактеризација претставува основен чекор во тој процес, бидејќи овозможува процена на морфолошките, фенолошките, производните, технолошките и квалитативните својства на генотиповите. Преку таква процена може да се утврди степенот на варијабилност во колекцијата, да се издвојат генотипови со поволни својства и да се препознаат материјали со потенцијал за директна употреба во производството или за понатамошно вклучување во селекциски програми.

Посебно значење има анализата на квантитативните својства, бидејќи приносот, компонентите на приносот, должината на вегетацијата, растителната архитектура и технолошкиот квалитет се својства кои се под влијание и на генотипот и на условите на средината. Затоа, нивната процена не треба да се заснова само на средните вредности, туку и на параметри што ја опишуваат варијабилноста, наследноста, стабилноста и меѓусебната поврзаност на својствата. Ваквиот пристап овозможува појасно утврдување на селекциската вредност на испитуваната гермплазма од ориз.

Во овој труд се анализирани 53 генотипови ориз од домашно и странско потекло, одгледувани во агроеколошките услови на Кочанската Котлина, во текот на 2022 и 2023 година. Испитувањето опфаќа фенотипска карактеризација, процена на варијабилноста, анализа на селекцискиот потенцијал и утврдување на фенотипската сличност и различност меѓу генотиповите. Со тоа се обезбедуваат податоци што можат да придонесат кон подобро искористување на достапната гермплазма од ориз, зачувување на драгоцени генотипови и насочување на идните активности за унапредување на домашниот сортимент.

2. ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Имајќи го предвид значењето на оризот како традиционална и економски важна култура во Република Северна Македонија, како и потребата од подобро познавање, зачувување и искористување на достапниот генетски материјал од ориз, ова истражување беше насочено кон фенотипска карактеризација и процена на варијабилноста кај 53 генотипови ориз (*Oryza sativa* L.) од домашно и странско потекло. Испитуваниот материјал опфати македонски сорти, селекциски линии и една линија од месна популација, од Националната колекција на ориз при УКИМ Земјоделски институт – Скопје, како и интродуцирани сорти со потекло од Турција, Италија, САД, Грција, Русија и Бугарија.

Најголем дел од анализираните генотипови досега не биле систематски проучувани во агроеколошките услови на Кочанската Котлина, особено не преку истовремена процена на фенолошките, морфолошките, производните, технолошките и квалитативните својства. Поради тоа, истражувањето беше поставено со цел да се добие поцелосна слика за нивната агрономска вредност, меѓусебна фенотипска сличност и различност, стабилност на својствата во две производни години и потенцијал за понатамошна селекциска употреба.

Главната цел на ова истражување беше да се изврши детална фенотипска карактеризација на 53 генотипови ориз и врз основа на добиените резултати да се оцени нивната варијабилност, селекциски потенцијал и вредност како растителни генетски ресурси. Истражувањето беше насочено кон утврдување на ефектот на генотипот, годината и нивната интеракција врз квантитативните својства, како и кон издвојување на својства и генотипови со практично значење за производство, зачувување и селекција.

Главната цел беше реализирана преку следните потцели:

– фенотипска карактеризација на испитуваните генотипови ориз врз основа на фенолошки, морфолошки, производни, технолошки и квалитативни својства;

– процена на варијабилноста на квантитативните својства и утврдување на влијанието на генотипот, годината и интеракцијата генотип × година врз нивната експресија;

– пресметување на основните параметри на варијабилност, генотипскиот и фенотипскиот коефициент на варијација, херитабилноста во поширока смисла и очекуваниот генетски напредок, како показатели за селекцискиот потенцијал на анализираните својства;

– утврдување на фенотипските и генотипските корелации меѓу квантитативните својства, со посебен акцент на својствата поврзани со приносот и продуктивноста на метличката;

– примена на path-анализа за раздвојување на директните и индиректните ефекти на избрани својства врз масата на продуктивните зрна во метличка;

– примена на анализа на главни компоненти, со цел да се издвојат својствата што најмногу придонесуваат за вкупната фенотипска варијабилност;

– процена на фенотипската оддалеченост меѓу генотиповите врз основа на квантитативните својства, како и интегрирана процена на диверзитетот преку комбинирање на квантитативните и квалитативните дескриптори;

– групирање на генотиповите според нивната фенотипска сличност и различност, со цел да се издвојат потенцијално слични генотипови, изразено дивергентни форми и материјал со поволна комбинација на својства;

– идентификација на генотипови со потенцијал за директна употреба во производството, за долгорочно зачувување во ген-банка и за понатамошно вклучување во селекциски програми.

Добиените резултати овозможуваат подобро дефинирање на фенотипската структура на испитуваната колекција од ориз и издвојување на генотипови со специфични агрономски, производни и технолошки карактеристики. Од практичен аспект, резултатите можат да придонесат кон избор на генотипови погодни за производство во домашни услови, додека од научен и селекциски аспект тие претставуваат основа за рационално користење на гермплазмата од ориз, зачувување на генетски ресурси со голема вредност и насочување на идните програми за подобрување на оризот.

3. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

3.1. Оризот како глобално значајна житна култура: потекло, систематика и употребна вредност

Оризот (*Oryza sativa* L.) е една од најважните житни култури во светот и претставува основен извор на храна за голем дел од светската популација. Се користи во исхраната на многу луѓе, од времето на неговото одомаќинување (Deng et al., 2021), па сè до денес. Неговото значење произлегува од високата застапеност во секојдневната исхрана, добрата хранлива вредност, широката употреба во различни прехранбени производи и способноста да се одгледува во разновидни агроеколошки услови. Белиот ориз обезбедува значаен дел од дневниот енергетски внес кај населението во голем број земји, особено во Азија, каде што оваа култура има централно место во исхраната, економијата и земјоделското производство (World Rice Statistics, IRRI; Dwipa et al., 2020).

Археолошките и генетските истражувања укажуваат дека оризот бил култивиран пред околу 8 000-9 000 години (Fuller et al., 2010; Deng et al., 2021). Најчесто, како едно од главните подрачја на неговото првично одомаќинување се наведува регионот на реката Јангце во Кина, каде што постоеле поволни услови за премин од собирање диви форми кон организирано одгледување (Nakamura, 2010; Zhao, 2011; Cohen, 2011; Zheng et al., 2016; Deng et al., 2021). Долгиот период на култивирање, природна адаптација и селекција овозможил создавање голем број форми, сорти и локални популации приспособени кон различни климатски, почвени и производни услови. Поновите геномски анализи ја потврдуваат сложеноста на овој процес и укажуваат дека различните генетски групи на азискиот ориз имале различна доместикациска историја (Lu et al., 2022), при што, меѓу подвидовите *japonica* и *indica* се утврдени и разлики во митохондријалниот геном, настанати во текот на селекцијата (Cheng et al., 2019).

Оризот се одликува со исклучително широка агроеколошка приспособливост. Се одгледува во региони со различни температурни режими, од умерено топли области во јужна Европа до тропски и суптропски подрачја во Азија, Африка и Америка. Производството е застапено и во области со многу различна количина на врнежи, како и на различни надморски височини, од алувијални речни делти до планински падини. Според Ferrero & Tinarelli (2008), оризот може да се одгледува во услови со просечни температури во вегетацијата од околу 18 °C до над 30 °C, како и во подрачја со големи разлики во годишните врнежи. Оваа способност за адаптација го прави оризот култура со исклучително значење за глобалната сигурност на храната.

Од систематски аспект, оризот припаѓа на фамилијата *Poaceae*, потфамилија *Oryzoideae* и родот *Oryza*. Во рамките на родот *Oryza* се познати повеќе диви и култивирани видови, но во земјоделското производство најголемо значење има азискиот ориз (*Oryza sativa* L.), додека африканскиот ориз (*Oryza glaberrima*) има ограничено регионално значење. Дивите сродници на оризот претставуваат важен извор на гени за отпорност, адаптабилност и други селекциски значајни својства. Култивираниот ориз (*Oryza sativa* L.) настанал преку долготраен процес на доместикација и селекција од диви сродници, при што се оформиле групи со различна морфолошка, физиолошка и еколошка приспособеност, меѓу кои најзначајни се *japonica* и *indica* (Wang et al., 2018; Gutaker et al., 2020; Lu, 2023; Wang et al., 2023; Berdugo-Cely et al., 2025).

Покрај ботаничката и агрономската важност, оризот има и големо технолошко значење. Во зависност од степенот на преработка на сировото зрно, односно арпата, се добиваат различни производи: лупен ориз, бел ориз, глазиран ориз и витаминизиран ориз (парбоилд). Во процесот на преработка се добиваат и споредни фракции, како кршен ориз, оризови трици, плевици и лушпи (Андреевска & Андов, 2015). Овие производи и фракции имаат различна економска, технолошка и нутритивна вредност, поради што својствата поврзани со преработката се важен дел од оценувањето на квалитетот на оризот.

3.2. Производствени трендови и значење на оризот во светот и во Република Северна Македонија

Производството на ориз има стратешко значење за обезбедување стабилна количина храна во светски рамки. Во современото оризопроизводство, главните предизвици се поврзани со зголемување и стабилизирање на приносот, подобрување на квалитетот на зрното, намалување на трошоците и ограничување на негативното влијание врз животната средина (Yang et al., 2026). Овие цели стануваат сè поважни во услови на климатски промени, растечка популација и зголемена потреба од ефикасно користење на земјоделските ресурси. Стабилноста на приносот во променливи услови е потврдена како посебен предизвик и во повеќегодишни и повеќелокациски огледи кај ориз (Wu et al., 2021; Ahmed et al., 2024).

Според податоците на FAOStat (Табела 1), во 2022 година површините под ориз во светот изнесувале околу 165 милиони хектари. Најголемиот дел од производството е концентриран во Азија, каде што оризот е основна култура и главен извор на храна за населението. Вкупното светско производство на ориз во 2023 година изнесувало околу 799,9 милиони тони, со просечен принос од 4 751 kg/ha. Најголем производител е Народна Република Кина, по која следуваат: Индија, Бангладеш, Индонезија, Виетнам, Тајланд, Мјанмар, Филипини, Пакистан и Јапонија.

Табела 1. Држави со најголемо производство, ожнеани површини и принос на ориз во 2022 и 2023 година

Држава	Производство на ориз (t)		Ожнеана површина (ha)		Принос на ориз (kg/ha)	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Кина	210 070 800	208 064 200	29 689 000	29 171 100	7 076	7 132
Индија	196 245 700	206 727 000	46 400 000	47 828 000	4 229	4 322
Бангладеш	57 189 193	58 613 458	11 692 365	11 641 645	4 891	5 034
Индонезија	54 748 977	53 980 993	10 452 672	10 213 705	5 238	5 285
Виетнам	42 672 339	43 497 625	7 089 024	7 115 058	6 019	6 113
Тајланд	34 317 028	33 070 957	11 484 233	11 189 393	2 988	2 956
Мјанмар	24 680 200	25 650 000	6 899 300	6 463 645	3 577	3 968
Филипини	19 756 392	20 059 562	4 804 498	4 815 813	4 112	4 165
Пакистан	10 983 081	14 803 800	2 976 239	3 636 994	3 690	4 070
Јапонија	10 363 900	10 136 000	1 497 500	1 478 300	6 921	6 856

Извор: FAOStat

Во Европа производството на ориз е концентрирано во неколку земји со поволни климатски и водни услови. Италија е најголем производител во Европа, со производство од околу 1,3 милиони тони во 2023 година и просечен принос од 6 557 kg/ha. Значајно производство имаат и Турција, Шпанија, Португалија и Грција. На Балканскиот Полуостров, според податоците на FAOStat за 2023 година, најголемо производство има Грција, по што следуваат Бугарија и Република Северна Македонија.

Оризот има долга традиција на одгледување во нашата земја, особено во Кочанскиот регион, каде што природните услови и традиционалните производни практики овозможиле развој на препознатливо домашно оризопроизводство. Во периодот од 1939 до 2014 година, во Македонија просечно биле засеани 4 926 ha под ориз, со просечен принос на сиров ориз од 4 692 kg/ha и просечно годишно производство од 23 145 t (Андреевска & Андов, 2015). Најголемата застапеност на оваа култура е забележана во осумдесеттите години на XX век, кога површините под ориз достигнале 9 675 ha, просечниот принос на сиров ориз изнесувал 5 100 kg/ha, а вкупното производство 49 342 t.

По осамостојувањето на Република Македонија, производството на ориз се соочило со крупни промени. Површините под ориз се намалиле, делумно како резултат на пазарните промени, организациските проблеми во земјоделството и промените во економската исплатливост на производството. Во 1994 година била евидентирана минимална застапеност од 1 200 ha. Во подоцнежниот период производството постепено се стабилизирало, но останало значително под историскиот максимум.

Во периодот 2014-2023 година (Табела 2), повторно се забележува намалување на засеаните површини, од околу 5 000 ha на околу 3 000 ha. Сепак, просечниот принос останува релативно стабилен и се движи околу 6 000 kg/ha, поради што вкупното производство се одржува на приближно 20 000 t годишно (ДЗС, Статистички годишник на РСМ, 2019 и 2024). Овој тренд покажува дека домашното производство располага со потенцијал кој може подобро да се искористи преку унапредување на сортиментот, воведување адаптирани генотипови и подобрување на агротехничките практики.

Табела 2. Производството на ориз во РС Македонија, ожнеани површини и принос на ориз во периодот 2014 – 2023 година

Година	Производство на ориз (t)	Ожнеана површина (ha)	Принос на ориз (kg/ha)
2014	30 500	5 174	5 895
2015	30 527	5 018	6 124
2016	24 792	5 040	4 919
2017	17 080	3 500	5 217
2018	19 732	3 222	6 124
2019	21 278	3 555	6 113
2020	19 518	3 177	6 144
2021	18 962	3 111	6 095
2022	18 981	3 114	6 095
2023	19 997	3 177	6 324
просек:	**22 136,7**	**3 808,8**	**5 905**

Извор: ДЗС, Статистички годишник на РСМ, 2019 и 2024

3.3. Оризот во македонската традиционална исхрана и во локалната култура

Оризот има истакнато место во традиционалната исхрана на населението во РС Македонија, особено во подрачјата каде што историски се одгледува оваа култура. Во Кочанскиот Регион, оризот не претставува само земјоделски производ, туку и дел од локалниот идентитет, традицијата и гастрономското наследство. Неговата примена во исхраната е поврзана со достапноста, хранливата вредност, лесната подготовка и можноста за употреба на различните фракции добиени при преработката.

Едно од автентичните традиционални јадења е кочанската лапа, која се подготвува од кршен ориз, односно уфак, и афион. Ова јадење претставува пример за рационално искористување на фракциите што се добиваат при белењето на оризот. Семето од афион, кое се пече и толчи, го збогатува вкусот и ја зголемува енергетската вредност на јадењето. На тој начин, традиционалната кујна покажува дека и споредните фракции од оризот имале своја практична и нутритивна вредност.

Кочанската тава е едно од најпознатите традиционални јадења со ориз и претставува препознатлив дел од локалната гастрономија. Оризот се користи и во различни солени јадења, како и во десерти, меѓу кои најпознати се сутлијашот и зердето. Сутлијашот се приготвува со млеко, додека зердето се приготвува со вода и претставува едноставно, лесно сварливо јадење богато со јаглехидрати.

Разновидната употреба на оризот во традиционалната исхрана ја потврдува неговата економска, нутритивна и културна вредност. Во контекст на зачувување на домашните генетски ресурси, традиционалната употреба дополнително ја нагласува потребата од одржување и карактеризација на локално адаптираните сорти и линии. Нивните својства се важни не само за производството, туку и за зачувување на традиционалниот квалитет и препознатливоста на домашниот ориз (Андреевска & Андов, 2015). Традиционалната употреба и локалната препознатливост се меѓу главните причини поради кои производителите продолжуваат да ги одгледуваат локалните форми, што ги прави важен елемент на конзервацијата на самото производствено место (Kumari & Choudhary, 2025; Wong et al., 2026).

3.4. Генетска разновидност и селекциска вредност на гермплазмата од ориз

Генетската разновидност на оризот (*Oryza sativa* L.) претставува основа за адаптација, стабилно производство и долгорочно подобрување на културата. Разновидноста во рамките на видот овозможува присуство на различни алелни комбинации, кои можат да бидат значајни за принос, квалитет, отпорност кон болести, толерантност кон абиотски стресови и приспособливост кон различни производни услови.

Во рамките на *Oryza sativa* L. се издвојуваат две главни генетски групи, *indica* и *japonica*, кои се разликуваат според еволутивното потекло, морфологијата, физиологијата и адаптацијата. Овие групи настанале преку различни процеси на доместикација и селекција од дивиот предок *Oryza rufipogon*. Степенот на генетска разновидност може да варира меѓу *indica* и *japonica*, зависно од составот и потеклото на анализираната колекција (Hour et al., 2020). Затоа, диверзитетот на гермплазмата од ориз секогаш треба да се разгледува во контекст на географското потекло, селекциската историја и типот на материјалот.

Истражувањата покажуваат дека, на ниво на подвидови, *japonica* покажува поголем диверзитет од *indica* кај глобалните колекции, но кај одделни колекции односот може да биде обратен (Hour et al., 2020). Својствата како принос, број на зрна во метличка,

висина на растението и фертилноста на метличките придонесуваат со 94,8 % кон вкупната дивергенција меѓу генотиповите (Sheeba et al., 2023).

Познавањето на генетската разновидност е неопходно за планирање успешни селекциски програми. Изборот на родителски форми за хибридизација зависи од степенот на генетска и фенотипска оддалеченост, како и од присуството на комплементарни својства (Berdugo-Cely et al., 2025). Колку е подобро позната разновидноста на материјалот, толку е поголема можноста селекционерот да избере комбинации што ќе обезбедат поширока сегрегација и поголема веројатност за добивање потомство со пожелни својства.

Локалните сорти и популации имаат посебна вредност како дел од гермплазмата од ориз. Тие се резултат на долготрајна адаптација кон специфични агроеколошки услови и на континуирана селекција од страна на производителите. Нивната вредност произлегува од присуството на фенотипска и генетска разновидност, која може да биде поврзана со приносот, големината и квалитетот на зрното, адаптабилноста и други агрономски значајни својства. Иако современите комерцијални сорти често имаат повисок и постабилен принос, локалните популации можат да содржат алели и комбинации на својства што се ретко застапени или изгубени во современиот сортимент, поради што нивната карактеризација, зачувување и селекциска употреба имаат посебно значење (Chigira et al., 2020; Hour et al., 2020; Vasumathy & Alagu, 2021; Kapazoglou et al., 2023; Wong et al., 2026). Ова е потврдено и кај турските локални популации ориз (Konak et al., 2021), кај локалните сорти од Пакистан (Fazal et al., 2022) и кај локалните форми оценети преку комбиниран сет агро-морфолошки и квалитетни својства (Gautam et al., 2025).

Современото оризопроизводство во многу региони се потпира на ограничен број високоприносни сорти, што може да доведе до стеснување на генетската основа. Замената на традиционалните форми со униформни современи сорти го зголемува ризикот од губење на локалната разновидност и од намалување на селекцискиот потенцијал (Das et al., 2013; Berdugo-Cely et al., 2025). Дополнително, процесите на доместикација и насочена селекција веќе довеле до редукција на дел од генетската варијабилност кај култивираниот ориз во споредба со неговите диви сродници (Lu et al., 2022).

Развојот на молекуларните методи овозможува подетално проучување на генетската структура, еволуцијата и поврзаноста меѓу генотипот и фенотипот. Анализата на SNP-маркери, структурни варијанти, ресеквенционирање и асоцијативни студии овозможува идентификација на нови алели и генетски региони поврзани со селекциски значајни својства (Li et al., 2014; Zhao et al., 2018; Wang et al., 2019; Berdugo-Cely et al., 2025). Сепак, фенотипската карактеризација останува неопходен прв чекор, бидејќи овозможува директна процена на агрономската и производната вредност на материјалот.

3.5. Зачувување на генетски ресурси од ориз и ризик од генетска ерозија

Зачувувањето на растителните генетски ресурси има суштинско значење за долгорочна стабилност на земјоделското производство. Кај оризот, ова е особено важно бидејќи генетската разновидност претставува основа за адаптација кон климатски промени, појава на нови патогени, промени во производните системи и зголемени барања за квалитет и принос. Разновидната гермплазма обезбедува материјал од кој може да се издвојат генотипови со корисни својства за идните селекциски програми.

Генетската ерозија претставува процес на намалување или губење на локални сорти, традиционални популации и специфични алелни комбинации. Таа, најчесто, е резултат на замена на локалните форми со современи, униформни и комерцијално поатрактивни сорти. Иако современите сорти можат да обезбедат повисок принос и поголема економска исплатливост, нивната широка употреба може да ја намали генетската разновидност и да ја зголеми ранливоста на културата кон биотски и абиотски стресови. Во современото земјоделско производство често се фаворизира ограничен број високоприносни сорти, што може да доведе до стеснување на генетската база и зголемување на генетската униформност (Zapico et al., 2020).

Старите сорти, локалните популации и селекциските линии претставуваат значаен извор на корисна варијабилност во гермплазмата од ориз. Тие можат да содржат својства поврзани со адаптабилност, отпорност кон биотски и абиотски стресови, стабилен принос и специфичен квалитет на зрното. Рационалното користење на ваквиот материјал е особено важно во услови на климатски промени, бидејќи стеснувањето на генетската основа на современите сорти ја намалува способноста на културата да одговори на нови производни предизвици (Hour et al., 2020; Vasumathy & Alagu, 2021; Behera et al., 2023; Salgotra & Chauhan, 2023; Maxted & Magos Brehm, 2026). Затоа, нивното зачувување не е само конзервациска мерка, туку и практична инвестиција во идното подобрување на културата. Прегледите на локалните оризови генетски ресурси покажуваат дека токму таквите форми носат својства што недостасуваат кај современиот сортимент и дека нивното документирање е предуслов за нивно користење (Wong et al., 2026).

Зачувувањето на гермплазмата од ориз може да се спроведува преку *in situ* и *ex situ* пристапи. *In situ* конзервацијата овозможува локалните популации да продолжат да се одгледуваат и адаптираат во нивната природна или традиционална производна средина. *Ex situ* конзервацијата, пак, овозможува долгорочно чување на семенски материјал во ген-банки, каде што примероците може да се регенерираат, карактеризираат, документираат и користат во научни и селекциски истражувања.

Во услови на климатска непредвидливост, зачувувањето на локално адаптираните генотипови добива уште поголемо значење. Современото земјоделство мора да располага со широка генетска база за да може да одговори на променливите услови на производство. Затоа, карактеризацијата, документацијата и долгорочното чување на гермплазмата од ориз претставуваат предуслов за спречување на генетска ерозија и за рационално користење на достапниот селекциски потенцијал (Ficiciyan et al., 2018; Ngongolo & Mmbando, 2024).

3.6. Влијание на современите трендови врз генетската ерозија

Современите трендови во земјоделското производство имаат силно влијание врз генетскиот диверзитет на оризот и претставуваат еден од главните фактори за појава на генетска ерозија. Овој процес се однесува на постепено намалување или губење на локалните сорти, автохтоните популации и традиционалните генетски ресурси, како резултат на нивна замена со ограничен број високоприносни и комерцијално поатрактивни сорти. Еден од најважните фактори што придонесува за генетска ерозија е интензивирањето на земјоделското производство и насоченоста кон максимизирање на приносот. Во такви услови, земјоделците сè почесто ги напуштаат традиционалните локални сорти и ги заменуваат со современи сорти кои се одликуваат со повисок производен потенцијал, пократка вегетација, поголема униформност и подобра приспособеност кон барањата на пазарот и преработувачката

индустрија. Иако ваквите сорти можат да придонесат за повисока економска исплатливост на производството, нивната широка примена води кон намалување на генетската разновидност и поголема изедначеност на одгледуваните популации.

Генетската униформност ја ограничува приспособливоста на културата и ја зголемува нејзината чувствителност кон биотски и абиотски стресови. Локалните сорти, кои низ подолг временски период се приспособувале на специфични агроеколошки и микроклиматски услови, често поседуваат корисни гени за отпорност кон болести, штетници, суша, ниски температури, засоленост на почвите и водата за наводнување или други неповолни фактори. Со нивното исчезнување се губат и вредни алелни комбинации кои можат да бидат од големо значење за идните селекциски програми, особено во услови на климатски промени и појава на нови патогени, како што е причинителот на пламеница кај оризот (*Pyricularia oryzae*). Ова е особено критично затоа што кај локалните колекции се утврдува висока генетска варијабилност и висок селекциски потенцијал за приносните својства (Yadav et al., 2023; Modarresi, 2026).

Покрај производните фактори, важна улога имаат и современите пазарни барања, кои сè повеќе фаворизираат стандардизиран квалитет, униформен изглед на зрното, стабилни технолошки својства и препознатливи комерцијални карактеристики. Како последица на тоа, производителите често се ориентираат кон ограничен број сорти што најдобро одговараат на потребите на пазарот, додека локалните вариетети со специфични агрономски, квалитативни или гастрономски вредности постепено се занемаруваат.

Современите биотехнолошки и селекциски пристапи имаат двојна улога во овој процес. Од една страна, тие овозможуваат зачувување, карактеризација и подобрување на генетските ресурси преку напредни методи на селекција, молекуларна анализа и ген-банки. Од друга страна, доколку се користат исклучиво за создавање и ширење на мал број високопродуктивни сорти, можат дополнително да придонесат за потиснување на локалниот генетски диверзитет.

Во Македонија, ризикот од генетска ерозија е особено изразен во подрачјата со традиционално одгледување ориз, вклучувајќи ги кочанско, блатечко-виничко, штипско и велешко, каде што локалните популации се обликувале во различни агроеколошки услови. Пред повеќе децении, во оризопроизводството во нашата земја биле застапени две месни популации ориз - *месен блатец* и *мас'рка*. Нивниот изворен семенски материјал со текот на времето бил изгубен. Генотипот *месен блатец,* вклучен во листата на генетскиот материјал испитуван во рамките на оваа дисертација, претставува линија што потекнува од истоимената месна популација. Домашните сорти и линии претставуваат вреден дел од националниот генетски фонд, бидејќи се одликуваат со локална адаптираност, специфичен квалитет и значење за традиционалното производство. Меѓутоа, нивното одгледување сè повеќе е под притисок од воведени странски сорти, особено оние што обезбедуваат повисок принос и поднесуваат поинтензивна агротехника, но и оние кои при преработка имаат подобри технолошки својства и кои се економски поисплатливи. Затоа, зачувувањето, карактеризацијата и одржливото користење на домашните генотипови претставуваат неопходна основа за спречување на генетската ерозија и за обезбедување долгорочна стабилност на производството на ориз во земјата.

3.7. Ген-банки и документација на гермплазма од ориз

Ген-банките претставуваат основни институции за долгорочно зачувување на растителните генетски ресурси. Нивната улога не се ограничува само на физичко

чување на семето, туку опфаќа и собирање, регенерација, карактеризација, евалуација, документација и дистрибуција на материјалот за научни, селекциски и образовни цели. Кај оризот, ген-банките имаат особено значење бидејќи овозможуваат зачувување на огромната разновидност создадена преку доместикација, природна адаптација и селекција.

Оризот е една од културите со најобемно зачувана гермплазма на светско ниво. Во меѓународните и националните ген-банки се чуваат бројни локални популации, стари сорти, селекциски линии и диви сродници, кои претставуваат основа за зачувување на генетската разновидност и за идно подобрување на културата (Wang et al., 2018; Hour et al., 2020).

Еден од најголемите светски центри за зачувување на оризова гермплазма е Меѓународната ген-банка за ориз при Меѓународниот институт за истражување на оризот (IRRI), лоциран во Лос Бањос, Филипини. Оваа ген-банка располага со една од најразновидните колекции на ориз во светот, со над 132 000 примероци, од повеќе од 130 земји (IRRI, 2025). Во колекцијата се застапени традиционални сорти, локални популации, селекциски материјал, напредни линии и диви сродници.

Значајна улога има и Националната ген-банка на Индија, која функционира во рамките на Индискиот совет за земјоделски истражувања - Национално биро за растителни генетски ресурси (ICAR–NBPGR). Според официјалниот статус на базната колекција на семенската ген-банка, заклучно со 1 јануари 2026 година, во неа се чуваат 118 810 примероци на ориз. Овој податок ја потврдува водечката улога на Индија во зачувувањето на оризовите генетски ресурси.

Кина, како еден од центрите на потекло и диверзитет на оризот, располага со обемни колекции во институции поврзани со Кинеската академија на земјоделски науки (CAAS) и Кинеската национална ген-банка (CNGB). Во овие колекции се чуваат десетици илјади примероци од култивиран ориз и негови диви сродници. Овие ресурси имаат голема важност за проучување на еволуцијата, доместикацијата и генетската основа на важни агрономски својства.

Во Африка, значајна институција е Африканскиот центар за ориз, порано позната како WARDA. Во рамки на Центарот за биодиверзитет на ориз во Африка, се чуваат примероци од *Oryza sativa*, *Oryza glaberrima* и диви сродници на оризот. Овој материјал има голема вредност за селекциски програми насочени кон африканските агроеколошки услови и за подобрување на адаптабилноста и отпорноста на оризот.

Во САД, гермплазмата од ориз се чува во Националниот систем за растителна гермплазма (NPGS), кој функционира во склоп на Министерството за земјоделство на Соединетите Американски Држави (USDA). Дел од генетските ресурси на оризот се одржуваат во колекцијата „Генетски ресурси на родот *Oryza*“ (GSOR), сместена во Националниот истражувачки центар за ориз „Дејл Бамперс“ во Штутгарт, Арканзас, САД. Оваа колекција има значење за чување, документација и дистрибуција на генетски и молекуларно карактеризирани ресурси.

Во Европа, EURISCO претставува централен дигитален каталог за растителни генетски ресурси зачувани *ex situ,* во европски ген-банки и колекции. EURISCO не е класична ген-банка, туку информациски систем што обединува податоци за повеќе од 2 милиони примероци од земјоделски култури и нивни диви сродници, зачувани во околу 400 институции од 43 земји. Преку овој систем се обезбедува видливост и

достапност на податоците за растителните генетски ресурси, вклучително и за примероци од родот *Oryza*.

Во РС Македонија, во рамките на Националната семенска колекција на УКИМ Земјоделски институт – Скопје, се чува колекција од ориз која опфаќа 166 примероци. Нивните пасошки податоци се внесени во базата на EURISCO, што овозможува домашниот генетски материјал да биде видлив во европскиот систем за документација на растителни генетски ресурси (Монографија 80 години Земјоделски институт – Скопје, 2024, Поглавје 10).

3.8. Фенотипска карактеризација на ориз

Фенотипската карактеризација претставува основен пристап за процена на варијабилноста, идентификацијата и селекциската вредност на генотиповите ориз. Таа овозможува систематско оценување на морфолошки, фенолошки, производни и квалитетни својства, преку кои може да се утврди степенот на разновидност и практичната употребливост на испитуваниот материјал (Kioko et al., 2015). Ваквиот пристап редовно се применува при оценување на колекции ориз, каде што анализата на варијабилноста, корелациите и генетската дивергентност овозможува издвојување на елитен материјал за селекција (Islam et al., 2019; Periyasamy et al., 2026).

Карактеризацијата на генетските ресурси има двојна улога. Од една страна, обезбедува податоци за документација, идентификација и зачувување на гермплазмата. Од друга страна, овозможува препознавање на генотипови со корисни својства што можат да се вклучат во селекциски програми (Subba Rao et al., 2015). Без ваква процена, ген-банките би претставувале само физички колекции на семенски материјал, без доволно информации за неговата агрономска, технолошка и селекциска вредност.

Фенотипското профилирање е особено важно кај колекции што опфаќаат сорти со различно потекло, селекциска историја и адаптација. Долготрајното одгледување на оризот во различни услови довело до создавање генотипови со различна висина, должина на вегетација, структура на метличка, приносен потенцијал, крупност на зрното и технолошки квалитет (Park et al., 2019). Ваквата варијабилност може да се искористи само доколку е систематски измерена, опишана и поврзана со селекциските цели.

Во современите истражувања, фенотипската карактеризација најчесто се комбинира со статистички и мултиваријантни анализи. Анализата на варијанса, корелациската анализа, анализата на главни компоненти и кластерската анализа овозможуваат да се издвојат својствата што најмногу придонесуваат кон диференцијацијата на генотиповите. На тој начин, фенотипските податоци не служат само за опис, туку и за утврдување на селекциски важни односи меѓу својствата (Bollinedi et al., 2020; Madhubabu et al., 2020).

3.9. Дескриптори за карактеризација на оризот

За да биде фенотипската карактеризација споредлива и употреблива, неопходна е примена на стандардизирани дескриптори. Дескрипторите овозможуваат унифицирано опишување на својствата на растението, метличката и зрното, како и споредување на резултатите меѓу различни истражувања, колекции и институции. Кај оризот, ваквиот пристап е особено важен бидејќи оваа култура има голем број морфолошки и агрономски варијации.

Дескрипторите може да бидат квантитативни и квалитативни. Квантитативните дескриптори се мерливи својства изразени со нумерички вредности, како висина на растение, должина на метличка, број на продуктивни метлички, број на зрна, маса на зрно, принос и број на денови до одредена фенолошка фаза. Овие својства најчесто се под полигенска контрола и во различен степен зависат од условите на средината.

Квалитативните дескриптори се својства што најчесто се оценуваат визуелно и се изразуваат преку категории или кодови. Кај оризот тука спаѓаат бојата на растителните органи, присуството и бојата на осилките, хабитусот на метличката, збиеноста на метличката и други јасно видливи морфолошки белези. Овие својства имаат значење при идентификација, разграничување и опис на генотиповите, особено кога се комбинираат со квантитативните показатели.

Комбинираната примена на квантитативни и квалитативни дескриптори обезбедува поцелосна процена на фенотипската структура на материјалот (Van Zonneveld et al., 2015; Tripodi et al., 2018). Квантитативните својства даваат информации за продуктивноста, адаптацијата и технолошката вредност, додека квалитативните својства овозможуваат визуелно препознавање и документација на специфични форми. Затоа, двата типа дескриптори се комплементарни и заедно придонесуваат за подобра валоризација на гермплазмата од ориз. Ваквиот комбиниран пристап е потврден и во поновите карактеризации на гермплазма од ориз (Fazal et al., 2022; Gautam et al., 2025).

3.9.1. Фенолошки својства кај оризот

Фенолошките својства го опишуваат времетраењето и динамиката на развојните фази кај оризот. Тие се важни за процена на адаптабилноста на генотиповите кон конкретни производни услови, за планирање на агротехничките мерки и за избор на сорти со соодветна должина на вегетациски период. Во оваа група спаѓаат бројот на денови до никнење, братење, вретенисување, метличење, цветање и полна зрелост. Времето на метличење кај оризот е под заедничка контрола на должината на денот и температурата, кои дејствуваат синергистички и ја определуваат регионалната адаптација на сортите (Zong et al., 2024).

’Ртењето на семето претставува физиолошки премин од дормантност кон активен раст и започнува со апсорпција на вода (Xiao et al., 2025). Во производството на ориз, особено при директна сеидба, брзото и изедначено ’ртење е важно за воспоставување рамномерен посев. Овој процес зависи од температурата, влажноста, светлината, фитохормоните и генетската основа на генотипот (Lai et al., 2016; Zhang et al., 2017; Xiao et al., 2025).

Бројот на денови до никнење го опфаќа периодот од сеидба до појава на никулецот над површината на почвата. Кај оризот, колеоптилата го штити првиот лист при пробивање низ почвата, а по изложување на светлина нејзиниот раст постепено запира и започнува понатамошниот развој на младото растение (Fan et al., 2026). Ова својство е важно за почетната енергија на растението и за формирање стабилен склоп. Варијабилноста во должината на периодот до цветање е потврдена и при теренско оценување на обемни колекции ориз, каде што ова својство се користи како критериум за избегнување суша преку скратување на вегетацијата (Ahmad et al., 2020).

Братењето претставува фаза во која се формираат дополнителни стебла, односно братимки, од пазувните пупки во основата на главното стебло. При фенолошката карактеризација треба јасно да се разграничат два различни показатели: должината на

периодот од сеидба до почетокот на братењето, односно до појавата на првата братимка, и времетраењето на самата фаза братење, од нејзиниот почеток до завршувањето на формирањето нови братимки. Во производна смисла, најважно е формирањето продуктивни братимки, кои подоцна развиваат метлички со зрна. Генетската регулација на братењето е поврзана со повеќе механизми, меѓу кои значајна улога има генот MONOCULM 1 (MOC1), кој учествува во формирањето и растот на пазувните пупки (Shao et al., 2019).

Вретенисувањето го означува почетокот на репродуктивниот развој и се карактеризира со издолжување на интернодиите и развој на метличката во рамките на најгорната лисна обвивка (Leonards, 2010). Овој процес е поврзан со преминот од вегетативна кон репродуктивна фаза и е регулиран од хормонални и генетски фактори, особено од патеките поврзани со гиберелините и абсцизинската киселина (Liu et al., 2014; Xie et al., 2024).

Метличењето претставува појава на метличката од лисниот ракавец на листот знаменосец. Цветањето обично започнува непосредно по метличењето и претставува една од најчувствителните фази во развојот на оризот. Температурните екстреми во оваа фаза можат да предизвикаат стерилност на поленот и намалена фертилност на клавчињата (spikelet fertility), што доведува до зголемен удел на штури или недоволно налеани зрна (Chen et al., 2021).

По цветањето започнува периодот на налевање и зреење на зрното. Во оваа фаза се акумулираат резервни материи, главно скроб, во ендоспермот, се зголемува масата на зрното и постепено се намалува содржината на влага. Зрното поминува низ млечна, восочна и полна зрелост (Dunand & Saichuk, 2014). Во овој процес учествуваат повеќе гени и транскрипциски фактори, меѓу кои, OsbZIP58 има важна улога во регулација на биосинтезата на скроб (*Wang* et al., 2013), додека OsSGR е поврзан со деградацијата на хлорофилот и сенесценцијата (Jiao et al., 2020).

3.9.2. Архитектура на растенијата и својства на стеблото

Архитектурата на растенијата кај оризот силно влијае врз продуктивноста, отпорноста кон полегнување и ефикасноста на искористување на просторот и светлината. Висината на растението е едно од најважните агрономски својства, бидејќи е поврзана со формирањето биомаса, жетвениот индекс, стабилноста на стеблото и конечниот принос (Niu et al., 2021).

Според Стандардниот систем за евалуација на оризот на IRRI, сортите може да се класифицираат според висината како полуџуџести, средно високи и високи. Високите растенија обично се поподложни на полегнување, особено при интензивна азотна исхрана, што може да го намали приносот и да ја отежни жетвата (Chigira et al., 2020). Bhadru et al. (2011), исто така, укажуваат дека висината на растението е важна за прифаќањето на сортите од страна на производителите.

Во Македонија, во различни периоди, се одгледувале релативно повисоки сорти ориз (Андреевска и сор., 2012; Андов и сор., 2012, 2017). Иако дел од нив имале добар производен потенцијал, нивната примена во интензивни производни системи била ограничена поради поголема подложност кон полегнување, особено при повисоки дози на азотни ѓубрива (Simeonovska et al., 2019).

Висината на растението е сложено квантитативно својство контролирано од повеќе гени. Идентификувани се гени поврзани со клеточна делба, издолжување на интернодиите, развој на клеточниот ѕид и хормонална регулација (Asano et al., 2010;

Luan et al., 2011; Liu et al., 2012; He et al., 2022). Особено значаен е полуџуџестиот ген sd1, чија примена во селекцијата била еден од клучните фактори на Зелената револуција кај оризот. Воведувањето на овој ген овозможило создавање пониски, попродуктивни и сорти поотпорни на полегнување (Gaur et al., 2020; Peng et al., 2021).

Сепак, употребата на полуџуџестиот тип има и ограничувања. Понатамошното зголемување на приносот не може да се темели само на намалување на висината на растението, бидејќи приносот зависи од комплексна комбинација на биомаса, број на продуктивни метлички, структура на метличката, маса на зрното и жетвен индекс (Cheng et al., 2022). Поновите геномски студии покажуваат дека висината на стеблото, должината на метличката и времето на метличење се контролирани од делумно заеднички локуси, од кои само дел остануваат стабилни низ различни средини (Kwak et al., 2026), додека анализите на комбинациска способност укажуваат на претежно адитивна генетска основа на овие својства (Jeke et al., 2026).

3.9.3. Метличка, зрно и продуктивни компоненти

Метличката претставува главен генеративен орган кај оризот и има директно значење за формирањето на приносот. Нејзината должина, маса, разгранување, број на зрна, број на продуктивни и непродуктивни зрна и степенот на налевање се важни показатели за продуктивноста на генотиповите. Затоа, својствата на метличката редовно се вклучуваат во фенотипската карактеризација и селекциската процена.

Должината на метличката е едно од поважните агроморфолошки својства кај оризот. Генотиповите со подолги метлички потенцијално можат да формираат поголем број зрна, но тоа не секогаш значи и повисок принос, бидејќи продуктивноста зависи и од бројот на продуктивни метлички, фертилноста и налевањето на зрната. Во претходни истражувања е утврдена позитивна поврзаност меѓу должината на метличката, бројот на зрна и апсолутната маса на зрното (Akinwale et al., 2011; He et al., 2022). Кај 42 генотипови ориз, бројот на примарни гранчиња покажал многу висока корелација со приносот (r = 0,88), а највисоката утврдена вредност изнесувала 16,3 гранчиња по метличка (Gautam & Shrestha, 2023).

Архитектурата на метличката е сложено својство што опфаќа должина, збиеност, разгранување, број на примарни и секундарни гранчиња и потенцијален број цветови и зрна. Развојот на метличката започнува во репродуктивната фаза и продолжува до метличење, кога се дефинираат бројот и распоредот на гранчињата (Adriani et al., 2016). За должината и структурата на метличката се идентификувани QTL-локуси на сите 12 хромозоми, што укажува на сложена генетска контрола (Liu, 2016; Wang, 2019; Xu et al., 2022).

Бројот на зрна во метличка претставува една од клучните компоненти на приносот. Тој ја определува потенцијалната продуктивност на поединечната метличка, но реалниот принос зависи од тоа колкав дел од формираните зрна ќе бидат продуктивни и добро налеани. Затоа, покрај вкупниот број зрна, важно е да се анализираат и бројот на продуктивни и непродуктивни зрна во метличка. Бројот на зрна е сложено квантитативно својство контролирано од повеќе гени и QTL-локуси (Ariharasutharsan et al., 2024). Меѓу компонентите на приносот постои изразен компензациски однос, поради што зголемувањето на бројот метлички по единица површина најчесто е проследено со намалување на бројот на зрна во метличката и обратно (Mai et al., 2021; Wang et al., 2024; Yang et al., 2026).

Фертилноста и налевањето на зрната се под влијание на генотипот, температурните услови, исхраната, густината на посевот и здравствената состојба на растението. Според Espino (2014), бројот на зрна во метличка зависи од сортните карактеристики и густината на сеидба. Погуст склоп може да го намали бројот на зрна во метличка, додека пореткиот склоп може да овозможи подобро разгранување и поголем број зрна. Температурните екстреми во фазите на формирање на репродуктивните органи и цветање можат значително да ја намалат фертилноста и да го зголемат бројот на штури зрна (Leinfelder-Miles et al., 2014).

Структурата на метличката е важна селекциска цел. Метличката е составена од главна оска, примарни гранчиња и секундарни гранчиња, на кои се формираат цветните единици (Ikeda et al., 2010). Поголемиот број примарни и секундарни гранчиња може да го зголеми потенцијалниот број зрна, но само доколку е придружен со добро налевање. Во спротивно, поголемиот број цветови може да резултира со поголем број непродуктивни зрна. Слабото полнење на базалните зрна кај збиените метлички е под контрола на посебни локуси, независни од вкупниот број зрна (Sekhar et al., 2021), а споредбата на сорти од различни селекциски периоди покажува дека подобрувањето на приносот кај оризот се остварувало, главно, преку зголемување на бројот на зрна во метличката и на процентот на нивно полнење (Tao et al., 2022).

Во последните години се идентификувани повеќе гени поврзани со архитектурата на метличката. Локусот TAW1 е поврзан со зголемено разгранување на метличката (Yuan et al., 2021), додека DEP1 е поврзан со формирање збиени и разгранети метлички (Liu et al., 2025). Истражувањата на Agata et al. (2020), покажуваат дека должината на метличката може да се модифицира преку генетска регулација на главната оска и примарните гранчиња. Овие сознанија имаат значење за насочена селекција на генотипови со поволна архитектура на метличката.

3.9.4. Технолошки и квалитетни показатели на зрното

Квалитетот на зрното претставува една од најважните цели во селекцијата и производството на ориз. Покрај приносот, пазарната вредност на оризот зависи од изгледот, формата, големината, белењето, уделот на цели зрна, готварските својства и нутритивната вредност. Custodio et al. (2019) и Alam et al. (2024), истакнуваат дека подобрувањето на квалитетот на зрното е клучно за прифаќањето на новите сорти од страна на производителите, преработувачите и потрошувачите.

Квалитетот на оризовото зрно е комплексно својство што опфаќа физички, технолошки, готварски и нутритивни компоненти. Физичкиот изглед се однесува на големината, формата, бојата и едноличноста на зрното. Кулинарските својства ги опфаќаат промените на зрното при варење, како и текстурата, лепливоста и вкусот на свареният ориз. Нутритивната вредност зависи од содржината на скроб, протеини, липиди, минерали и други биохемиски компоненти.

Од технолошки аспект, особено значајни се својствата на сировиот ориз и квалитетот на белениот ориз добиен при преработката. Најважни показатели се приносот на бел ориз, уделот на цели зрна, уделот на кршени зрна, количината на трици и лушпа и стабилноста на зрното при белење. Во домашната оризопроизводна практика, поимот рандман најчесто се поврзува со процентот на цели зрна бел ориз, добиени по белење на сировиот ориз, односно, со главен принос на бел ориз (*head rice yield)* (Andreevska et al., 2015, 2016). Во дел од странската литература, рандманот може да се однесува и на вкупниот удел на цели и кршени зрна добиени по преработка (*total milled rice yield*). Според поновите податоци, минималниот стандард за прифатлив квалитет изнесува

55 % цели зрна и 70 % вкупен рандман на бел ориз, при што кај комерцијалните сорти уделот на цели зрна се движи околу 62-63 % (Samonte et al., 2024).

Уделот на цели зрна има големо економско значење, бидејќи директно влијае врз пазарната вредност на белениот ориз. Висок удел на кршени зрна ја намалува комерцијалната вредност, додека висок удел на цели зрна укажува на подобар технолошки квалитет и поголема отпорност на зрното при преработка. Кршливоста на зрното при белење зависи од составот на скробот и протеините во ендоспермот (Virdi et al., 2019), од состојбата на метличката во периодот на созревање (Chen et al., 2023), како и од сортните карактеристики (Dzhamirze et al., 2021; Maneesha et al., 2024). Според Dela Cruz & Khush (2000), барањата на пазарот можат да бидат задоволени кога зрното има соодветна големина, форма и изглед, добри својства при преработката и квалитет што ги исполнува очекувањата на потрошувачите при подготовката и консумирањето.

Квалитетот на зрното е под сложена генетска контрола. Идентификувани се повеќе гени поврзани со големината и формата на зрното, скробниот состав, содржината на амилоза, желатинизациската температура, кредестоста и други својства поврзани со технолошкиот квалитет и квалитетот при готвењето. Гените Wx, ALK, GS3, GW2, qSW5/GW5, GS5 и Chalk5 се меѓу најчесто проучуваните генетски фактори поврзани со квалитетот и морфологијата на зрното (Wang et al., 2012; Li et al., 2014; Bao, 2019; Hao et al., 2025). Познавањето на овие фактори овозможува нивна примена во селекција потпомогната со молекуларни маркери, со цел создавање сорти што комбинираат висок принос и стабилен квалитет. Прегледот на традиционалните показатели на квалитетот и на нивната генетска основа е даден кај Zhou et al. (2019).

И покрај значителниот напредок во селекцијата, истовременото подобрување на приносот и квалитетот на зрното кај оризот останува сложена селекциска цел. Пазарните барања за квалитет се разликуваат меѓу региони, земји и потрошувачки групи, поради што современите селекциски програми мора да ги земат предвид не само приносот, туку и изгледот, големината, технолошката обработливост и готварските својства на зрното (Calingacion et al., 2014; Custodio et al., 2019; Zeng et al., 2017). Бидејќи својствата на зрното се под влијание и на генотипот и на условите на средината, нивното подобрување бара претходна детална процена на варијабилноста во достапната гермплазма од ориз (Hori & Sun, 2022; Prodhan et al., 2024).

3.10. Влијание на условите на средината врз квантитативните својства

Квантитативните својства кај оризот, како принос, биолошки принос, број на продуктивни метлички, број на зрна, висина на растение и технолошки показатели, се под влијание на генотипот, условите на средината и нивната интеракција. Затоа, проценета на варијабилноста и стабилноста на овие својства има големо значење при избор на генотипови за производство и селекција.

Селекцијата за стабилен принос во различни услови е еден од приоритетите во современите селекциски програми. Промените во температурата, достапноста на вода, влажноста и почвените услови, можат значително да ја изменат експресијата на квантитативните својства (Anputhas et al., 2011). Ова е особено важно кај оризот, бидејќи производството силно зависи од водниот режим и од температурните услови во критичните фази на развој. Во двегодишни испитувања на генотипови ориз е утврдена високозначајна интеракција генотип × година кај приносот и кај неговите

компоненти (Gawdiya et al., 2023; Shah et al., 2023), а слични резултати се добиени и при испитување на приносот на зрно и на слама (Akay, 2022).

Во повеќе истражувања е утврдено дека ефектот на средината може да има доминантно влијание врз варијабилноста на приносот (Tariku et al., 2013; Dewi et al., 2014; Zewdu et al., 2020; Barona et al., 2021). Од друга страна, кај одредени колекции генотипскиот ефект може да биде главен извор на варијација. Во истражувањето на Chemeda (2018), генотипот учествувал со 69,39 % во вкупната варијација на приносот на зрно, додека ефектот на средината изнесувал 8,50 %. Кај локални сорти е утврдено дека генетската варијација може да објасни од 59,7 % до 74,0 % од вкупната фенотипска варијанса (Kunjaroenruk, 2025).

За поцелосна процена на стабилноста и интеракцијата генотип х средина се користат мултиваријантни статистички модели, како AMMI моделот и GGE biplot анализата (Yan, 2010; Mostafavi et al., 2011). Овие модели овозможуваат истовремена процена на просечниот принос и стабилноста на генотиповите, што е важно при избор на материјал за различни производни услови. Ваквиот пристап е применет во повеќе понови истражувања кај ориз за издвојување стабилни генотипови (Debsharma et al., 2021; Mohtashami, 2023; Kewat & Singh, 2025), при што придонесот на поединечните својства кон интеракцијата генотип × средина е предмет на посебна анализа (Curti et al., 2026). Во истражувања со ограничен број години и локации, резултатите треба да се толкуваат претпазливо, бидејќи проценатa на стабилноста зависи од ширината на испитуваните средини.

3.11. Параметри за процена на варијабилноста и селекцискиот потенцијал кај оризот

Проценатa на варијабилноста кај квантитативните својства претставува основа за правилно толкување на фенотипската разновидност и селекциската вредност на испитуваниот материјал. Кај оризот, својства како принос на зрно, број на продуктивни метлички, број на зрна во метличка, висина на растение, должина на метличка, апсолутна маса и технолошки квалитет на зрното најчесто се контролирани од повеќе гени и во различен степен се менуваат под влијание на условите на средината. Затоа, едноставното споредување на средните вредности не е доволно за процена на селекцискиот потенцијал, туку потребна е анализа на компонентите на варијанса, коефициентите на варијација, херитабилноста и очекуваниот генетски напредок.

Во селекциските истражувања кај оризот, овие параметри овозможуваат да се утврди дали забележаните разлики меѓу генотиповите се резултат, главно, на наследната основа или се, во поголема мера, последица на влијанието на средината. Поновите истражувања кај локални и селекциски генотипови ориз покажуваат дека, за голем број приносни и морфолошки својства, фенотипскиот коефициент на варијација е повисок од генотипскиот, што укажува на модифицирачко влијание на средината врз нивната експресија. Сепак, кога разликата меѓу PCV и GCV е мала, својството се смета за постабилно и посоодветно за директна фенотипска селекција. Вакви односи се утврдени кај повеќе својства поврзани со приносот, апсолутната маса, бројот на исполнети зрна и должината на метличката кај различни колекции ориз (Adjah et al., 2020; Kewat & Singh, 2025; Sitta et al., 2025; Modarresi, 2026).

3.11.1. Фенотипска и генотипска варијанса, CV, GCV и PCV

Вкупната фенотипска варијабилност на едно својство е резултат на генетската компонента, влијанието на средината и нивната интеракција. Генотипската варијанса ја претставува разликата меѓу генотиповите што произлегува од нивната наследна основа, додека фенотипската варијанса ја опфаќа вкупната изразена варијабилност во дадените услови на испитување. Кај полските испитувања спроведени во повеќе години, посебно значење има и интеракцијата генотип × година, бидејќи таа покажува дали генотиповите ја задржуваат истата реакција во различни производни сезони.

Коефициентот на варијација (CV) овозможува споредување на степенот на варирање меѓу својства што се изразени во различни мерни единици. Високите вредности на CV укажуваат на поширок опсег на фенотипска варијабилност, но сами по себе не покажуваат дали варијацијата е наследна или претежно условена од средината. Поради тоа, во селекциските истражувања се пресметуваат генотипскиот коефициент на варијација (GCV) и фенотипскиот коефициент на варијација (PCV). GCV ја покажува релативната големина на генетската варијабилност во однос на средната вредност, додека PCV ја претставува вкупната фенотипска варијабилност.

Вообичаено, PCV има повисока вредност од GCV, бидејќи ја вклучува и компонентата на средината. Големата разлика меѓу PCV и GCV укажува дека својството е силно зависно од условите на средината, додека мала разлика меѓу овие два параметра покажува дека фенотипската експресија е поблиска до генотипската вредност. Во истражувања кај ориз, високи вредности на GCV и PCV најчесто се утврдуваат кај својства поврзани со приносот, бројот на продуктивни братимки или метлички, бројот на зрна во метличка, масата на зрното и приносот по растение, додека фенолошките својства обично покажуваат пониска варијабилност (Adhikari et al., 2018; Barhate et al., 2021; Sitta et al., 2025; Modarresi, 2026).

Овие параметри имаат практична вредност затоа што овозможуваат издвојување на својства со поголема генетска варијабилност и потенцијал за подобрување. Сепак, GCV и PCV не треба да се толкуваат изолирано. Високата варијабилност кај некое својство не секогаш значи дека тоа е погоден селекциски критериум, особено ако варијацијата е во голема мера условена од средината или ако селекцискатa насока е намалување, а не зголемување на вредноста, како кај бројот на непродуктивни зрна, бројот на непродуктивни метлички или уделот на кршени зрна.

3.11.2. Херитабилност и очекуван генетски напредок

Херитабилноста претставува еден од најважните параметри во селекцијата на растенијата, бидејќи го покажува уделот на генетската варијанса во вкупната фенотипска варијанса. Кај квантитативните својства на оризот најчесто се користи херитабилност во поширока смисла, која ги опфаќа сите генетски компоненти на варијацијата. Високата херитабилност укажува дека поголем дел од фенотипските разлики меѓу генотиповите се генетски условени, но сама по себе не е доволна за процена на ефективноста на селекцијата.

Поради тоа, херитабилноста треба да се толкува заедно со очекуваниот генетски напредок. Очекуваниот генетски напредок покажува колкаво подобрување може да се очекува од селекцијата при одреден интензитет на избор. Кога високата херитабилност е придружена со висок генетски напредок како процент од средната вредност, тоа најчесто укажува на значајно учество на адитивното дејство на гените и на можност за успешна фенотипска селекција. Спротивно на тоа, висока

херитабилност со низок генетски напредок може да укажува на неадитивни генски ефекти, посилно влијание на интеракциите или ограничен практичен одговор на селекцијата.

Кај оризот, ваквото заедничко толкување е особено важно за приносот и неговите компоненти. Во понови истражувања е утврдено дека бројот на продуктивни зрна во метличка, бројот на продуктивни братимки, биолошкиот принос, апсолутната маса, висината на растението и одделни технолошки својства можат да покажат висока херитабилност и висок генетски напредок, што ги прави корисни селекциски критериуми. Од друга страна, својствата со ниска херитабилност или со изразено влијание на средината треба да се оценуваат во повеќе години и локации пред да се користат како сигурна основа за селекција (Adjah et al., 2020; Barhate et al., 2021; Maruti et al., 2025; Sitta et al., 2025; Modarresi, 2026).

Во контекст на фенотипската карактеризација на гермплазма од ориз, херитабилноста и генетскиот напредок овозможуваат разграничување меѓу својствата што имаат само описна вредност и својствата што имаат реална селекциска вредност. Затоа, нивната примена е неопходна при процена на селекцискиот потенцијал на колекциите, особено кога материјалот опфаќа генотипови со различно географско потекло, селекциска историја и степен на адаптација.

3.11.3. Корелации и path-анализа кај компонентите на приносот

Приносот на зрно кај оризот е комплексно својство кое не зависи од еден поединечен фактор, туку од меѓусебното дејство на повеќе компоненти, како број на продуктивни метлички по единица површина, број на зрна во метличка, број на продуктивни зрна, маса на зрното, биолошки принос и жетвен индекс. Поради тоа, корелацискатa анализа има важна улога во утврдување на насоката и јачината на врската меѓу овие својства.

Фенотипските корелации ја покажуваат видливата поврзаност меѓу својствата во дадените услови на испитување, додека генотипските корелации даваат процена на поврзаноста што произлегува од заедничката генетска основа. Кога генотипската корелација е повисока од фенотипската, тоа може да укажува дека вистинската наследна поврзаност меѓу својствата е делумно маскирана од влијанието на средината. Кога фенотипската и генотипската корелација имаат слична насока и големина, односот меѓу својствата е постабилен и може да има поголема практична вредност во селекцијата.

Сепак, корелацијата не покажува дали едно својство има директно влијание врз приносот или неговиот ефект се остварува индиректно преку други својства. Затоа, кај комплексни својства како приносот и продуктивноста на метличката се применува path-анализа, со која вкупната корелација се раздвојува на директни и индиректни ефекти. Овој пристап овозможува да се издвојат својства што имаат реално директно значење за зависната променлива од својства што се поврзани со неа само преку други компоненти на приносот.

Во истражувања кај ориз, корелацискатa и path-анализата најчесто покажуваат дека биолошкиот принос, жетвениот индекс, бројот на продуктивни метлички, бројот на продуктивни зрна во метличка и масата на зрното имаат значајна улога во формирањето на приносот. Поновите истражувања потврдуваат дека бројот на продуктивни братимки, бројот на клавчиња или зрна во метличка, биолошкиот принос и жетвениот индекс често се меѓу најважните индиректни или директни показатели за селекција на принос кај оризот (Shyamalee & Ranawake, 2024; Kewat & Singh, 2025).

Path-анализата има особено значење кога зависната променлива не е директно приносот на зрно по единица површина, туку својство поврзано со продуктивноста на поединечната метличка, како масата на продуктивните зрна во метличка. Во таков случај, изборот на независните променливи треба да биде методолошки усогласен со нивото на мерење, односно да се користат својства мерени на исто растение или на иста метличка. На тој начин се избегнува мешање на показатели од различни биолошки нивоа, како што се поединечна метличка и принос по единица површина.

3.11.4. Мултиваријантни пристапи во процена на фенотипскиот диверзитет

Фенотипската карактеризација на поголем број генотипови и својства создава комплексна база на податоци, во која едноставното споредување на поединечни својства не е доволно за целосно разбирање на структурата на варијабилноста. Поради тоа, во истражувањата кај оризот сè почесто се применуваат мултиваријантни методи, како анализа на главни компоненти, анализа на фенотипска дистанца и кластерска анализа.

Анализата на главни компоненти (PCA) овозможува редукција на голем број меѓусебно поврзани својства во помал број независни компоненти, кои објаснуваат значаен дел од вкупната варијабилност. На тој начин може да се утврди кои својства најмногу придонесуваат за диференцијација на генотиповите и кои насоки на варирање се најважни во испитуваната колекција. Кај оризот, PCA често ги издвојува својствата поврзани со приносот, бројот на зрна, архитектурата на метличката, висината на растението, апсолутната маса и технолошкиот квалитет, како главни извори на варијабилност (Gautam et al., 2025; Sitta et al., 2025).

Кластерската анализа, пак, овозможува групирање на генотиповите според нивната сличност или различност врз основа на повеќе својства истовремено. Кога се користат само квантитативни својства, најчесто се применуваат стандардизирани податоци и Еуклидова дистанца. Кога анализата ги вклучува и квантитативните и квалитативните дескриптори, посоодветна е Говерова дистанца, бидејќи овозможува комбинирање на континуирани и категориски променливи. Таквиот пристап е особено корисен кај колекции во кои се анализираат истовремено приносни, морфолошки, технолошки и визуелни дескриптори.

3.12. Морфолошки својства со квалитативен карактер кај оризот

Квалитативните својства кај оризот имаат значење за опис, идентификација и разграничување на генотиповите. Тие најчесто се изразуваат преку јасно дефинирани категории и во помала мера зависат од условите на средината во споредба со квантитативните својства. Поради тоа, се користат како стабилни морфолошки дескриптори при карактеризација на сорти, локални популации и селекциски линии.

Кај оризот, квалитативните својства се поврзани со различни органи на растението. Во оваа група спаѓаат бојата на одредени делови од листот, бојата на апикулусот, присуството и бојата на осилките, поставеноста и збиеноста на метличката и други визуелно препознатливи белези. Овие својства имаат вредност за морфолошко профилирање и за препознавање специфични фенотипски форми.

Квалитативните дескриптори се применуваат и во DUS-тестирањата за различност, униформност и стабилност. Нивната вредност е особено голема кога својството е ретко застапено или јасно препознатливо, бидејќи таквите белези можат да помогнат при идентификација на конкретни генотипови. Сепак, нивната селекциска вредност

обично е индиректна и зависи од тоа дали белегот е поврзан со практично значајни својства.

3.12.1. Хабитус и збиеност на метличката

Хабитусот на метличката претставува важен квалитативен белег кај оризот и се однесува на поставеноста на метличката во однос на стеблото. Метличката може да биде исправена, полуисправена или наведната. Ова својство е поврзано со морфолошката структура на растението и има значење за визуелна карактеризација и разграничување на генотиповите.

Збиеноста на метличката ја опишува просторната распределба на гранчињата и зрната во метличката. Според дескрипторите, метличката може да биде збиена, средно збиена или ретка. Ова својство може да влијае врз изгледот на метличката и потенцијално врз бројот на зрна, но неговото практично значење треба да се разгледува заедно со квантитативните показатели, како должина на метличка, број на зрна, маса на метличка и број на продуктивни зрна. Разновидноста на архитектурата на метличката и нејзината поврзаност со полнењето на зрната се детално разгледани кај Mohapatra & Sahu (2021).

Архитектурата на метличката е контролирана од повеќе гени. Според Li et al. (2021), гените што ја регулираат оваа архитектура може да се групираат во неколку регулаторни патишта поврзани со Gn1a, IPA1, LAX1, FZP, MOC1 и TAW1. Еден од најпроучуваните гени е DEP1, кој е поврзан со формирање збиена и исправена метличка, скратени интернодиуми и зголемен број примарни гранчиња (Liu et al., 2025). Гени како EP2/DEP2, EP3/LP и DEP3, исто така, се поврзани со исправеноста и компактноста на метличката (Li et al., 2010; Zhu et al., 2010; Li et al., 2011; Qiao et al., 2011; Liu et al., 2025).

3.12.2. Осилки и боја на осилките

Присуството на осилки претставува еден од најпрепознатливите квалитативни белези кај оризот. Осилките може да бидат отсутни, делумно присутни или присутни на поголем дел од зрната во метличката. Ова својство има значење за морфолошка карактеризација, бидејќи овозможува визуелно разграничување на генотиповите.

Бојата на осилките претставува дополнителен дескриптор што се оценува кај осилестите форми. Осилките можат да бидат со сламена, кафеава или друга боја, зависно од генотипот и степенот на пигментација. Иако ова својство нема директна производна вредност, неговото присуство може да биде корисно при опис на генотипови и при препознавање на специфични морфолошки форми.

Од еволутивен аспект, осилките имаат улога во распространување и заштита кај дивите форми на ориз, но кај култивираниот ориз често се непожелни поради отежната жетва, преработка и манипулација со семето. Поради тоа, во процесот на доместикација и селекција се фаворизирани безосилести или слабо осилести форми. Намалувањето на осилките се смета за едно од класичните обележја на доместикацијата, а идентификувани се и конкретни локуси одговорни за развојот на осилките кај оризот (Luong et al., 2022). Анализата на селекциската историја кај јапонскиот сортимент покажува дека губењето на осилките се одвивало постепено и преку различни генетски патеки (Suganami et al., 2024). Сепак, присуството на осилки останува важен белег за карактеризација и споредба на материјалот.

3.12.3. Пигментација на листот, апикулусот и зрното

Пигментацијата кај оризот претставува важен квалитативен белег кој се користи при морфолошка карактеризација. Освен хлорофилот, кој ја определува зелената боја на листовите, важна улога имаат и антоцијаните, каротеноидите и други пигментни соединенија. Антоцијаните се одговорни за црвената, виолетовата и синкавата пигментација на одредени растителни ткива (Lu et al., 2024).

Кај оризот, антоцијаните можат да се акумулираат во листовите, стеблото, апикулусот, стигмата, плевиците и перикарпот на зрното. Пигментацијата на апикулусот и стигмата има посебна вредност како морфолошки дескриптор, бидејќи е лесно видлива и може да се користи за разграничување на генотиповите (Zhang et al., 2017; Lu et al., 2024). Сортите со виолетова пигментација на листовите можат да служат и како визуелни маркери во експериментални услови. Регулаторните системи што ја определуваат акумулацијата на антоцијани токму во апикулусот и стигмата се детално опишани кај Meng et al. (2021), додека кај пигментацијата на стеблото се идентификувани кандидат-гени преку геномски асоцијациски студии (Haghi et al., 2022).

Пигментацијата со антоцијани е поврзана со повеќе физиолошки функции, како заштита од УВ-зрачење, одговор на стрес и антиоксидативна активност (Petroni et al., 2014; Li & Ahammed, 2023). Кај црниот и обоениот ориз, пигментите во перикарпот имаат и нутритивна вредност поради високата содржина на антоцијани и антиоксидативни соединенија (Vargas et al., 2018; Yamuangmorn et al., 2021).

Генетската контрола на пигментацијата кај оризот е поврзана со структурни и регулаторни гени. Структурните гени кодираат ензими во биосинтетскиот пат на антоцијаните, додека регулаторните гени ја контролираат нивната експресија (Lu et al., 2024). Меѓу поважните гени се OsC1, Rb и Rd/DFR, кои се поврзани со антоцијанска пигментација во различни органи (Zheng et al., 2019; Hamzah et al., 2020; Upadhyaya et al., 2021). Познавањето на овие механизми придонесува за подобро разбирање на морфолошката разновидност и нутритивниот потенцијал на обоените форми ориз.

Со оглед на досегашните сознанија, фенотипската карактеризација на гермплазма од ориз претставува неопходна основа за процена на нејзината агрономска, технолошка и селекциска вредност. Податоците за варијабилноста на квантитативните и квалитативните својства, за генотипската и фенотипската компонента на варирање, херитабилноста, очекуваниот генетски напредок и меѓусебната поврзаност на својствата овозможуваат појасно издвојување на генотипови со практично значење за производство и селекција. Во таа насока, примената на корелациска, path, PCA и кластерска анализа овозможува поцелосно согледување на фенотипската структура на колекцијата и идентификација на материјал со поволна комбинација на својства. Затоа, систематската процена на испитуваните генотипови ориз во агроеколошките услови на Кочанската Котлина има значење, не само за подобро познавање на достапниот генетски материјал, туку и за негово рационално користење во идни програми за подобрување на домашниот сортимент.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ

4.1. Растителен материјал

Во ова истражување беа опфатени вкупно 53 генотипови ориз (*Oryza sativa* L.) од домашно и странско потекло. Испитуваниот материјал беше избран со цел да се опфати колекција со различна селекциска историја, различно географско потекло и различна потенцијална агрономска и технолошка вредност. Од вкупниот број генотипови, 11 потекнуваат од Македонија, додека останатите се интродуцирани, со потекло од Турција, Италија, САД, Грција, Русија и Бугарија. Анализираната колекцијата опфати сорти, селекциски линии и една линија од месна популација. Дел од генотиповите, од домашно и странско потекло, беа преземени од Националната колекција на ориз при УКИМ Земјоделски институт – Скопје. Останатите генотипови беа обезбедени преку соработка со научни институции, ген-банки и семепроизводни компании од регионот и пошироко. Во истражувањето беа вклучени современи сорти актуелни во оризопроизводството во земјите на потекло, како и постари сорти и селекциски линии кои имаат значење како дел од зачуваната гермплазма. Сите испитувани генотипови припаѓаат на *japonica* типот. Редоследот на испитуваните генотипови, нивните имиња и земјата на потекло се прикажани во Табела 3, а фотографии од метличките на сите генотипови се приложени во поглавје 8.

Табела 3. *Редослед на генотиповите ориз во полските опити*

Ред. бр.	Име на генотипот	Земја на потекло	Ред. бр.	Име на генотипот	Земја на потекло
1	*Бисер-2*	Македонија	28	*Kıral / К'рал*	Турција
2	*Кочански*	Македонија	29	*Yavuz / Јавуз*	Турција
3	*Месен блатец*	Македонија	30	*Ece / Еџе*	Турција
4	*Монтеса*	Македонија	31	*Kırkpınar / К'ркп'нар*	Турција
5	*M-101 × Monticelli / М-101×Монтичели*	Македонија	32	*Beşer / Бешер*	Турција
6	*Нада-115*	Македонија	33	*Küplü / Ќуплу*	Турција
7	*Бр. 51*	Македонија	34	*Mis-2013 / Мис-2013*	Турција
8	*Бр. 69*	Македонија	35	*Özgür CL / Озѓур CL*	Турција
9	*Осоговка*	Македонија	36	*Aslı / Асла*	Турција
10	*Прима риска*	Македонија	37	*Zeybek / Зејбек*	Турција
11	*Axios / Аксиос*	Грција	38	*Kristal CL / Кристал CL*	Турција
12	*Riva / Рива*	Италија	39	*Damla CL / Дамла CL*	Турција
13	*Iskra / Искра*	Бугарија	40	*Biga incisi / Бига инџизи*	Турција
14	*Americano / Американо*	Италија	41	*Sur CL / Сур CL*	Турција
15	*M-202*	САД	42	*Ribaldo / Рибалдо*	Италија
16	*Monticelli / Монтичели*	Италија	43	*Vialone Nano / Виалоне Нано*	Италија
17	*Ispaniki / Испаники*	Грција	44	*Carnaval / Карнавал*	Италија
18	*Lina / Лина*	*	45	*Agata / Агата*	Италија
19	*Mariana / Маријана*	Бугарија	46	*Wang / Ванг*	Италија
20	*Avalya / Авалја*	Бугарија	47	*Carnaroli / Карнароли*	Италија
21	*Dunav / Дунав*	Бугарија	48	*San Andrea / Сан Андреа*	Италија
22	*Luna CL / Луна CL*	Италија	49	*Cammeo / Камео*	Италија
23	*Gala / Гала*	Турција	50	*Opale / Опале*	Италија
24	*Altıyazı / Алтанјази*	Турција	51	*Monticelli × M-101 / Монтичели × M-101*	Македонија
25	*Trakya / Тракија*	Турција	52	*Краснодарский 424 / Краснодарски 424*	Русија
26	*Ergene / Ергене*	Турција	53	*Lemont / Лемонт*	САД
27	*Sürek-95 / Сурек-95*	Турција			

* Генотипот *lina* е објаснет непосредно по потпоглавјето 4.1.7.

4.1.1. Генотипови од Македонија

Домашните генотипови вклучени во ова истражување се дел од Националната колекција на ориз при УКИМ Земјоделски институт – Скопје. Тие претставуваат резултат на повеќедецениската научноистражувачка и селекциска работа на поранешниот Институт за ориз во Кочани, денес во состав на УКИМ Земјоделски институт – Скопје (Андреевска & Андов, 2015). Во ова истражување беа вклучени осум македонски сорти признаени во периодот од 1976 до 2004 година, две селекциски линии и една линија од месна популација.

Месен блатец претставува линија што потекнува од истоимената месна популација, колекционирана во околината на с. Блатец, виничко. Линијата долго време била одржувана во колекцијата на поранешниот Институт за ориз во Кочани, а денес се конзервира во ген-банката на УКИМ Земјоделски институт – Скопје. Била вклучувана во повеќе научни истражувања и селекциски програми како почетен материјал за создавање нови сорти ориз. Нејзиното вклучување во ова истражување е од особено значење поради потеклото од домашна месна популација и ограниченият број зачувани генетски ресурси со такво потекло, кои претставуваат вреден извор на локално адаптирана генетска варијабилност.

Сортите *бр. 51* и *бр. 69* (*maratelli* × *vialone nero*), создадени од селекционерот инж. Лазар Бабамов, се првите македонски селекционирани сорти ориз, признаени и регистрирани во 1976 година. Двете сорти имаат добар квалитет на зрното и повисока содржина на протеини, поради што имаат историско и селекциско значење во домашното оризопроизводство.

Сортите *осоговка* (*maratelli* × *baldo*) и *кочански* (*korbenta* × *baldo*) се селекции на инж. Бисерка Наумова, признаени и регистрирани во 1984 година. *Осоговка* се карактеризира со високородност, добро братимење и отпорност на осипување, додека *кочански* се одликува со добра отпорност на болести и осипување, како и со повисока содржина на протеини во зрното.

Сортите *бисер-2* (линија од *осоговка*) и *нада-115* (*гритна* × *искра*), исто така, создадени од инж. Бисерка Наумова, се признаени и регистрирани во 1990 година. Тие се опишани како сорти со висок потенцијал за принос, во оптимални агроклиматски услови и при примена на соодветна агротехника.

Монтеса (*lemont* × *C-201*) и *прима риска* (*lemont* × *monticelli*) се сорти селекционирани од тимот д-р Цветанка Најчевска, д-р Верица Илиева, д-р Добре Андов и д-р Даница Андреевска. Двете сорти се признаени и регистрирани во 2004 година. *Монтеса* е среднодоцна сорта со добра отпорност кон болести и добар квалитет на зрното. *Прима риска* се карактеризира со висока отпорност кон полегнување, добра отпорност кон болести, висок генетски потенцијал за принос и погодност за интензивно производство.

Селекциските линии *M-101* × *monticelli* и *monticelli* × *M-101* се дел од Националната колекција на ориз поради нивните позитивни агрономски својства, иако досега не биле вклучени во постапка за признавање и регистрација како сорти. Со нивното вклучување во ова истражување се обезбедија дополнителни податоци за нивните морфолошки, производни и технолошки карактеристики, со цел процена на нивната потенцијална вредност за натамошна селекциска употреба.

4.1.2. Генотип од Русија

Краснодарский 424 (македонски: *краснодарски 424*; педигре: *краснодарский 3352* × *kenzo*) е стара руска сорта ориз со историско значење, која се одржува во Националната колекција на ориз при УКИМ Земјоделски институт – Скопје. Сортата е создадена во Институтот за селекција на ориз во Краснодар, а е признаена во 1961 година (Alionte & Alionte, 1998). Поради високиот потенцијал за принос, оваа сорта била широко застапена во европскиот дел на Русија, Украина, одделни области во Казахстан, како и во Романија и Турција.

Според должината на вегетацискиот период, *краснодарский 424* се вбројува во групата среднодоцни сорти. Сепак, покрај потенцијалот за висок принос, сортата се карактеризира и со високо стебло, со склоност кон полегнување и чувствителност кон болести. Според Тулякова (1973), зрното на оваа сорта има висок технолошки квалитет, при што рандманот се движи од 69 до 72 %.

4.1.3. Генотипови од САД

Во истражувањето беа вклучени две постари американски сорти ориз, *lemont* и *M-202*. Двете сорти се дел од Националната колекција на ориз при УКИМ Земјоделски институт – Скопје, од каде што беше обезбеден семенскиот материјал за поставување на полскиот опит.

Lemont е сорта создадена од Службата за земјоделски истражувања при Министерството за земјоделство на САД (USDA-ARS) и е регистрирана во 1983 година (Samonte et al., 2001). Таа претставува значајна високоприносна, долгозрнеста и полуџуџеста сорта ориз со краток вегетациски период. Поради своите агрономски и генетски карактеристики, *lemont* била користена во повеќе истражувања, вклучително и во студии поврзани со мапирање на генетски локуси и селекција со примена на молекуларни маркери (Pinson et al., 2012). Во домашните селекциски програми оваа сорта била користена како родителска компонента при хибридизација (Андов & Андреевска, 2010).

M-202 е калифорниска сорта ориз, создадена од Калифорниската кооперативна фондација за истражување на оризот - Експериментална станица за ориз, а во производство е воведена во 1985 година (California Cooperative Rice Research Foundation, 2014). Според педигрето, *M-202* претставува сложен хибрид добиен од сортите *M-101, IR8* и *M9*. Се карактеризира со средно долго зрно со добар квалитет, ранозрелост, полуџуџест раст, отпорност кон полегнување и толерантност кон ниски температури. Истовремено, сортата покажува чувствителност кон одредени болести, што треба да се има предвид при нејзина употреба во селекциски програми (Cameron et al., 2008).

4.1.4. Генотипови од Грција

Во истражувањето беа вклучени две сорти ориз со потекло од Грција, *axios* и *ispaniki*. Двете сорти се дел од Националната колекција на ориз при УКИМ Земјоделски институт – Скопје.

Сортата *axios* е селекционирана од Националната фондација за земјоделски истражувања (NAGREF), Институт за житни култури, Терми - Солун, Грција. Во производството е воведена кон крајот на 1980-тите и почетокот на 1990-тите години. Се карактеризира со полуџуџест раст, рана до средна должина на вегетацискиот период, толерантност кон засолени и алкални почви и висок потенцијал за принос.

Ispaniki, која во литературата се среќава и како *ispaniki* A, е сорта ориз воведена во производството во Грција од страна на Институтот за житни култури во Солун (Ntanos, 1997). Иако е воведена во грчкото оризопроизводство, сортата потекнува од шпанската сорта *sequial* (Ballesteros, 1997). Наменета е за производство во медитерански услови (Koutroubas & Ntanos, 2003). *Ispaniki* е доцна, полуџуџеста сорта, отпорна кон полегнување, со способност за ефикасно искористување на азотот и добра акумулација на сува материја во зрното.

4.1.5. Генотипови од Бугарија

Бугарските сорти ориз вклучени во ова истражување претставуваат селекциски материјал создаден во рамките на Институтот за генетски ресурси „Константин Малков“ во Садово, Република Бугарија. Семенскиот материјал за сортите *avalya* и *dunav* беше обезбеден директно од оваа институција, додека сортите *iskra* и *mariana* се дел од Националната колекција на ориз при УКИМ Земјоделски институт – Скопје.

Mariana е најстара од анализираните бугарски сорти и е признаена во 1990 година. Таа претставува дихаплоидна сорта, добиена со примена на методи на растителна биотехнологија (Boyadjiev, 1996). Се карактеризира со добра отпорност кон полегнување и висок рандман при преработка на зрното (Kamishev & Tosheva, 2013b).

Dunav (*F-38 × №631*) е сорта признаена во 2004 година. Припаѓа на групата рани сорти и се карактеризира со многу добра отпорност кон полегнување и висок технолошки квалитет на зрното (Kamishev & Tosheva, 2013a, 2013b).

Сортата *iskra* (*zenit* × *maratelli*) е признаена во 2005 година и претставува високоприносна, среднодоцна сорта. Се одликува со многу добра отпорност кон полегнување и висок технолошки квалитет на зрното (Kamishev & Tosheva, 2013a, 2013b).

Avalya (*№ 83035 × F-38*) е признаена во 2008 година и е наведена во Официјалната сортна листа на Република Бугарија (Official Variety List of the Republic of Bulgaria, 2020). Таа е среднорана сорта, со добра отпорност кон осипување и полегнување, добар квалитет на зрното и значење како генетски материјал во селекцијата, насочена кон подобрување на приносот и квалитетот кај оризот (Tosheva & Kamishev, 2009; Kamishev & Tosheva, 2013a).

4.1.6. Генотипови од Турција

Групата на генотипови со потекло од Турција е најбројна и опфаќа 19 сорти ориз, добиени во соработка со Институтот за земјоделски истражувања „Тракија“ - Едрене, Република Турција. Описот на сортите е подготвен врз основа на извештаите и сортните каталози објавени на официјалната веб-страница на Институтот. Станува збор за сорти застапени во современото оризопроизводство во Турција, кои според должината на вегетацискиот период, главно, припаѓаат на групата среднорани сорти.

Во рамките на турските генотипови, сортите *trakya* (*baldo* × *komsomolski*), *altınyazı* (*baldo* × *ribe*) и *ergene* (*delta* × *zorija*) се меѓу најстарите сорти вклучени во ова истражување, регистрирани во 1990 година. Потоа следува сортата *sürek-95* (*roka* × *rodina*), регистрирана во 1995 година, како и сортите *kıral* (*gritna* × *balilla*) и *yavuz* (*roka* × *1979-TR79-70-1*), регистрирани во 2000 година. Во 2004 година се регистрирани сортите *ece* (*8203-TR413-6-1-1* × *8260-TR470-6-1-1*) и *kırkpınar* (*ipsala* × *80110-TR253-4-1-1*). Сортата *beşer* е добиена со мутација на сортата *ipsala* и е регистрирана во 2006 година. Сортата *gala*, добиена со селекција од *osmancık-97*, во

Турција е регистрирана во 2009 година. Таа се одликува со добра отпорност кон полегнување и висок генетски потенцијал за принос, а од 2016 година е регистрирана и во Македонија. Во 2013 година се регистрирани сортите *küplü* (*baldo* × *IR25571-31-1*) и *mis-2013* (YRF-204 × *osmancık-97*), кои се карактеризираат со цврсто стебло и добра отпорност кон полегнување, како и сортата *biga incisi* (*baldo* × *koral*). Меѓу поновите турски сорти се вбројуваат *aslı* и *zeybek*, регистрирани во 2018 година. Двете сорти потекнуваат од иста хибридна комбинација (*osmancık-97* × *IR83260-1-1-1-5-B-3-1-2-B*) и се карактеризираат со висок рандман при преработката на сировиот ориз.

Во истражувањето се вклучени и четири турски сорти од системот Клиарфилд (Clearfield®), познати и како IMI-сорти, кои се отпорни на хербициди од групата на имидазолиноните. Овие сорти имаат значење во современото оризопроизводство, бидејќи овозможуваат поефикасна контрола на црвениот ориз со примена на имидазолинонски хербициди, вклучително и препарати базирани на активната материја имазамокс (Scarabel et al. 2012). Според Sürek et al. (2014), во програмата за создавање IMI-отпорни сорти ориз во Турција, IMI-отпорна сорта била користена како извор на отпорност и била вкрстувана со повеќе комерцијални сорти. Во понатамошната селекциска постапка биле применети модифициран bulk-метод на селекција (modified bulk selection), педигре селекција (pedigree selection) и селекција преку повратно вкрстување (backcross selection), со цел добивање перспективни IMI-отпорни линии. Во поновиот турски сортимент, во оваа група се вбројуваат сортите özg*ür CL* (IMI-сорта × *edirne*) и *sur CL* (IMI-сорта × *durağan*), регистрирани во 2017 година. Тие се карактеризираат како среднорани сорти со добри технолошки својства и висок рандман при преработката. Понови IMI-сорти се и *kristal CL* (IMI-сорта × *ece*) и *damla* CL (IMI-сорта × *halilbey*), регистрирани во 2020 година, кои, исто така, ѝ припаѓаат на групата среднорани сорти и се одликуваат со квалитетно, стаклаво зрно.

4.1.7. Генотипови од Италија

Италијанските сорти ориз имаат значајна улога во македонското оризопроизводство и во унапредувањето на домашните селекциски програми. Според Андов и Андреевска (2010), првите интродуцирани сорти ориз во нашата земја, уште од седумдесеттите години на XX век, биле токму италијанските сорти. Тие биле широко прифатени поради високата продуктивност и добриот квалитет во локалните агроеколошки услови.

За потребите на ова истражување беа избрани неколку постари италијански сорти, кои поради своите карактеристики сè уште се одгледуваат, како и понови сорти со потврдени позитивни карактеристики во производството. Семенскиот материјал од сортите *americano, monticelli, san andrea* и *riva* беше земен од Националната колекција на ориз при УКИМ Земјоделски институт – Скопје, додека за останатите италијански сорти, материјалот беше обезбеден во соработка со семенарската компанија Bertone Sementi S.p.A. од Теруџа, Италија.

Americano, односно *americano* 1600, е стара италијанска сорта со историско значење, создадена во 1921 година. Се одликува со кратко, тркалезно зрно и среднорана вегетација, со редуцирана висина на растението и чувствителност кон болести (Faivre-Rampant et al., 2011).

Vialone nano (*vialone* × *nano*) е селекционирана во 1937 година од Опитната станица за ориз во Верчели. Сортата се одгледува и денес и е вклучена во производната спецификација за ориз со заштитена географска ознака. Во споредба со другите стари италијански сорти, *vialone nano* има пониско стебло и поголема отпорност кон

полегнување. Според типот на зрното, кое се карактеризира со висока содржина на скроб и амилоза, оваа сорта се вбројува во групата полуфини сорти.

Carnaroli (*vialone nero* × *lencino*) е една од најпознатите стари италијански сорти ориз. Селекционирана е во 1945 година, а во Италија е регистрирана во 1974 година. Поради исклучителните квалитетни својства на зрното, високата содржина на амилоза и припадноста кон групата суперфини сорти, *carnaroli* често се нарекува „крал на оризот“. Таа е многу доцна сорта, чувствителна на болести и со понизок потенцијал за принос.

Сортата *monticelli*, која претставува линија од сортата *P-253*, е регистрирана во Италија во 1961 година, а во Македонија е воведена во производство во 1976 година. Таа често била користена како стандардна, односно референтна сорта во научни истражувања со домашни и новововедени сорти ориз. Се карактеризира со среднорана вегетација, добри технолошки својства и висок генетски потенцијал за принос, припаѓа на групата полуфини сорти, но е чувствителна на повеќе болести (Андов & Андреевска, 2010).

San andrea, добиена со селекција од сортата *rizzotto*, е регистрирана во Италија во 1974 година, а во Македонија е воведена во производство во 1999 година. Таа е среднодоцна сорта, со висок потенцијал за принос и добар квалитет на зрното, а според типот на зрното, спаѓа во групата фини сорти (Андов & Андреевска, 2010).

Riva е регистрирана во 1997 година (Faivre-Rampant et al., 2011) и според должината на вегетацискиот период се класифицира како среднодоцна сорта (FAO, 2002). Во Македонија била вклучена во програмата за индуцирана мутагенеза кај оризот (Ilieva et al., 2009).

Од поновите италијански сорти, *luna CL* припаѓа на групата сорти од системот Клиарфилд (Clearfield®). Регистрирана е во Италија во 2011 година, а како одговорна организација за сортата е наведена италијанската семенарска задруга Sardo Piemontese Sementi. Станува збор за среднорана сорта со ниско стебло и долго, стаклесто зрно.

Agata е селекционирана од италијанскиот Совет за земјоделски истражувања и анализа на аграрната економија, односно од Центарот за истражување на житните култури во Верчели, регистрирана во 2012 година. Декларирана е како среднорана сорта со кратко, тркалезно зрно и ниско стебло.

Од истиот селекционер, во истата година е регистрирана и сортата *opale* ((*baldo* × *elvo*) × *turbo*). Таа е декларирана како рана сорта, со ниско стебло, добра отпорност кон полегнување и висок потенцијал за принос.

Cammeo е регистрирана во 2015 година и претставува полуџуџеста, високоприносна сорта, отпорна кон полегнување и со зрно од балдо тип.

Меѓу поновите италијански генотипови вклучени во истражувањето се и *carnaval, ribaldo* и *wang*, селекционирани од Bertone Sementi S.p.A.

Carnaval е сорта ориз од типот на *carnaroli*, регистрирана во 2015 година и претставува средновисока и доцна сорта, со долго, бисерно зрно.

Ribaldo е регистрирана во 2016 година и е декларирана како среднодоцна, ниска сорта, со долго, кристално зрно.

Сортата *wang* е понова, регистрирана во Италија во 2022 година и се одликува со среднодоцна вегетација, ниско стебло и добра отпорност кон полегнување.

Lina претставува интродуиран генотип ориз што се чува во Националната основна семенска колекција на УКИМ Земјоделски институт – Скопје, каде што е конзервиран од инж. Бисерка Наумова. Во достапната документација се изоставени основните податоци за овој генотип. Во ова истражување е вклучен како дел од испитуваниот генетски материјал, при што е задржан називот под кој е евидентиран во колекцијата.

4.2. Полски опит и агротехнички мерки

Полските испитувања беа реализирани во две последователни вегетациски сезони, во 2022 и 2023 година, на опитното поле на УКИМ Земјоделски институт – Скопје, лоцирано во Кочанската Котлина, на локалитетот Средорек. Опитната површина се наоѓа на 41°54'35.8" северна географска широчина и 22°24'44.8" источна географска должина. Ова подрачје претставува традиционален оризопроизводен регион во РС Македонија и обезбедува услови погодни за испитување на генетски материјал од ориз во реални производни услови.

Полските опити беа поставени според методот на случаен блок-систем, во три повторувања за секој испитуван генотип. Површината на основната опитна парцелка во едно повторување изнесуваше 3 m². Растојанието меѓу повторувањата, како и растојанието меѓу одделните парцелки, изнесуваше 50 cm.

Опитот беше поставен на алувијална, односно флувијална почва, според класификацијата на почвите во Република Македонија (Филиповски, 1996). Пред поставувањето на опитот беа земени почвени проби за агрохемиска анализа. Анализата беше извршена во Акредитираната лабораторија за контрола на почва, ѓубрива и растителен материјал при УКИМ Земјоделски институт – Скопје. Добиените резултати беа искористени за определување на основното ѓубрење и прихранувањето во текот на вегетацијата.

Во двете години од истражувањето беше применета стандардна агротехника за производство на ориз. Подготовката на почвата опфати основна обработка, орање, ласерско нивелирање на земјиштето, дискување и браносување. Врз основа на резултатите од агрохемиската анализа, беше извршено основно ѓубрење со комплексно минерално ѓубриво NPK 16:16:16, во количество од 400 kg/ha и уреа со 46 % N во количество од 100 kg/ha.

По инкорпорирањето на ѓубривото, беше извршено претсеидбено третирање, со хербицид на база на oxadiazon, за сузбивање на плевелите во оризот, меѓу кои *Heteranthera* spp., *Echinochloa oryzoides*, *Echinochloa crus-galli* и *Cyperus difformis*. Поради специфичниот начин на одгледување на оризот во услови на воден слој, аглите на парцелките беа околчени со дрвени колци, а страните на секоја парцелка и патеките беа означени со коноп (Слика 1). На овој начин беше обезбедено јасно просторно разграничување на генотиповите и повторувањата во рамките на опитната површина.

Сеидбената норма изнесуваше 250 kg/ha. За секое повторување беше употребено по 75 g семе. Пред сеидбата, семето беше потопено во вода во најлонски кеси во времетраење од 48 часа (Слика 2). Сеидбата беше извршена директно во вода, со рачна распрсната сеидба, во претходно означените парцелки. Во првата година од испитувањето, сеидбата беше извршена на 18.05.2022 година, а во втората година на 23.05.2023 година.

По сеидбата, а пред никнењето на посевот, во водата беше забележана вообичаена појава на модрозелени алги. За нивно сузбивање беше применет раствор од син камен, односно бакар(II) сулфат пентахидрат ($CuSO_4 \times 5H_2O$). Поради појава на оризово ракче - тапаќоз (*Triops cancriformis*), беше аплициран пиретроиден инсектицид врз база на комбинација од активните материи chlorpyrifos и cypermethrin.



Слика 1. Фотографија од околчените парцелки (лево), поникнување на семето по рачна распрсната сеидба во вода (средина) и експерименталниот посев во фаза по никнењето, при привремен прекин на дотокот на вода (десно), 2022-2023 година.

По никнењето на оризот, дотокот на вода во парцелата привремено беше прекинат, со цел подобро да се вкоренат растенијата и да се третира посевот против плевели (Слика 1). По дренирањето на водата, експерименталната површина беше третирана со хербициди, со помош на грбна моторна прскалка. За сузбивање на теснолисни плевели, од родот *Echinochloa*, беше применет хербицид на база на cyhalofop-butyl, додека за широколисни плевели, како *Scirpus maritimus* L. и *Cyperus difformis* L., беше применет хербицид на база на bentazone. Два до три дена по третирањето, повторно беше пуштена вода во парцелата.

Во фазата на братење, посевот беше прихранет со минерално азотно ѓубриво амониум нитрат со 34 % N, во количество од 94 kg/ha. По достигнувањето на полна зрелост, кај секој генотип беше определена содржината на влага во зрното со рачен влагомер, со цел да се одреди оптималниот рок за жетва и за да се земат работни мостри (Слика 2).



Слика 2. Потопување на измереното семе по повторувања, 48 часа пред сеидба (лево), определување на содржина на влага во зрното при полна зрелост (десно) и експерименталниот посев со испитуваните генотипови ориз во фаза на братење, 2022 година.

4.3. Фенотипска карактеризација

Во ова истражување беше извршена фенотипска карактеризација на испитуваните генотипови ориз, врз основа на 27 квантитативни и 12 квалитативни својства. Квантитативните својства беа групирани како фенолошки, морфолошки, производни и технолошки показатели, додека квалитативните својства беа оценувани преку визуелни дескриптори поврзани со структурата на метличката и присуството и бојата на осилките.

Мерењето и оценувањето на фенотипските карактеристики беа спроведени според дескрипторите за ориз (*Oryza sativa* L.) на Меѓународниот одбор за растителни генетски ресурси и Меѓународниот институт за истражување на оризот (IBPGR - IRRI, 1980), како и според Стандардниот систем за оцена кај оризот (SES - IRRI, 2013), каде што тоа беше применливо. Квантитативните својства беа измерени со директни мерења во полски и лабораториски услови, додека квалитативните својства беа оценети визуелно, врз основа на описни категории (Табела 4).

Табела 4. Испитувани својства и дескриптори за фенотипска карактеризација

Испитувани својства	Дескриптори за мерење и набљудување
Квантитативни својства	Фенолошки својства: Период до никнење (денови), период до братење (денови), период до вретенисување (денови), период до цветање и метличење (денови) и период до полна зрелост (денови).
	Морфолошки својства: Висина на стебло (cm); Висина на цело растение (cm); Должина на метличка (cm) и Број на примарни гранчиња во метличка. Производни својства: Број на продуктивни метлички на 1m^2; Број на непродуктивни метлички на 1m^2; Број на продуктивни зрна во метличка; Број на непродуктивни зрна во метличка; Маса на метличка (g) Маса на продуктивни зрна во метличка (g). Биолошки принос (kg/ha); Маса на продуктивни метлички (kg/ha); Принос на зрно (kg/ha); Принос на слама (kg/ha). Апсолутна маса на сиров ориз (g); Апсолутна маса на бел ориз (g); Хектолитарска маса на сиров ориз (kg/hl) и Жетвен индекс. Технолошки својства: Процент на: бел ориз - цели зрна (%), кршен ориз (%), лушпа (%) и трици (%).
Квалитативни својства	Структура на метличка:

– Тип на метличка*: исправена, полуисправена и наведната;*
– Компактност на метличка: *збиена, средна и ретка*;
– Присуство, должина и боја на осилки.

Антоцијанска обоеност на лист, апикулус и зрно: отсутна/присутна.

Во текот на вегетацијата беа следени и детерминирани фенофазите никнење, братење, вретенисување, метличење и цветање и полна зрелост (Слика 3). Вредностите за фенолошките својства беа изразени како период од сеидба до појава на соодветната развојна фаза, кај 50 % од растенијата, во секое повторување.

Пред жетвата, од секој генотип и од секое повторување, беа избрани по 10 растенија, по случаен избор, односно, вкупно 30 растенија по генотип. Кај секое избрано растение, во полски услови, беа измерени висина на растение, висина на стебло и должина на метличка (Слика 3). По завршување на мерењата, секоја метличка беше одвоена и ставена во посебен хартиен плик, со цел да се обезбеди следливост на податоците од секое растение. Вкупно беа собрани 1 590 метлички, кои понатаму беа користени за лабораториски испитувања.

Во лабораториски услови беа измерени масата на метличка, бројот на примарни гранчиња во метличка, бројот на продуктивни и непродуктивни зрна во метличка и масата на продуктивни зрна во метличка. Добиените вредности беа изразени во соодветни мерни единици, односно сантиметри (cm), грами (g), килограми по хектар (kg/ha), килограми по хектолитар (kg/hl) и проценти (%), во согласност со Меѓународниот систем на мерни единици (SI).

Жетвата на опитните парцелки беше извршена рачно. Од секој генотип и од секое повторување, со квадратна метода и со употреба на срп, беа земени работни мостри, односно снопови, од површина од 1 m² (Слика 3). Овие мостри понатаму беа користени за пресметување на производните својства и за лабораториска анализа на технолошкиот квалитет на зрното.



Слика 3. Бележење на фенофази (лево), мерење на висина на стебло и должина на метличка (средина), земање работни мостри по квадратна метода (десно), 2022/2023 година

4.4. Лабораториски анализи

По жетвата, за секој генотип и за секое повторување, беа извршени лабораториски анализи на производните и технолошките својства.

Биолошкиот принос беше определен како вкупна надземна биомаса, односно, како збир од масата на сламата и зрното во секој сноп, и беше изразен во kg/ha. Приносот на зрно, односно, сиров ориз, беше пресметан врз основа на масата на изронетото зрно од сноповите и изразен при стандардизирана содржина на влага на зрното, од околу 14 %. Приносот на слама беше пресметан како разлика меѓу биолошкиот принос и приносот на зрно. Жетвениот индекс беше пресметан како однос меѓу приносот на зрно и биолошкиот принос (Donald, 1962; Sinha et al., 1982).

Апсолутната маса, односно масата на 1 000 зрна сиров ориз и масата на 1 000 зрна бел ориз, беше определена според постапката пропишана во Правилникот за начинот на работа, просторната и техничката опременост на овластените лаборатории и методи за испитување на квалитетот на семенскиот материјал кај земјоделските растенија (Службен весник на Р. Македонија, 2007). Хектолитарската маса на сировиот ориз беше определена според стандардот ISO 7971-3:2019 (Слика 4).

По стабилизирањето на мострите од сиров ориз на собна температура, во лабораториски услови, за секоја мостра беше извршена анализа на квалитетот по доработка. Просечни проби од по 100 g сиров ориз (арпа) од секој генотип и повторување беа обработени со лабораториска лупилница - рандманка (Yaşar Makina Sanayi, CRM/125 2T) (Слика 4). Во процесот на лупење и белење беа добиени следниве фракции: цели зрна бел ориз, кршени зрна, трици и лушпа. За секоја фракција беше определена нејзината процентуална застапеност.



Слика 4. Определување на хектолитарската маса на сировиот ориз (лево) и лупење и белење на примероците од ориз (десно), 2023 година

4.5. Статистички анализи

Статистичката обработка на податоците беше извршена со статистичкиот пакет R 4.3.1. (R Core Team, 2023), со примена на соодветни пакети за анализа на варијанса, споредба на средни вредности, мултиваријантна анализа, кластерска анализа и графичко прикажување на резултатите. Анализите беа насочени кон процена на фенотипската варијабилност, влијанието на генотипот и годината, селекцискиот

потенцијал на својствата, меѓусебната поврзаност на анализираните својства и фенотипската оддалеченост меѓу генотиповите.

За квантитативните својства беше применета анализа на варијанса, со цел да се утврди влијанието на генотипот, годината и интеракцијата генотип × година. Анализата беше спроведена според модел, во кој, како извори на варијација, беа вклучени повторувањето, годината, генотипот и нивната интеракција. На тој начин беше овозможено да се процени дали разликите меѓу генотиповите се статистички значајни, дали годината има значајно влијание врз експресијата на својствата и дали генотиповите различно реагираат во двете вегетациски сезони.

За секое квантитативно својство беа пресметани основни дескриптивни статистички показатели: средна вредност, минимална и максимална вредност, опсег на варирање, стандардна девијација, стандардна грешка на средната вредност и коефициент на варијација. Овие показатели беа користени како почетна основа за процена на степенот на варијабилност кај анализираните својства и за споредување на нивната фенотипска менливост во рамките на испитуваната колекција.

Кога со анализата на варијанса беа утврдени статистички значајни разлики, споредбата на средните вредности меѓу генотиповите беше извршена со Tukey HSD тест, при ниво на значајност $p \leq 0,05$. Резултатите од тестот беа прикажани на графиконите, при што, средните вредности, означени со иста буква, не се разликуваат статистички значајно. Покрај споредбата врз основа на двегодишниот просек, Tukey HSD тестот беше применет и одделно за секоја година, со цел да се прикаже реакцијата на генотиповите во секоја од двете вегетациски сезони.

За процена на генетската и фенотипската варијабилност беа пресметани генотипскиот коефициент на варијација (GCV), фенотипскиот коефициент на варијација (PCV), херитабилноста во поширока смисла (H^2) и очекуваниот генетски напредок како процент од средната вредност (GAM). Компонентите на варијанса беа проценети од средините на квадратите, добиени со анализата на варијанса. Генотипската варијанса беше пресметана како $Vg = (MSg - MSgy)/(r \cdot y)$, варијансата на интеракцијата генотип × година како $Vgy = (MSgy - MSe)/r$, а варијансата на грешката како $Ve = MSe$, каде што r го претставува бројот на повторувања, а y - бројот на години. Фенотипската варијанса, на ниво на средни вредности, беше пресметана како $Vp = Vg + Vgy/y + Ve/(r \cdot y)$, додека херитабилноста во поширока смисла беше пресметана како $H^2 = Vg/Vp$.

Очекуваниот генетски напредок беше пресметан според формулата $GA = k \cdot H^2 \cdot \sqrt{Vp}$, при интензитет на селекција од 5 % ($k = 2,06$), а генетскиот напредок, изразен како процент од средната вредност, беше пресметан како $GAM = 100 \cdot GA / \bar{x}$. Кај својствата, кај кои проценетата генотипска варијанса беше нула или негативна, генетските параметри не беа пресметувани и беа соодветно означени. На овој начин беше овозможена процена на релативното учество на наследната компонента во експресијата на својствата и идентификација на својствата со поголем селекциски потенцијал.

Меѓусебната поврзаност на квантитативните својства беше анализирана преку фенотипски и генотипски корелации. Фенотипските корелации беа пресметани како Пирсонови коефициенти на линеарна корелација врз основа на средните вредности на генотиповите. Генотипските корелации беа проценети врз основа на компонентите на генотипска коваријанса и генотипска варијанса, според формулата $rg = COVg / \sqrt{(Vg1 \cdot Vg2)}$. Значајноста на фенотипските корелации беше тестирана на нивоа $p < 0,05$, $p <$

0,01 и $p < 0,001$. Резултатите од корелацискатa анализа беа прикажани на топлински мапи.

За подетално толкување на односите меѓу компонентите на продуктивноста, беше применета path-анализа, односно анализа на патеки, на фенотипско ниво. Со оваа анализа, вкупната корелација меѓу секое својство и зависната променлива, беше разделена на директни и индиректни ефекти. Како зависна променлива беше земена масата на продуктивните зрна во метличка, бидејќи ова својство е непосредно поврзано со продуктивноста на поединечната метличка и е мерено, на исто ниво, како дел од независните својства. Како независни променливи беа вклучени пет својства, избрани врз основа на нивната агрономска релевантност. Значајноста беше тестирана само за директните ефекти, преку t-тест за стандардизираните парцијални регресиски коефициенти.

За издвојување на својствата со најголем придонес во вкупната варијабилност на генотиповите, беше применета анализа на главни компоненти (PCA). Во толкувањето беа земени предвид главните компоненти, со сопствена вредност поголема од 1. Распоредот на генотиповите и односот меѓу анализираните својства беа прикажани на дводимензионален биплот, со што беше овозможено визуелно согледување на главните насоки на фенотипска диференцијација во испитуваната колекција.

Фенотипската оддалеченост меѓу генотиповите врз основа на квантитативните својства беше оценета со примена на Еуклидова дистанца, пресметана од стандардизирани вредности на својствата. Врз основа на добиената матрица на дистанци беше изработена топлинска мапа и беше спроведена хиерархиска кластерска анализа со Вардовиот метод (Ward.D2). Бројот на кластери беше определен со Gap-статистиката (Tibshirani et al., 2001), според правилото дека се избира најмалиот K кај кој $Gap(K) \geq Gap(K+1) - s(K+1)$.

За интегрирана процена на фенотипската варијабилност врз основа на квантитативните и квалитативните својства беше применета Говерова дистанца, која овозможува истовремено вклучување на континуирани и категориски променливи во единствена матрица на различност меѓу генотиповите. Кластерската анализа беше спроведена врз квадратниот корен од Говеровата дистанца, кој е Еуклидов (Gower, 1971). Бројот на кластери и во овој случај беше определен со Gap-статистиката, а резултатите беа прикажани со топлинска мапа и дендрограм.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

5.1. Варијабилност на квантитативните својства

Квантитативните својства кај оризот се комплексни карактеристики, контролирани од поголем број гени и, во различен степен, условени од факторите на надворешната средина (Falconer & Mackay, 1996; Allard, 1999). Нивната анализа овозможува процена на фенолошката, морфолошката, производната и технолошката варијабилност на испитуваните генотипови, како и издвојување материјал со потенцијал за понатамошна селекција.

Во ова истражување беа анализирани 53 генотипови ориз (*Oryza sativa* L.) во две последователни вегетациски сезони. Анализата на варијанса беше применета за утврдување на значајноста на разликите меѓу генотиповите, влијанието на годината и интеракцијата генотип × година, врз експресијата на испитуваните својства.

Резултатите покажаа дека генотипот, годината и нивната интеракција имаа значајно влијание врз најголем дел од анализираните својства, што укажува дека нивната експресија е условена и од генетската основа на генотиповите и од промените во условите на средината.

5.1.1. Варијабилност на должината на траење на фенолошките фази

Фенолошкиот развој кај оризот го опфаќа редоследот на развојни промени од поникнување, преку раниот вегетативен раст и преминот кон репродуктивна фаза, до цветање и метличење и полна зрелост. Времетраењето на овие фази е еден од основните показатели за адаптабилноста на генотиповите, должината на вегетацискиот период и можноста за нивно користење во различни агроеколошки услови. Во ова истражување, сите фенолошки својства се изразени како период од сеидбата до регистрирањето на соодветната фаза во парцелката, во согласност со применетите дескриптори за ориз и со принципот на фенолошка евалуација на развојниот циклус.

Анализата на варијанса покажа дека генотипот, годината и интеракцијата генотип × година имаа високозначајно влијание врз сите анализирани фенолошки својства (Табела 5). Отсуството на значаен ефект на повторувањата укажува дека експерименталните услови во рамките на повторувањата биле релативно изедначени и дека утврдените разлики, главно, произлегуваат од генотипската основа, условите во годината и нивната меѓусебна интеракција.

Високозначајниот ефект на годината покажува дека агроеколошките услови во двете сезони значајно ја менувале динамиката на развојните фази. Овој резултат е очекуван, бидејќи фенолошките својства кај оризот се чувствителни на температурата, должината на денот и условите во текот на вегетацијата, што е во согласност со наодите на Zong et al. (2024), кои укажуваат дека температурата и должината на денот заеднички влијаат врз времето на метличење кај оризот. Истовремено, високозначајниот ефект на генотипот потврдува дека во испитуваниот материјал постои реална генотипска варијабилност за должината на фенофазите, што претставува основа за разграничување на раностасни и подоцностасни форми, во зависност од агроеколошките услови и селекциските цели (Adhikari et al., 2018; Yadav et al., 2023).

Посебно значајна е високозначајната интеракција генотип × година, бидејќи таа покажува дека генотиповите не ја задржале истата реакција во двете години. Кај дел

од својствата, интеракцијата се изрази како промена на апсолутните вредности, а кај други и како промена на редоследот на генотиповите. Затоа фенолошките својства не треба да се толкуваат само како стабилни сортни карактеристики, туку како резултат на заедничкото дејство на генотипот и средината. Ова е особено важно при селекција за должина на вегетациски период, бидејќи изборот на раностасни или подоцностасни генотипови бара проверка во повеќе години.

Табела 5. Анализа на варијанса на фенолошките својства кај испитуваните генотипови ориз

Извор на варијација	Степен на слобода	Средина на квадрати				
		Денови до никнување	Денови до братење	Денови до вретенисување	Денови до цветање и метличење	Денови до полна зрелост
Повторување	2	0,14 нз	0,04 нз	0,35 нз	0,20 нз	0,29 нз
Година (А)	1	903,45 ***	72,65 ***	2 808,3 ***	4 349,0 ***	1 454,1 ***
Генотип (Б)	52	4,99 ***	3,15 ***	71,09 ***	68,88 ***	116,56 ***
А × Б	52	2,97 ***	3,60 ***	35,76 ***	33,71 ***	36,69 ***
Грешка	210	0,34	0,35	0,42	0,35	0,84

5.1.1.1. Број на денови до поникнување

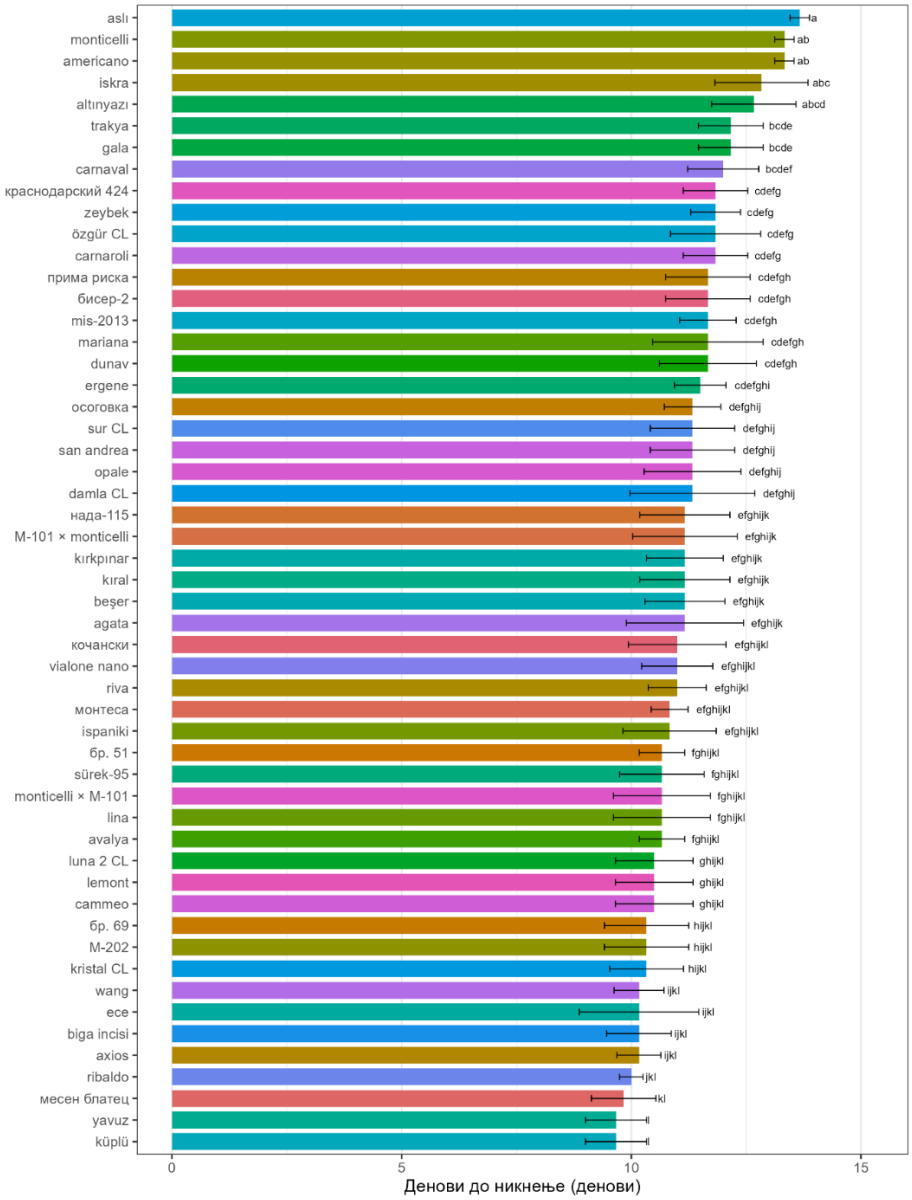
Периодот до поникнување го означува почетокот на развојниот циклус и ја одразува брзината на воспоставување на посевот. Кај испитуваните генотипови беа утврдени релативно тесни, но статистички значајни разлики, при што, просечните вредности се движеа од 9,7 до 13,7 дена (Графикон 1а). Најдолго време до поникнување беше забележано кај *aslı* (13,7 дена), *americano* и *monticelli* (по 13,3 дена), додека најмалку денови до поникнување им беа потребни на генотиповите *küplü* и *yavuz* (по 9,7 дена), како и на *месен блатец* (9,8 дена). Овие разлики укажуваат дека, и во раната фаза на развој, постои генотипска варијабилност, иако опсегот на варирање е помал во споредба со подоцнежните фенолошки фази.

Годината на испитување значајно влијаеше врз поникнувањето. Просечната вредност се намали од 12,88 денови во 2022 година, на 9,51 денови во 2023 година, односно за 26,17 % (Графикон 1б). Ова скратување е во согласност со високозначајниот ефект на годината во анализата на варијанса (Табела 5) и со резултатите на Shah et al. (2023), кои во двегодишно истражување кај ориз утврдиле значајно влијание на годината врз должината на развојниот циклус.

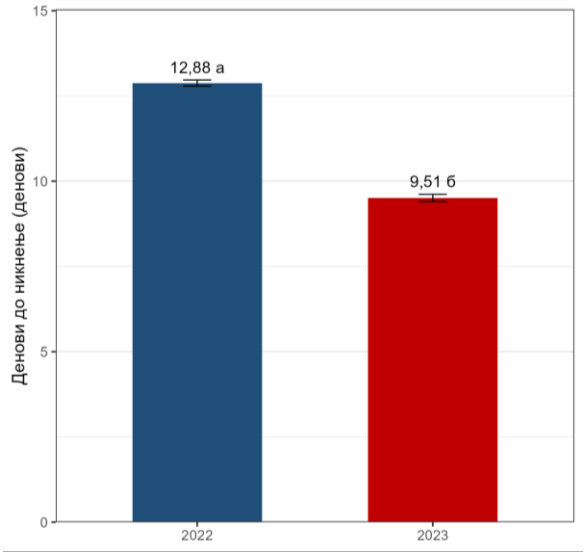
Двопанелниот приказ на Графикон 1в открива дека скратувањето на периодот до поникнување во 2023 година било речиси општо: од 53 генотипови, само *americano* покажа продолжување (од 13,0 на 13,7 дена), додека кај 50 генотипови периодот се скрати.

Во 2022 година најдолго време до поникнување им било потребно на *iskra* (15,0 дена), *altınyazı* (14,7) и *damla CL* (14,3), а најбрзо поникнале *ribaldo* (10,3) и *axios* (11,0). Во 2023 година најдоцна поникнале *americano* и *aslı* (по 13,7 дена) и *monticelli* (13,3), што ги издвојува како единствени генотипови кои не реагирале на променетите услови. Најбрзо поникнал генотипот *ece* (7,3), а по него *M-202*, *agata* и *damla CL* (по 8,3 дена). Најизразено скратување на периодот до поникнување во 2023 година, во однос на 2022 година, беше утврдено кај *damla CL* (-6,0 дена) и *agata* (-5,7 дена), при што овие генотипови од горниот дел на распределбата во 2022 година беа преместени за 41, односно 39 места надолу во 2023 година. Наспроти нив, генотиповите *ribaldo* и *axios*

се поместија за 37 и 27 места нагоре, иако нивните апсолутни вредности се променија за помалку од два дена.



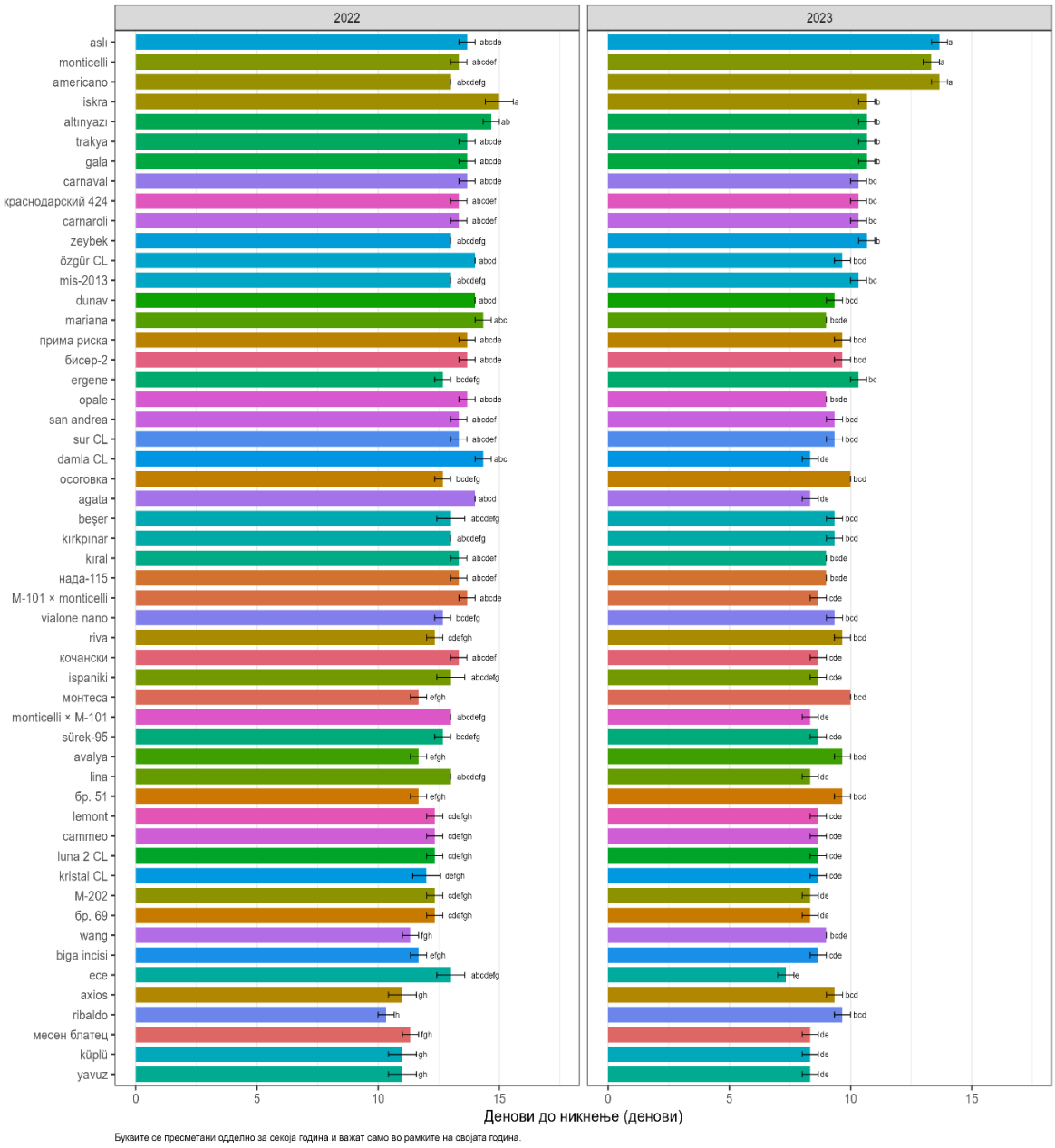
Графикон 1а. Просечни вредности за периодот до поникнување кај испитуваните генотипови



Графикон 1б. Просечни вредности за периодот до поникнување кај испитуваниот материјал во двете години

Ваквата реакција покажува дека почетниот развој е силно условен од надворешните услови, во годината на испитување, што е во согласност со наодите на Ahmad et al. (2020), Fujino (2020), Shah et al. (2023), Zong et al. (2024) и Modarresi (2026).

Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од 2022 и 2023 година изнесуваше $\rho = 0{,}306$ ($p \leq 0{,}05$), што го вбројува периодот до поникнување во групата својства со ниска стабилност (Табела 9). Тоа покажува дека редоследот на генотиповите делумно се менувал меѓу годините и дека изборот направен во една сезона не мора целосно да се потврди во следната. Ваквото толкување е во согласност со проценетата херитабилност од 40,38 % и генетскиот напредок од 6,77 % од средната вредност (прикажани во потпоглавје 5.2.), кои укажуваат дека ова својство има ограничена вредност како самостоен селекциски критериум, но е корисно за почетна фенолошка карактеризација на материјалот. Добиените вредности се во согласност со резултатите на Fauzi et al. (2022), кои укажуваат на постоење генотипска варијабилност во брзината на поникнување и раниот развој кај оризот. Варијабилноста утврдена за должината на периодот до поникнување е во согласност и со наодите на Modarresi (2026), кој, кај локални генотипови ориз од Иран, утврдил статистички значајни генотипски разлики.

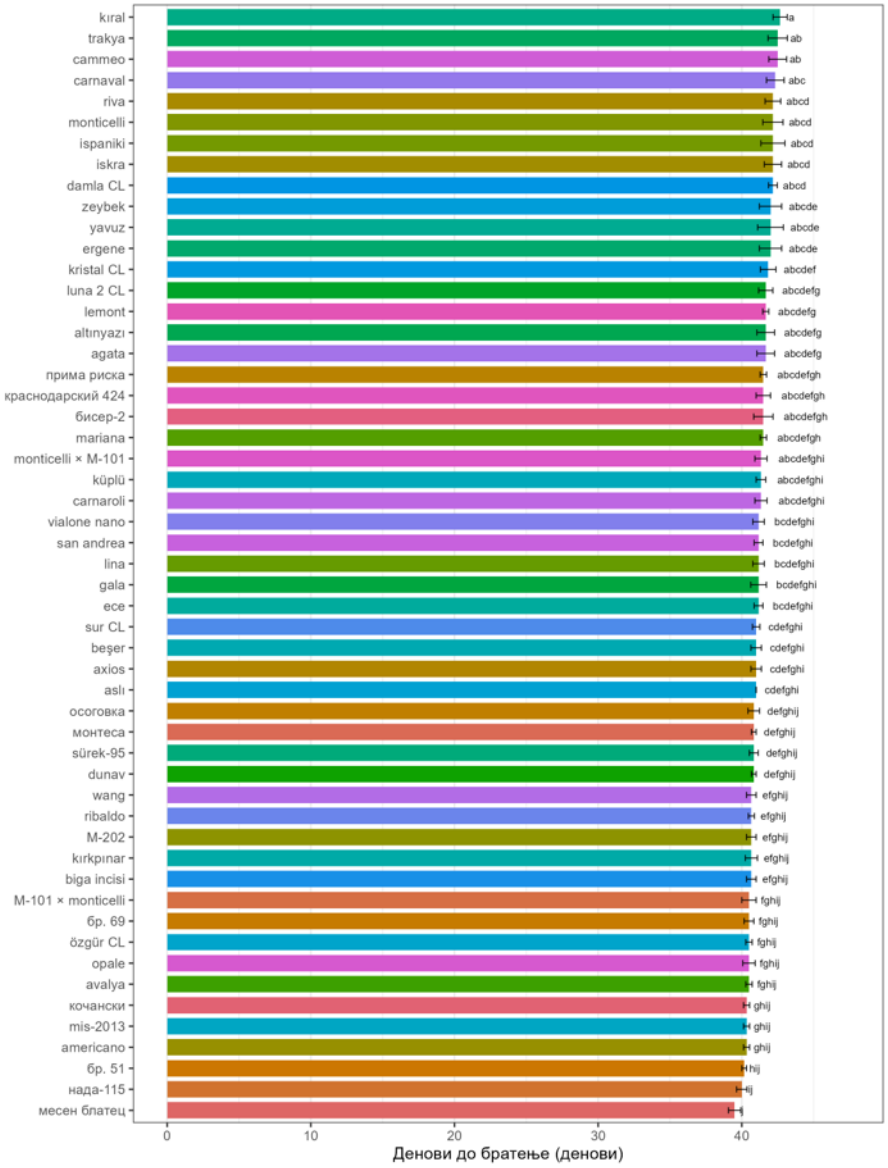


Графикон 1в. Просечни вредности за периодот до поникнување кај испитуваните генотипови по години

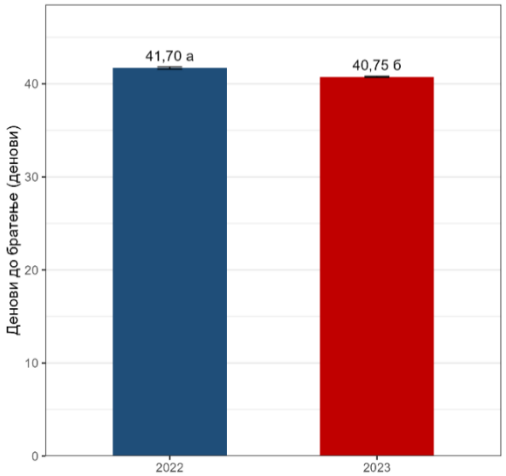
5.1.1.2. Број на денови до братење

Периодот до братење ја одразува динамиката на раниот вегетативен развој кај оризот. Во ова истражување, ова својство се толкува како број на денови од сеидбата до регистрирање на фазата братење во парцелката, односно до моментот кога растенијата јасно влегуваат во вегетативна фаза на формирање братимки. Во системите за фенолошко опишување, братењето се поврзува со раните V-фази на развојот, при што појавата на првата братимка, вообичаено, се надоврзува на развојот на третиот лист на главното стебло (Counce et al., 2000).

Просечните вредности за бројот на денови до братење се движеа од 39,5 до 42,7 дена (Графикон 2а), што укажува на ограничена, но статистички потврдена варијабилност меѓу генотиповите.



Графикон 2а. Просечни вредности за периодот до братење кај испитуваните генотипови



Графикон 2б. Просечни вредности за периодот до братење кај испитуваниот материјал во двете години

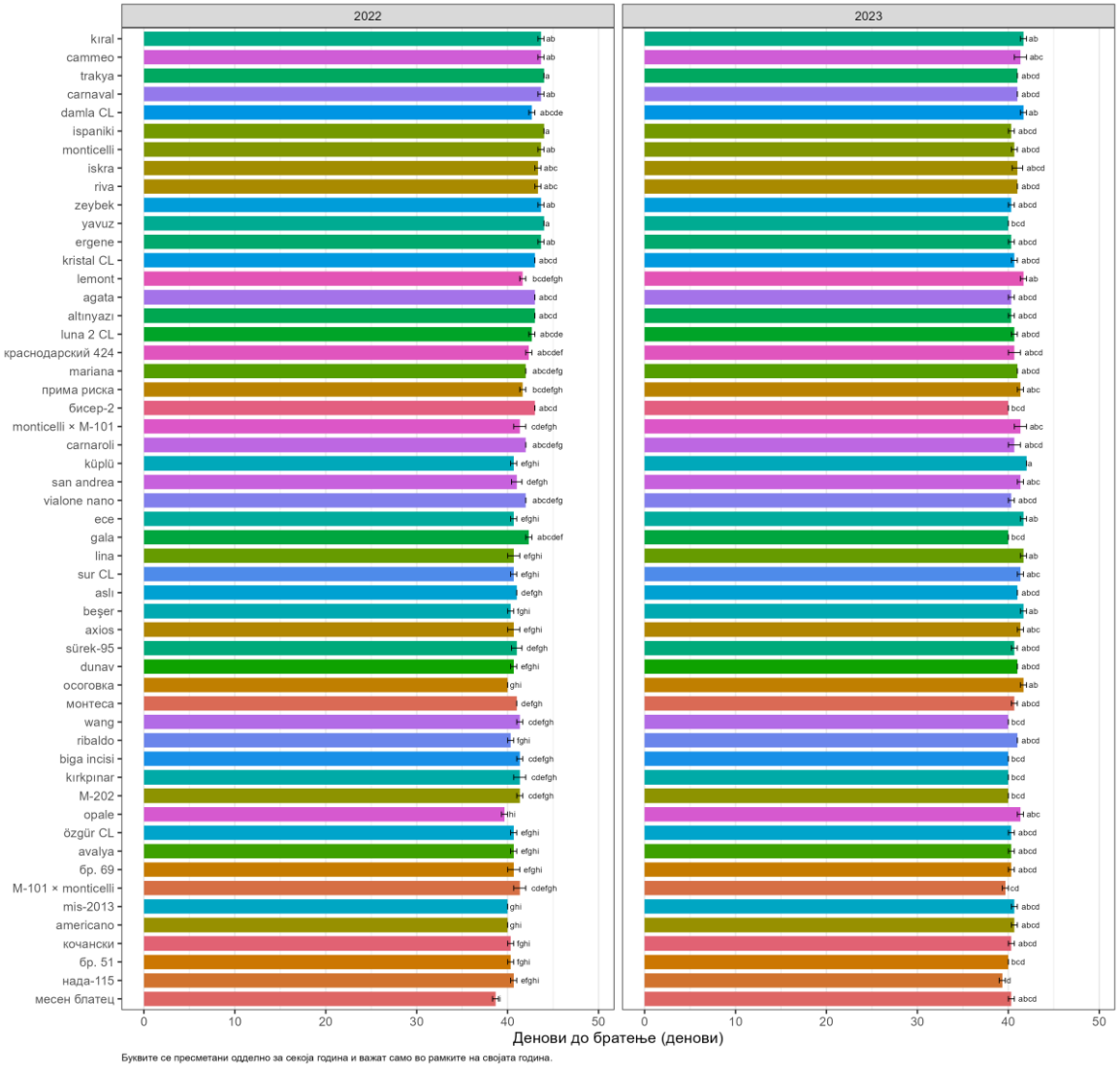
Најдолго време до братење беше утврдено кај *kıral* (42,7 дена), *trakya*, *cammeo* (по 42,5 дена) и *carnaval* (42,3 дена), додека најкраток период имаше *месен блатец* (39,5 дена),

по што следуваа *нада-115, бр. 51, кочански, americano* и *mis-2013*. Генотипот *месен блатец* статистички значајно се издвојува од дел од генотиповите со најкусо траење на периодот до братење. Преклопувањето на Tukey-групите кај голем дел од генотиповите покажува дека разликите се постепени и дека статистичкото разграничување е најјасно меѓу крајните вредности.

Средната вредност за ова својство се намали од 41,70 дена во 2022 година на 40,75 дена во 2023 година, односно за 2,29 % (Графикон 2б). Иако апсолутната разлика меѓу годините е мала, таа беше статистички значајна и е во согласност со ефектот на годината, утврден во анализата на варијанса (Табела 5). Слични вредности и варирање во времетраењето на периодот до братење кај ориз прикажале Jayapriya et al. (2016), додека Shah et al. (2023) нагласуваат дека годината може значајно да влијае врз развојниот циклус и приносните својства кај оризот.

Графикон 2в покажува дека интеракцијата генотип × година кај братењето, не се должи на големината на промената, туку, пред сè, на нејзината насока. Кај 14 генотипови, периодот до братење се продолжил, а кај 35 се скратил, при вкупен опсег на промена од само шест дена. Во 2022 година највисоки вредности имаа *ispaniki, trakya* и *yavuz* (по 44,0 дена), а најниски *месен блатец* (38,7 дена) и *opale* (39,7 дена). Во 2023 година, најдолг период до братење имаа *küplü* (42,0 дена), *beşer, damla CL* и *ece* (по 41,7 дена), додека на генотиповите *нада-115* (39,3 дена) и *M-101 × monticelli* (39,7 дена), им беше потребен најкраток период да ја достигнат фазата братење. Најизразено скратување беше утврдено кај *yavuz* (−4,0 дена) и *ispaniki* (−3,7 дена), кои се поместија за 43, односно 32 места надолу. Спротивно, *осоговка, opale* и *месен блатец* го продолжија периодот за по 1,7 дена и се искачија за 47, 43 и 20 места. Дел од генотиповите, како *aslı, lemont, monticelli × M-101* и *кочански*, ја задржаа истата вредност во двете години. Ова покажува дека, кај братењето, интеракцијата е резултат на спротивни поединечни реакции при мал просечен опсег, што е во согласност со резултатите на Islam et al. (2019), Wu et al. (2021), Ranjkesh & Talubaghi (2023), Shah et al. (2023) и Periyasamy et al. (2026).

Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од 2022 и 2023 година изнесуваше $\rho = -0{,}127$ и не беше статистички значајна (Табела 9). Ова го вбројува периодот до братење во групата својства со ниска стабилност и покажува дека редоследот на генотиповите не се повторувал меѓу двете сезони. Времетраењето на периодот до братење е и единственото фенолошко својство кај кое генотипската варијанса во ова истражување беше негативна, поради што, херитабилноста и генетскиот напредок, не беа проценливи (потпоглавје 5.2.3). Затоа бројот на денови до братење има ограничена вредност како селекциски критериум и треба да се користи, главно, како дополнителен показател за раниот вегетативен развој.

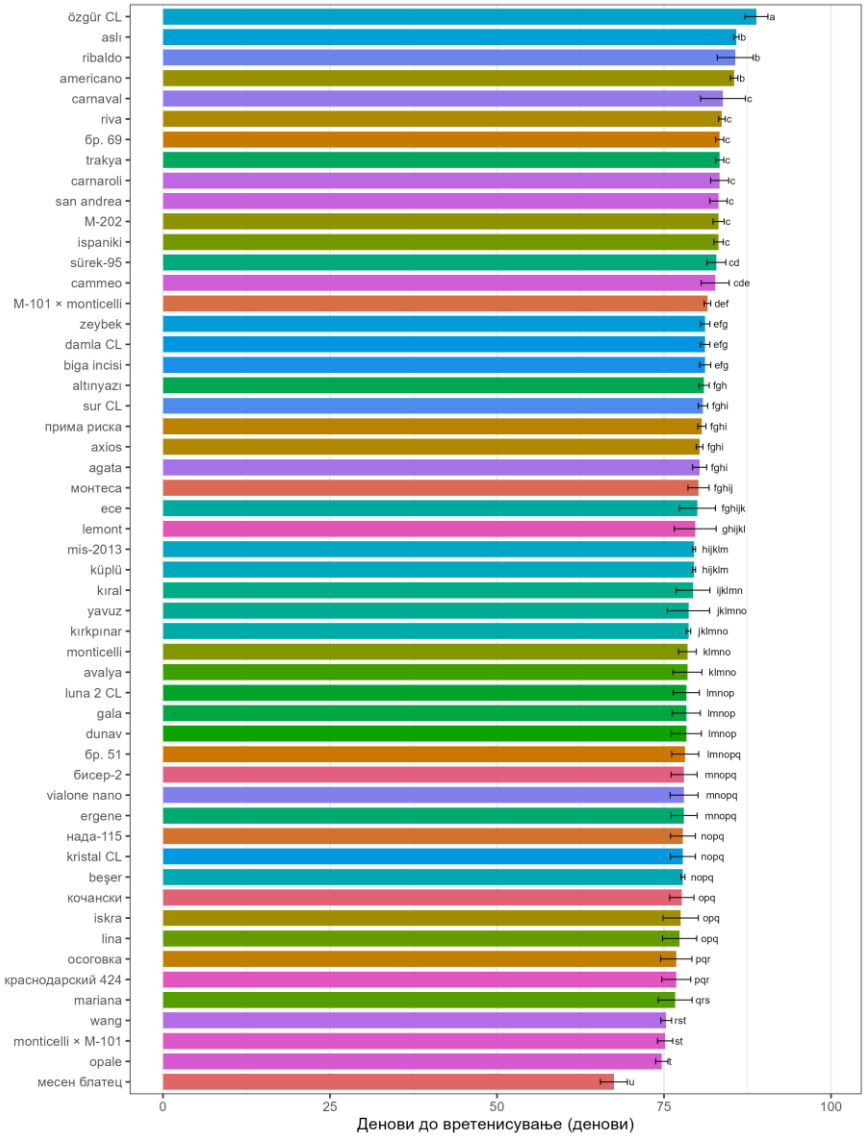


Графикон 2в. Просечни вредности за периодот до братење кај испитуваните генотипови по години

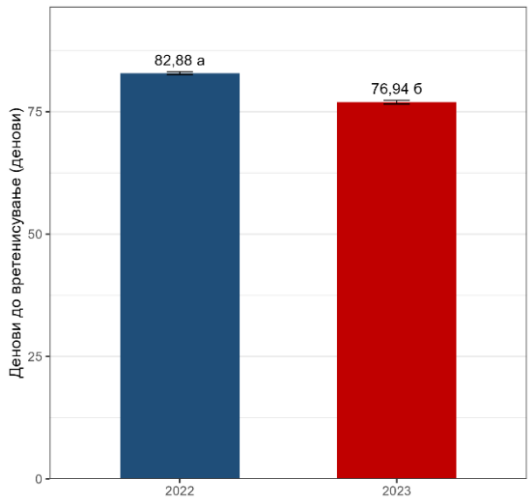
5.1.1.3. Број на денови до вретенисување

Периодот до вретенисување го означува времето од сеидбата до почетокот на видливиот премин кон репродуктивен развој, кога развиената метличка се формира во обвивката на листот, и растението навлегува во фазата пред цветање и метличење. Ова својство е важно бидејќи го поврзува вегетативниот раст со почетокот на репродуктивната фаза и претставува показател за должината и темпото на развојниот циклус.

Кај испитуваните генотипови беа утврдени изразени разлики во бројот на денови до вретенисување, со просечни вредности од 67,5 до 88,8 дена (Графикон 3а). Најдолго траење на периодот до вретенисување беше утврдено кај *özgür CL* (88,8 дена), *aslı* (85,8 дена), *ribaldo* (85,7 дена), *carnaval* (83,8 дена), *trakya* и *carnaroli* (по 83,3 дена) и *san andrea* (83,2 дена), додека најкраток период имаше *месен блатец* (67,5 дена). Поширокиот опсег во споредба со поникнувањето и братењето укажува на посилна генотипска диференцијација во преминот кон репродуктивниот развој.



Графикон 3а. Просечни вредности за периодот до вретенисување кај испитуваните генотипови



Графикон 3б. Просечни вредности за периодот до вретенисување кај испитуваниот материјал во двете години

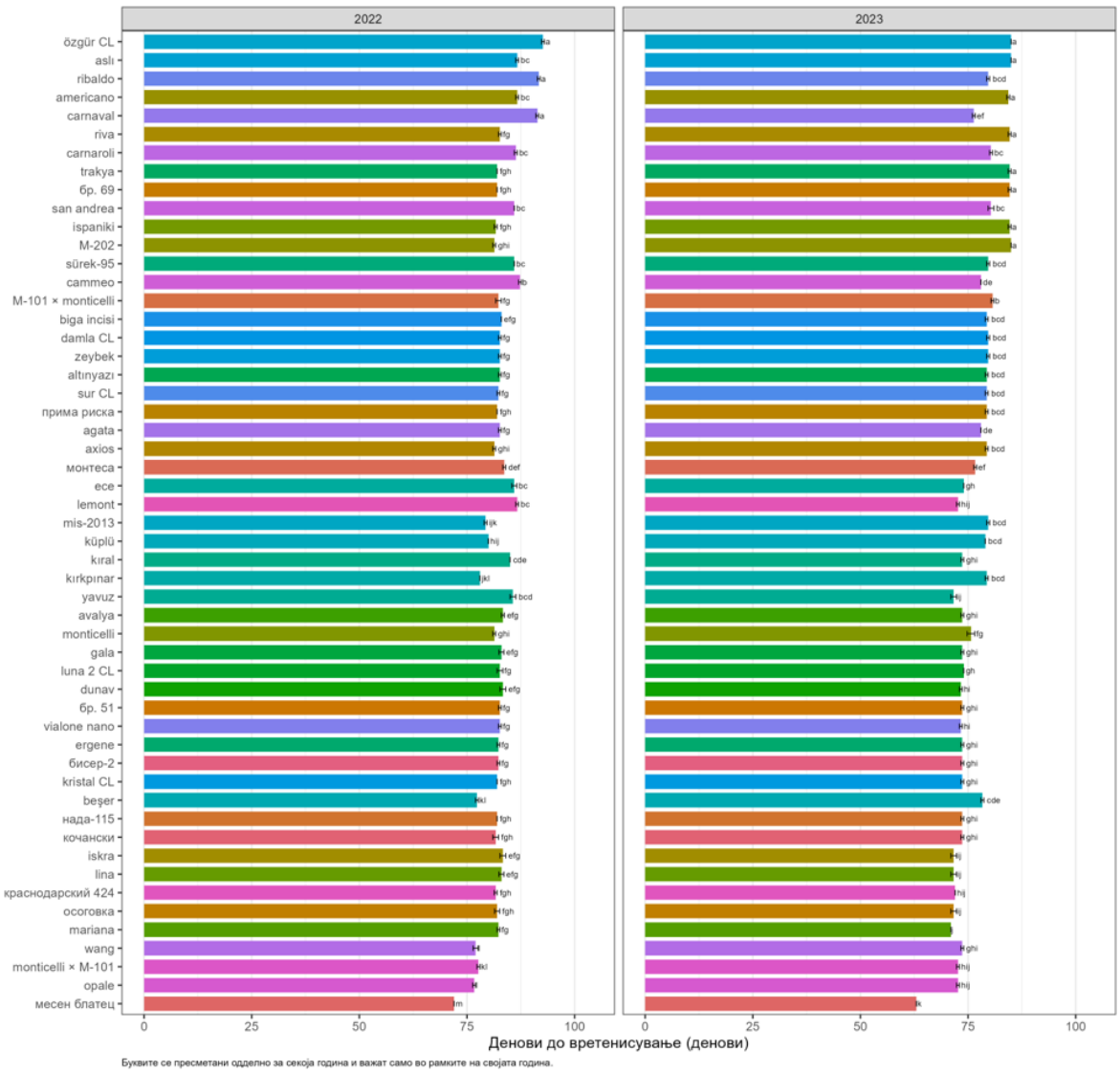
Просечната вредност за бројот на денови до вретенисување кај целиот испитуван материјал изнесуваше 82,88 дена во 2022 година и 76,94 дена во 2023 година, што претставува намалување од 7,17 % (Графикон 3б). Овој резултат го потврдува високозначајниот ефект на годината утврден во анализата на варијанса и покажува дека условите во конкретната сезона влијаеле врз времето на настапување на оваа фаза. Сличен опсег на варирање, за времето до вретенисување, е прикажан од Dash et al. (2013),

додека Modarresi (2026), потврдил значајни генотипски разлики кај локални генотипови ориз.

Приказот по години (Графикон 3в) покажува дека промената кај вретенисувањето била претежно еднонасочна, односно, кај 45 генотипови периодот се скратил, а само кај осум се продолжил. Во 2022 година, најдолго време до вретенисување им било потребно на генотиповите *özgür CL* (92,7 дена), *ribaldo* (91,7 дена) и *carnaval* (91,3 дена), додека најкратки вредности беа утврдени кај *месен блатец* (72,0 дена) и *opale* (76,7 дена). Во 2023 година, *özgür CL* остана во горниот дел од распределбата, со 85,0 дена, но со истата вредност се изедначија и *M-202* и *aslı*, додека *месен блатец* повторно беше најран, со 63,0 дена.

Најизразено скратување на периодот до вретенисување беше утврдено кај *carnaval* (-15,0 дена), *lemont* и *yavuz* (по -14,0 дена), при што, *lemont* и *yavuz* се поместија за 39, односно 36 места надолу во редоследот. Во обратна насока се движеа *M-202* (+3,7 дена, +42 места) и *ispaniki* (+3,0 дена, +36 места). Најмала промена забележаа *mis-2013* (79,3 наспроти 79,7 дена) и *beşer*, кај кои разликата меѓу годините не надминуваше еден ден. Овие резултати ја потврдуваат високозначајната интеракција генотип × година и се во согласност со констатациите на Debsharma et al. (2021), Wu et al. (2021), Mohtashami (2023), Zong et al. (2024) и Kwak et al. (2026).

Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од 2022 и 2023 година изнесуваше $\rho = 0{,}158$ и не беше статистички значајна (Табела 9), поради што, бројот на денови до вретенисување се вбројува во групата својства со ниска стабилност. Тоа значи дека изборот на генотипови со порано- или подоцновретенисување, врз основа на една сезона, не е доволно сигурен. Во согласност со параметрите, анализирани во потпоглавје 5.2, каде што херитабилноста за ова својство изнесува 49,69 %, а очекуваниот генетски напредок 4,41 % од средната вредност, ова својство има ограничена вредност за директна селекција, но е важно за процена на должината на вегетацискиот период и адаптабилноста. Konak et al. (2021) и Fazal et al. (2022), исто така, укажуваат дека фенолошките дескриптори придонесуваат за разграничување на испитуваните генотипови, особено кога се анализираат заедно со морфолошките и приносните својства.

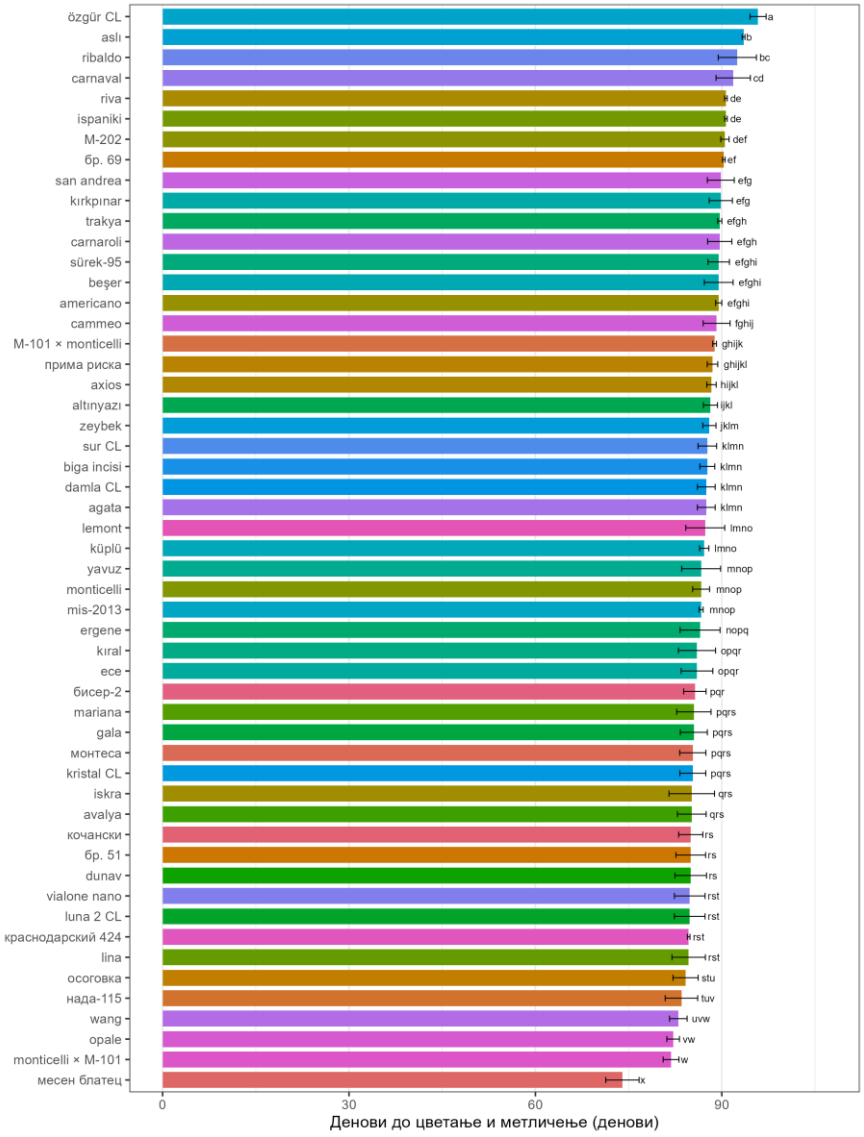


Графикон 3в. Просечни вредности за периодот до вретенисување кај испитуваните генотипови по години

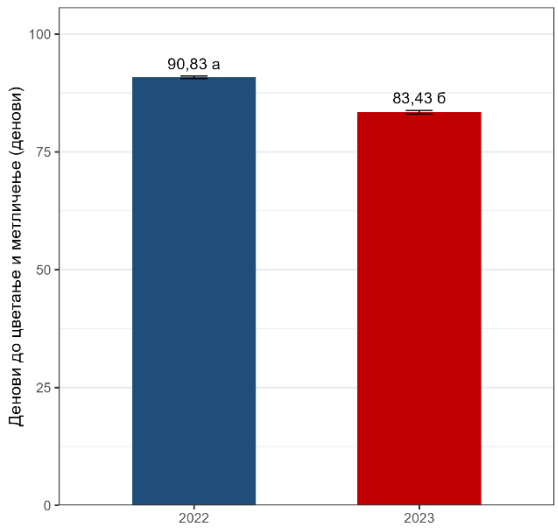
5.1.1.4. Број на денови до цветање и метличење

Периодот до цветање и метличење претставува еден од најважните фенолошки показатели за преминот на оризот од вегетативна во репродуктивна фаза. Во ова истражување својството е изразено како број на денови од сеидбата до регистрирање на метличење и цветање во парцелката. Бидејќи оваа фаза е тесно поврзана со должината на вегетацискиот период, таа има значајна улога при разграничување на раностасни и подоцностасни генотипови.

Просечните вредности за ова својство се движеа од 74,0 до 95,8 дена (Графикон 4а), што покажува јасна диференцијација на испитуваниот материјал.



Графикон 4а. Просечни вредности за периодот до цветање и метличење кај испитуваните генотипови



Графикон 4б. Просечни вредности за периодот до цветање и метличење кај испитуваниот материјал во двете години

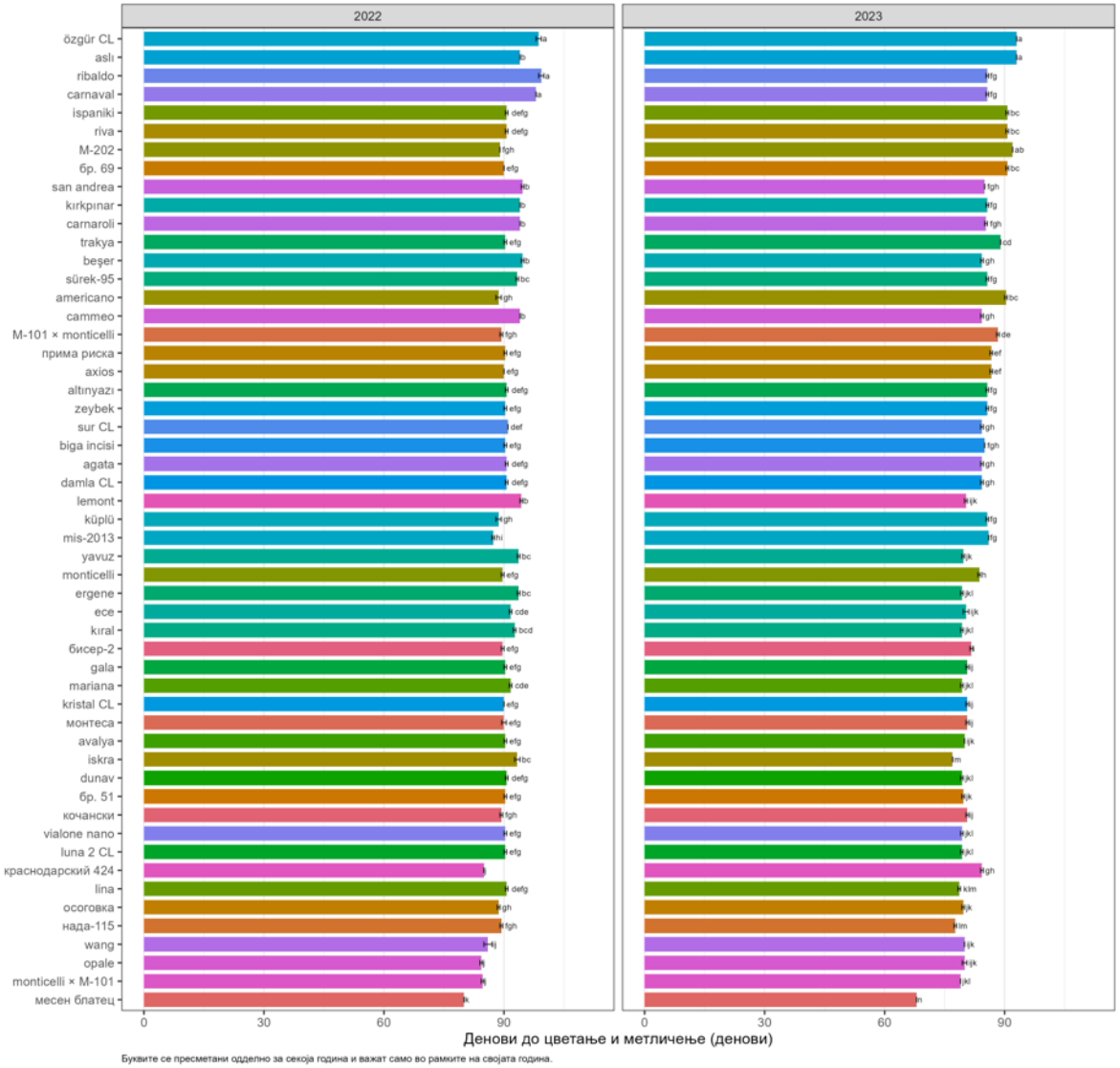
Најдолго време до цветање и метличење беше утврдено кај *özgür CL* (95,8 дена), кој статистички значајно се издвојуваше од останатите генотипови, а високи вредности имаа и *aslı* (93,5 дена) и *ribaldo* (92,5 дена). Пониски вредности, односно пократко траење на периодот до цветање и метличење, беа утврдени кај *monticelli × M-101* (81,8 дена), *opale* (82,2 дена), *wang* (83,0 дена), *нада-115* (83,5 дена) и *осоговка* (84,2 дена). Најкраток период беше утврден кај *месен блатец* (74,0 дена), со што овој генотип статистички значајно се издвојуваше од останатите како најран според испитуваното својство.

На ниво на целиот анализиран материјал, просечната вредност за ова својство се намали од 90,83 дена во 2022 година, на 83,43 дена во 2023 година, односно за 8,14 % (Графикон 4б). Разликата меѓу годините беше високозначајна, што го потврдува влијанието на сезонските услови врз настапувањето на оваа фенолошка фаза. Слична варијабилност во бројот на денови до цветање е прикажана од Ranawake et al. (2014), Ahmad et al. (2020), Barhate et al. (2021) и Shyamalee & Ranawake (2024), кои, исто така, укажуваат дека ова својство има висока вредност при фенолошка карактеризација на оризот.

Од сите фенолошки фази, цветањето и метличењето покажува најизразено преуредување на редоследот (Графикон 4в). Само три генотипа биле подоцни, додека кај 48 генотипа оваа фенофаза во 2023 година настапила порано. Во 2022 година најдоцна формираа метлички и цветаа ribaldo (99,3 дена), *özgür CL* (98,7 дена) и *carnaval* (98,0 дена), а први *месен блатец* (80,0 дена) и *opale* (84,3 дена). Во 2023 година највисоки вредности имаа *aslı* и *özgür CL* (со по 93,0 дена), веднаш зад нив *M-202* (92,0 дена), додека *месен блатец* повторно се издвојуваше како најран генотип со 68,0 дена, односно девет дена пред *iskra* (77,0 дена).

Најизразено скратување на периодот до цветање и метличење беше забележано кај *iskra* (-16,3 дена), *ergene* (-14,3 дена) и *lemont* (-14,0 дена), кои се поместија за 39, 32 и 29 места надолу во редоследот. Обратно, *M-202* и *americano* го продолжија периодот за 3,0, односно 1,7 дена и се искачија за 41, односно 38 места. Стабилни останаа *ispaniki* и *riva*, кои во двете години имаа идентични вредности од 90,7 дена. Ваквото преуредување на редоследот кај времето на метличење е во согласност со Kwak et al. (2026), кои покажале дека времето на метличење, кај генотипови ориз од подвидот *japonica,* е условено од заедничкото дејство на генетските фактори и условите на надворешната средина, што ја нагласува важноста на нивната интеракција и е значајно за предвидување на адаптацијата на генотиповите. Дополнително, значајната улога на генотипот, средината и нивното меѓусебно дејство, во експресијата на времето на цветање и цветање, ја истакнуваат и Ahmad et al. (2020), Fujino (2020), Shah et al. (2023), Zong et al. (2024) и Jeke et al. (2026).

Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини, од 2022 и 2023 година, изнесуваше $\rho = 0{,}127$ и не беше статистички значајна (Табела 9), што го класифицира ова својство во групата со ниска стабилност. Тоа значи дека, и покрај јасните разлики меѓу генотиповите, нивниот редослед значително се менувал меѓу годините. Од селекциски аспект, генотиповите со порано цветање и метличење може да бидат значајни во средини каде што е потребно порано завршување на вегетацијата, додека подоцностасните форми може да бидат корисни во услови што дозволуваат подолг развоен циклус. Сепак, поради ниската стабилност, изборот треба да се потврди во повеќе сезони.



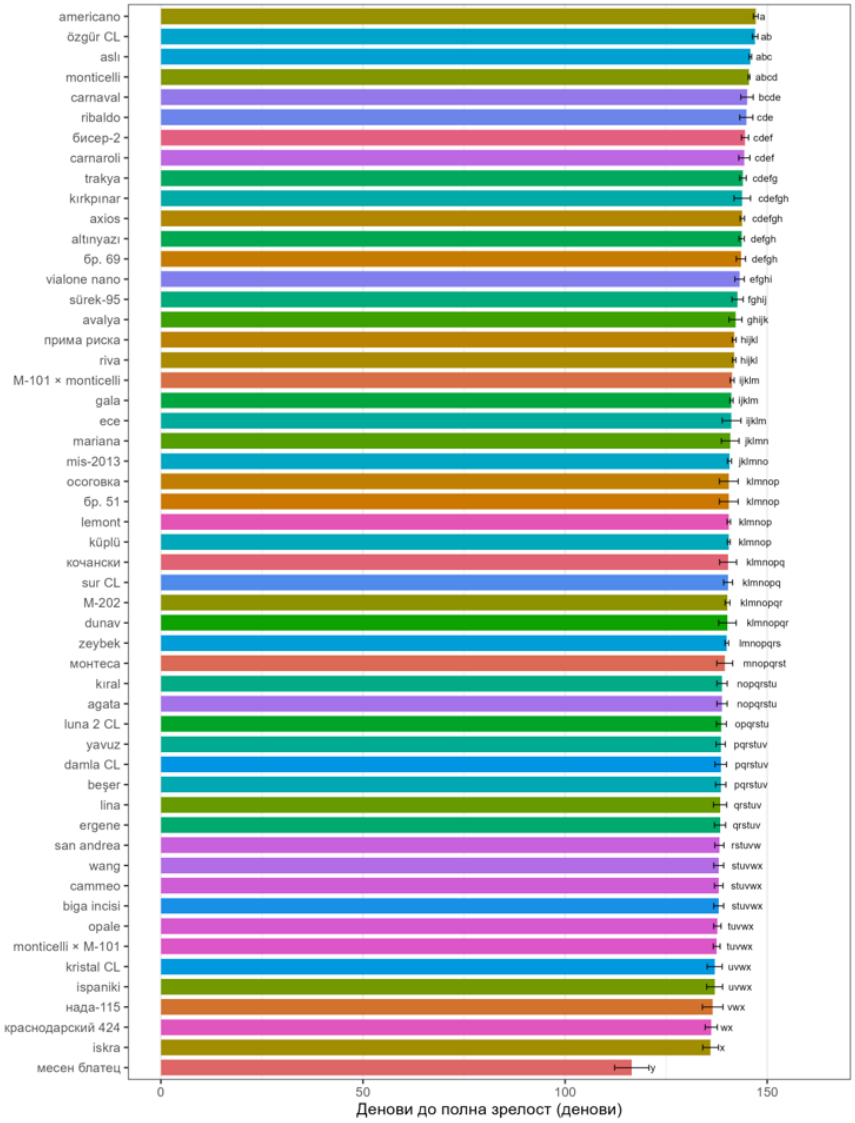
Графикон 4в. Просечни вредности за периодот до цветање и метличење кај испитуваните генотипови по години

5.1.1.5. Број на денови до полна зрелост

Периодот до полна зрелост ја изразува вкупната должина на вегетацискиот период, од сеидбата до достигнување на физиолошка зрелост на зрното. Во ова истражување, својството е користено како клучен фенолошки показател за раностасноста, односно подоцностасноста на генотиповите.

Добиените резултати укажуваат на изразена варијабилност во времето на достигнување полна зрелост меѓу испитуваните генотипови, со просечни вредности од 116,5 до 147,2 дена (Графикон 5а). Во споредба со претходните фенолошки фази, ова својство покажа најширок опсег на варирање, што укажува на јасна диференцијација на генотиповите според должината на вегетацискиот период. Најдолг вегетациски период имаа *americano* (147,2 дена), *özgür CL* (147,0 дена), *aslı* (145,8 дена), *monticelli* (145,5 дена), *carnaval, ribaldo* (144,8 дена) и *бисер-2* (144,5 дена), што ги издвојува како подоцностасни генотипови. Пократок вегетациски период и порано завршување на развојниот циклус беа утврдени кај *kristal CL* и *ispaniki* (137,5 дена), *нада-115* (136,5 дена), *краснодарский 424* (136,2 дена) и *iskra* (136,0 дена). Наспроти нив, *месен блатец* имаше најкраток период до полна зрелост

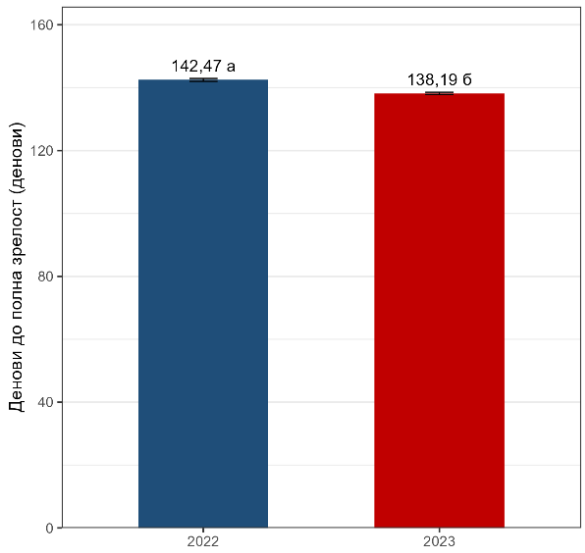
(116,5 дена) и јасно се издвојува како најраностасен генотип во испитуваната колекција. Овој опсег, во голема мера, се совпаѓа со резултатите на Riaz et al. (2018), а е поширок од вредностите прикажани од Singh Yadav et al. (2024), што може да се објасни со разликите во сортиментот и агроеколошките услови.



Графикон 5а. Просечни вредности за периодот до полна зрелост кај испитуваните генотипови

Просечната вредност за бројот на денови до полна зрелост се намали од 142,5 дена во 2022 година, на 138,2 дена во 2023 година, односно за 3,00 % (Графикон 5б). Иако процентуалната промена е помала отколку кај некои претходни фази, разликата меѓу годините беше високозначајна. Тоа покажува дека должината на вегетацискиот период не е целосно стабилна карактеристика на генотипот, туку зависи и од условите во сезоната.

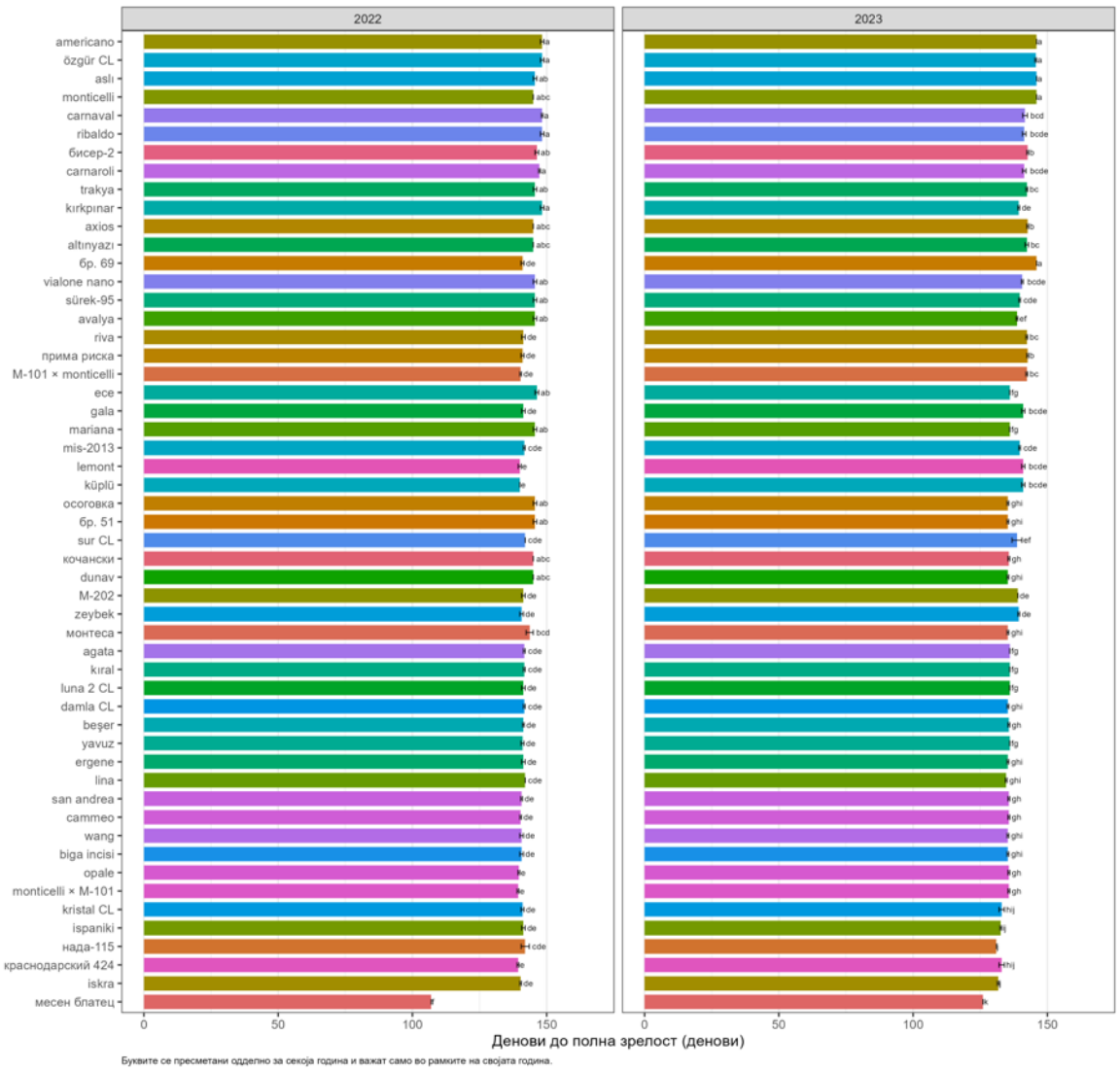
На приказот по години (Графикон 5в), *месен блатец* јасно се издвојува како посебно значаен генотип. Иако во 2023 година кај него беше забележано најголемо апсолутно продолжување на периодот до зрелост, тој и понатаму остана најраностасен во целата колекција.



Графикон 5б. Просечни вредности за периодот до полна зрелост кај испитуваниот материјал во двете години

Од останатите генотипови вклучени во истражувањето, кај 44 генотипови должината на вегетацијата беше пократка во 2023 година. Во 2022 година, најдолг развоен циклус имаа *americano*, *carnaval*, *kırkpınar* и *ribaldo* (по 148,3 дена), додека во 2023 година највисоки вредности беа утврдени кај *americano*, *aslı*, *monticelli* и *бр. 69* (по 146,0 дена). На спротивниот крај од графиконот, покрај *месен блатец*, во 2023 година се издвојуваа *нада-115* (131,0 дена) и *iskra* (131,7 дена). Најизразено скратување на периодот до полна зрелост беше утврдено кај *нада-115* (-11,0 дена, -29 места), како и кај *бр. 51* и *осоговка* (по -10,3 дена и по 30 места надолу). Речиси непроменети останаа *aslı*, *gala*, *küplü*, *lemont* и *monticelli*. Кај поголемиот дел од останатите генотипови, вегетацијата се скрати, но редоследот се менуваше само делумно. Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од 2022 и 2023 година изнесуваше $\rho = 0{,}391$ ($p \leq 0{,}01$), што укажува на ниска до умерена повторливост на редоследот меѓу двете години (Табела 9). Во согласност со тоа, изборот на раностасни и подоцностасни форми треба да се потврди во повеќе сезони, особено ако својството се користи како селекциски критериум. Варијабилноста на должината на вегетацискиот период и нејзината зависност од условите во годината се потврдени и од Islam et al. (2019), Fujino (2020), Shrestha et al. (2021), Ranjkesh & Talubaghi (2023), Yadav et al. (2024) и Modarresi (2026).

Сумирано, анализата на фенолошките својства покажува дека испитуваниот материјал содржи генотипови со јасно изразена различна развојна динамика. *Месен блатец* доследно се издвојува како најраностасен генотип, додека *aslı*, *ribaldo*, *americano*, *monticelli* и *carnaval* се карактеризираат со подолг развоен циклус. Во групата на пораностасни генотипови, во одделни фази, се вклучуваат и *нада-115*, *бр. 51*, *кочански*, *lina*, *riva*, *iskra*, *краснодарский 424* и *ispaniki*. Наспроти нив, кај *aslı*, *ribaldo*, *americano*, *monticelli* и *carnaval* се констатирани повисоки вредности, што укажува на подолг развоен циклус. Ваквата диференцијација е значајна за селекција и за избор на генотипови приспособени кон различни агроеколошки услови, но ниската стабилност на повеќе фенолошки својства покажува дека конечните селекциски одлуки треба да се засноваат на повеќегодишни резултати.



Графикон 5в. Просечни вредности за периодот до полна зрелост кај испитуваните генотипови по години

5.1.2. Варијабилност на морфолошките својства

Морфолошките карактеристики на растенијата претставуваат важна група показатели преку кои се оценуваат растот, развојот и архитектурата на растението, како и потенцијалот за принос на анализираните генотипови. Нивната варијабилност има особено значење во селекцијата, бидејќи овозможува издвојување генотипови со поволна морфолошка градба, подобра адаптабилност и повисок продуктивен потенцијал. Според Стандардниот систем за евалуација на оризот (SES) на Меѓународниот институт за истражување на оризот (IRRI), агрономските и морфолошките својства, меѓу кои висината на растението и должината на метличката, претставуваат стандардни параметри за евалуација и опис на гермплазмата од ориз. Слично, Shrestha et al. (2021) истакнуваат дека својства како висината на растението и должината на метличката имаат значајна улога во разграничувањето на генотиповите и во проценатa на нивниот приносен потенцијал.

Според резултатите од анализата на варијанса прикажани во Табела 6, факторот генотип имаше високозначајно влијание врз сите анализирани морфолошки својства. Ова покажува дека меѓу испитуваните генотипови постои изразена генотипска

варијабилност за висината на растението, висината на стеблото, должината на метличката и бројот на примарни гранчиња во метличка. Ваквата варијабилност претставува значајна основа за понатамошна морфолошка карактеризација и селекција на генотипови со поволни агрономски својства.

Факторот година покажа високозначајно влијание врз висината на растението и должината на метличката, додека кај висината на стеблото и бројот на примарни гранчиња во метличка не беше утврдено статистички значајно влијание. Овие резултати укажуваат дека висината на растението и должината на метличката биле условени и од променливите агроеколошки услови во годините на испитување. Слично, Huang et al. (2021) утврдиле дека условите на средината имаат значајно влијание врз морфолошките карактеристики и истите може да варираат во зависност од годината и условите на одгледување.

Интеракцијата генотип × година беше високозначајна за сите анализирани својства, што покажува дека генотиповите не реагирале подеднакво во различните години на испитување. Овој резултат потврдува дека експресијата на морфолошките својства не е условена само од генотипската основа, туку и од специфичната реакција на секој генотип кон условите на средината. Ваквата интеракција ја нагласува потребата овие својства да се толкуваат во контекст на двете години на испитување, особено при издвојување на генотипови со стабилни и селекциски значајни морфолошки карактеристики, што е во согласност со наодите на Ranjkesh & Talubaghi (2023).

Повторувањето како извор на варијабилност не покажа статистички значајно влијание врз ниту едно од анализираните својства, што ја одразува релативната изедначеност на експерименталните услови во рамките на повторувањата.

Табела 6. Анализа на варијанса на морфолошките својства кај испитуваните генотипови

Извори на варијабилност	Степен на слобода	Средина на квадрати			
		Висина на стебло (cm)	Висина на растение (cm)	Должина на метличка (cm)	Број на примарни гранчиња во метличка
Повторување	2	11,28 нз	10,48 нз	2,30 нз	0,74 нз
Година (А)	1	2,06 нз	780,51***	702,36***	0,45 нз
Генотип (Б)	52	954,79***	1225,80***	29,70***	9,67***
А × Б	52	122,50***	142,04***	2,37***	2,91***
Грешка	210	28,66	35,17	0,98	1,45

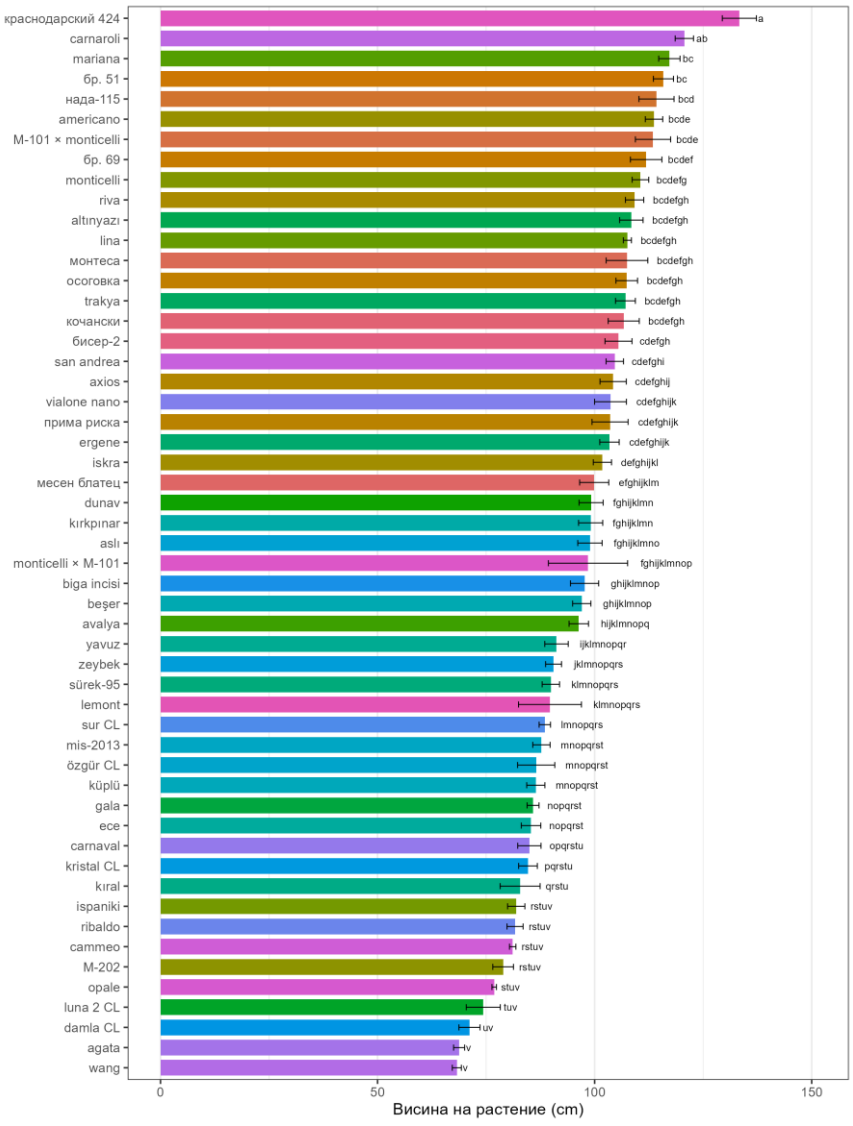
5.1.2.1. Висина на растение и висина на стебло

Висината на стеблото го опфаќа делот на растението од основата до основата на метличката и, заедно со висината на цело растение, ја определува архитектурата на посевот и склоноста кон полегнување. За разлика од висината на растението, кај која е вклучена и должината на метличката, висината на стеблото директно ја одразува должината на интернодиите и цврстината на носечкиот дел од растението, поради што се смета за посоодветен показател при оценување на отпорноста кон полегнување (Niu et al., 2021).

Анализата на варијанса покажа високозначајно влијание на генотипот и на интеракцијата генотип × година врз висината на стеблото, додека ефектот на годината не беше статистички значаен, како ни ефектот на повторувањето (Табела 6). Ова покажува дека разликите во висината на стеблото меѓу генотиповите се условени претежно од нивната генетска основа, а не од разликите во агроеколошките услови

меѓу двете сезони. Просечната висина на стеблото кај испитуваниот материјал изнесуваше 80,44 cm, со опсег на генотипските средини од 55,18 cm кај *wang* до 114,13 cm кај *краснодарский 424*, при што за ова својство беа утврдени висока херитабилност (87,17 %), висок очекуван генетски напредок (28,16 %) и висока стабилност на редоследот меѓу годините (ρ = 0,785***). Висината на стеблото не е прикажана со посебни графикони, бидејќи е дефиниционски содржана во висината на растението, која ја опфаќа висината на стеблото и должината на метличката.

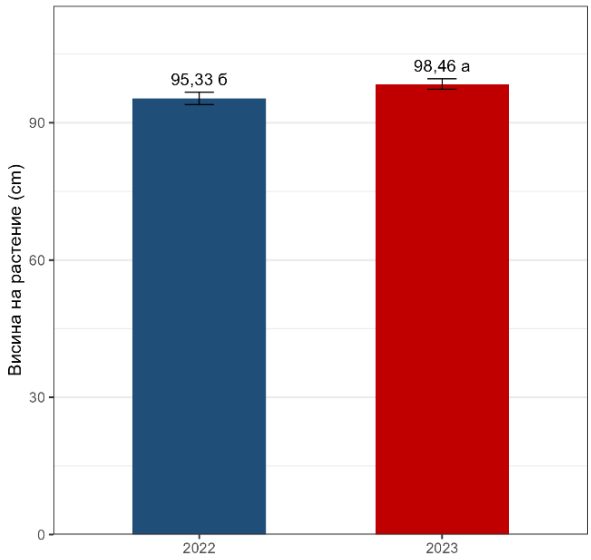
Висината на растението претставува еден од основните морфолошки дескриптори при карактеризација на генотипови ориз, бидејќи ја одразува архитектурата на растението и овозможува разграничување на ниски, средно високи и високи форми. Во ова истражување висината на растенијата беше определена како должина на надземниот дел од растението до врвот на највисоката метличка, без осилките, во согласност со применетите дескриптори. Според класификацијата на IRRI, генотиповите со висина под 110 cm се сметаат за ниски, оние од 110 до 130 cm за средно високи, а над 130 cm за високи форми. Кај испитуваните 53 генотипови ориз беше утврдена изразена варијабилност во однос на ова својство, со просечни вредности од 68,2 до 133,3 cm (Графикон 6а).



Графикон 6а. Просечни вредности за висина на растение (cm)

Единствен генотип што ја надмина висината од 130 cm беше *краснодарский 424*, со просечна висина од 133,3 cm, поради што се издвојува како висок генотип во испитуваниот материјал. Во групата на средно високи форми влегуваат *carnaroli* (120,7 cm), *mariana* (117,2 cm), *бр. 51* (115,8 cm), *нада-115* (114,2 cm), *americano* (113,7 cm) и *monticelli* (110,5 cm). Овие генотипови се карактеризираат со поизразен вегетативен раст и можат да бидат значајни во зависност од селекциската цел и производниот систем. Најголем дел од испитуваната колекција припаѓа во групата на ниски форми. Најниски просечни вредности беа утврдени кај *wang* (68,2 cm), *agata* (68,8 cm), *damla* (71,2 cm), *lemont* (73,9 cm), *luna CL* (74,3 cm) и *opale* (76,9 cm). Овие генотипови имаат покомпактна растителна архитектура, што од агрономски аспект може да биде поволно поради помал ризик од полегнување. Сепак, вредноста на висината како селекциски критериум треба да се толкува во врска со приносот, стабилноста и другите морфолошки својства.

Опсегот на вредности за висина на растението добиен во ова истражување се вклопува во претходно објавената варијабилност за ова својство. Channannavar et al. (2020) утврдиле широк интервал од 41,8 до 152,4 cm, Bhusal et al. (2023) прикажале вредности од 75,96 до 122,2 cm, а Barhate et al. (2021) опсег од 83 до 129 cm. Во споредба со овие податоци, испитуваниот материјал опфаќа претежно ниски и средно високи форми, со еден јасно изразен висок генотип.

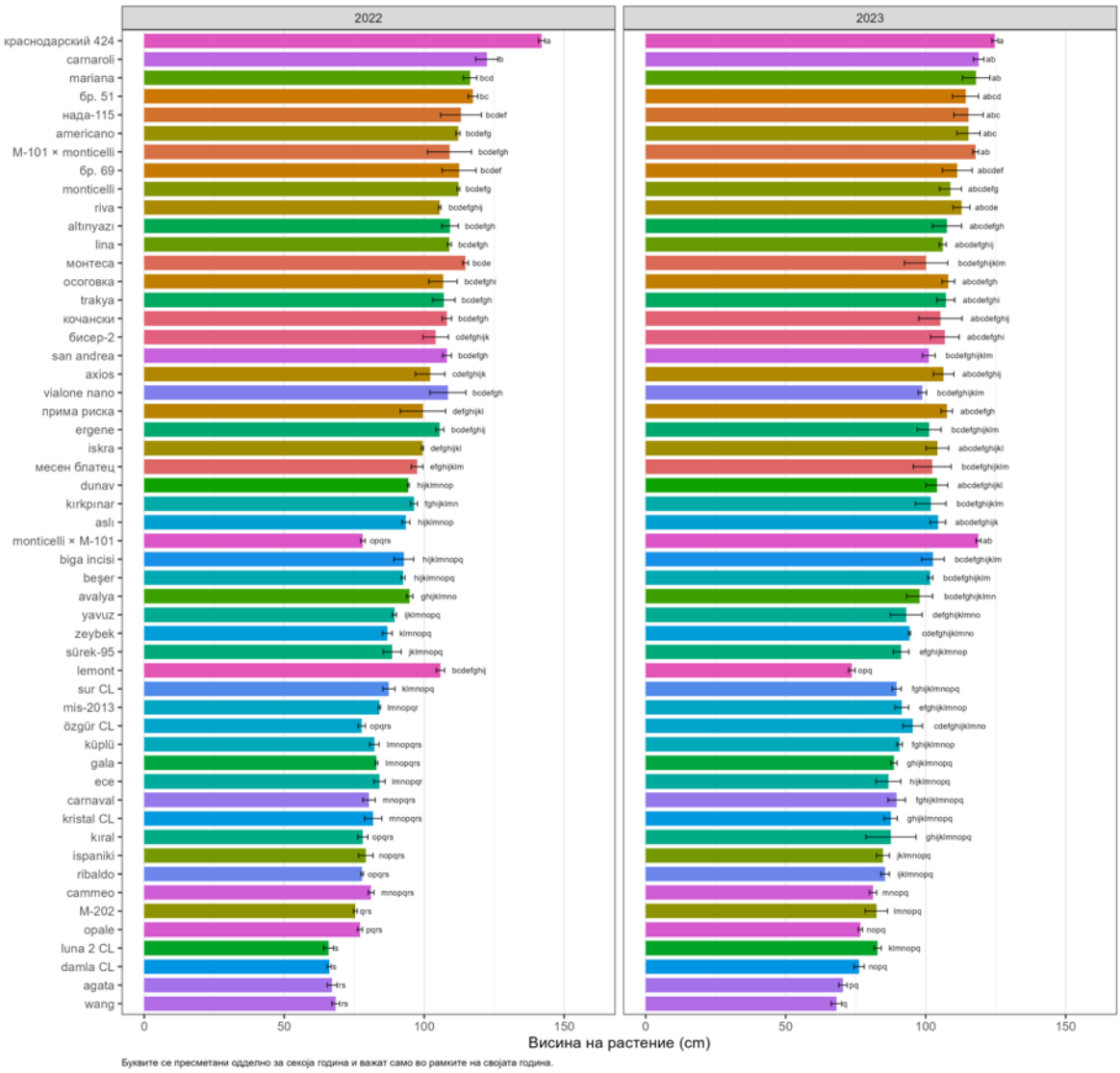


Графикон 6б. Просечни вредности за висината на растението (cm) кај испитуваниот материјал во двете години

Годината на испитување значајно влијаеше врз висината на растението. Просечната вредност се зголеми од 95,33 cm во 2022 година на 98,46 cm во 2023 година, односно за 3,29 % (Графикон 6б). Овој резултат е во согласност со високозначајниот ефект на годината во анализата на варијанса и покажува дека нивото на изразување на ова својство било делумно условено од услови во текот на вегетацијата. Слична реакција на висината на растението кон променливи услови е прикажана и од Konak et al. (2021), кои кај турски локални популации ориз утврдиле значајно варирање на морфолошките дескриптори меѓу средините.

Приказот по години (Графикон 6в) покажува дека, за разлика од повеќето фенолошки својства, рангирањето на генотиповите според висината на растението било многу послично во двете сезони. Spearman-овата корелација на рангови изнесуваше $\rho = 0{,}800$ ($p \leq 0{,}001$), што го вбројува ова својство во групата со висока стабилност (Табела 9). Тоа значи дека интеракцијата генотип × година кај ова својство главно се изразила како промена на апсолутните вредности, а не како целосно преуредување на редоследот на генотиповите.

Сепак, поединечните реакции не се еднакви. Во 2023 година висината се зголеми кај 38 од 53 генотипови. *Краснодарский 424* остана највисок во двете години, но неговата висина се намали од 142,0 cm во 2022 година на 124,7 cm во 2023 година. Во 2022 година зад него следеа *carnaroli* (122,4 cm) и *бр. 51* (117,4 cm), додека најниски беа *luna CL* (65,9 cm) и *damla CL* (66,1 cm). Во 2023 година највисоки вредности, покрај *краснодарский 424*, имаа *carnaroli* (118,9 cm) и *monticelli* × M-101 (118,8 cm), додека на долниот крај останаа *wang* (68,1 cm) и *agata* (70,4 cm). Најизразена промена беше утврдена кај *monticelli* × M-101, кој ја зголеми висината за 40,7 cm, односно за 52 %, и се помести за 41 место нагоре. Во спротивна насока, *lemont* се намали за 32,2 cm и падна за 33 места. Најстабилни беа *trakya*, *cammeo*, *wang* и *opale*, кај кои разликата меѓу годините беше минимална.



Графикон 6в. Просечни вредности за висината на растението (cm) кај испитуваните генотипови по години

Висината на растението кај оризот во текот на повеќе години и повеќе надворешни средини ја анализирале и Konak et al. (2021), Kwak et al. (2026), Jeke et al. (2026), Periyasamy et al. (2026), Fazal et al. (2022), Islam et al. (2019) и Shrestha et al. (2021), и

истата варирала во различен опсег, во зависност од анализираната гермплазма и условите на одгледување.

Високата херитабилност за висината на растението (88,41 %) и очекуваниот генетски напредок од 26,87 % од средната вредност, разгледани во потпоглавје 5.2, ја потврдуваат селекциската вредност на ова својство. Поради високата стабилност на рангирањето и јасната генотипска варијабилност, висината на растението може да се користи како релативно сигурен морфолошки показател, особено при избор на покомпактни форми со помал ризик од полегнување или при разграничување на материјалот според растителната архитектура.

5.1.2.2. Должина на метличка

Должината на метличката е морфолошко својство кое ја одразува развиеноста и архитектурата на репродуктивниот орган кај оризот. Бидејќи структурата на метличката е поврзана со бројот на гранчиња, бројот на зрна и потенцијалната продуктивност, ова својство има значење и за морфолошката карактеризација и за проценатa на приносниот потенцијал (Crowell et al., 2016). Според дескрипторите на Bioversity International, IRRI и WARDA/AfricaRice, должината на метличката може да се класифицира како многу кратка (<11 cm), кратка (околу 15 cm), средно долга (околу 25 cm), долга (околу 35 cm) и многу долга (>40 cm), што овозможува споредување на различни генотипови и колекции.

Кај испитуваните 53 генотипови просечната должина на метличката се движеше од 12,1 до 20,7 cm (Графикон 7а).

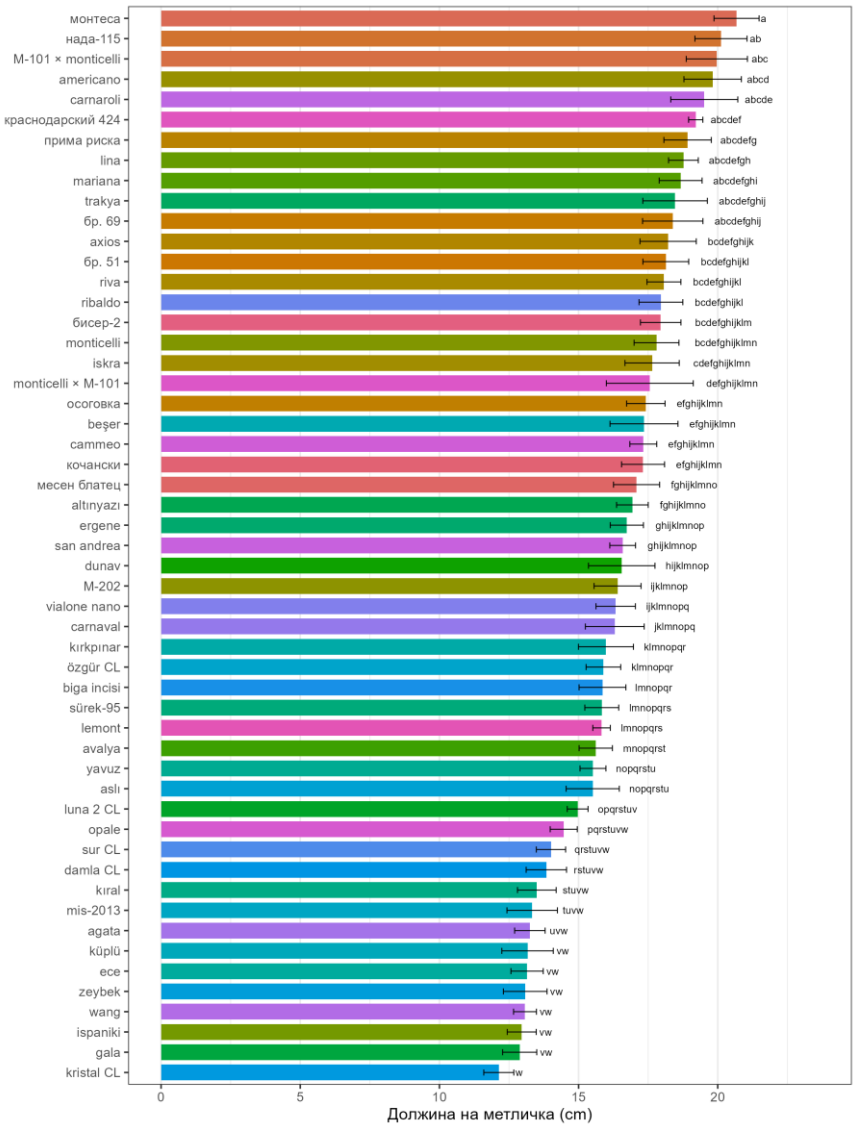
Највисока просечна вредност беше утврдена кај *монтеса* (20,7 cm), а релативно високи вредности имаа и *нада-115* (20,1 cm), *М-101 × М* (20,0 cm), *americano* (19,8 cm), *carnaroli* (19,5 cm) и *краснодарский 424* (19,2 cm). Овие генотипови се издвојуваат со подолга метличка во рамките на испитуваниот материјал и се наоѓаат во преодниот опсег од кратка кон средно долга метличка.

Пониски вредности беа утврдени кај *agata* и *küplü* (13,2 cm), *zeybek*, *wang* и *ece* (13,1 cm), *ispaniki* и *gala* (12,9 cm), а најниска вредност кај *kristal* (12,1 cm). Овие генотипови се карактеризираат со пократка метличка и припаѓаат во групата на генотипови со кратка метличка. Кај испитуваниот материјал не беа утврдени форми со долга или многу долга метличка според наведената класификација, но постоеше јасна внатрешна диференцијација во рамките на категоријата кратка до релативно подолга метличка.

Резултатите од други истражувања укажуваат дека должината на метличката кај оризот се одликува со широк опсег на варирање, кој може да се поврзе со генетската различност на испитуваниот материјал и со условите во кои се одгледува. Howlader et al. (2025), при анализа на 30 генотипови ориз, пријавиле форми со пократка до средно долга метличка со должина од 19 до 29 cm. Сличен опсег наведуваат и Lestari et al. (2015), кај кои должината на метличката се движела од 19 до 27 cm, како и Barhate et al. (2021), кои утврдиле просечна вредност од 19,7 cm, со опсег од 17 до 25 cm. Согласно претходното, генотиповите вклучени во овие истражувања се карактеризираат со кратка до средно долга метличка. За разлика од нив, Yadav et al. (2023) утврдиле должина на метличка која се движела во интервал од 23 до 30 cm, со просечна вредност од 26,7 cm, што ги позиционира нивните генотипови, главно, во групата на средно долга метличка, со тенденција кон повисоки вредности. Во споредба со претходните истражувања, добиените апсолутни вредности се пониски,

но утврдената варијабилност ја потврдува употребливоста на должината на метличката како морфолошки дескриптор за разграничување на генотиповите.

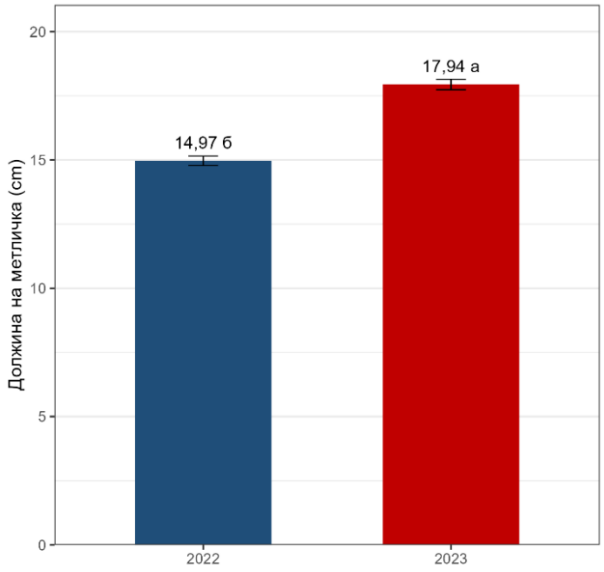
Просечната вредност за должината на метличката кај целиот испитуван материјал изнесуваше 14,97 cm во 2022 година и 17,94 cm во 2023 година (Графикон 7б), што претставува зголемување од 19,86 % во втората година. Ова беше најизразената меѓугодишна промена меѓу анализираните морфолошки својства и е во согласност со високозначајниот ефект на годината во анализата на варијанса. Таквиот резултат покажува дека должината на метличката има стабилна генотипска основа, но и дека нивото на нејзино изразување може значајно да се промени во зависност од условите во годината Konak et al. (2021).



Графикон 7а. Просечни вредности за должина на метличка (cm)

Приказот по години (Графикон 7в) покажува дека сите 53 генотипови во 2023 година развиле подолга метличка во споредба со 2022 година. Во 2022 година најдолги метлички имаа *монтеса* (20,2 cm), *краснодарский* 424 (19,1 cm) и *нада-115* (18,7 cm), а најкратки *kristal CL* (11,0 cm) и *küplü* (11,1 cm). Во 2023 година највисоки вредности беа утврдени кај *carnaroli* (22,0 cm), *americano* и *M-101* × *monticelli* (по 22,0 cm),

додека *kristal CL* остана на долниот крај на распределбата со 13,3 cm. Иако реакцијата беше истонасочна кај сите генотипови, интензитетот на зголемувањето значајно се разликуваше. *Monticelli* × *M-101* ја зголеми должината на метличката за 7,0 cm, односно за 49 %, и се помести за 32 места нагоре.



Графикон 7б. Просечни вредности за должината на метличката (cm) кај испитуваниот материјал во двете години

Должината на метличката кај *beşer* се зголеми за 5,4 cm и се помести за 20 места, а кај *trakya* за 5,1 cm и 14 места. Најмал прираст имаше *краснодарский 424* (само 0,2 cm), поради што и покрај високата апсолутна вредност се помести за 17 места надолу. *Монтеса* и *lemont*, исто така, покажаа мал прираст. Ова значи дека преуредувањето на редоследот кај должината на метличката не произлегува од спротивните реакции на генотиповите кон условите на надворешната средина, туку од различниот степен на зголемување.

Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од 2022 и 2023 година изнесуваше $\rho = 0{,}830$ ($p \leq 0{,}001$), што ја вбројува должината на метличката во групата со висока стабилност (Табела 9). Заедно со високата херитабилност од 92,02 % и очекуваниот генетски напредок од 25,63 % од средната вредност, прикажани во потпоглавје 5.2., ова покажува дека должината на метличката има значајна селекциска вредност. Сепак, бидејќи апсолутните вредности значајно се менуваат меѓу годините, при практична селекција треба да се земат предвид и стабилноста на редоследот и нивото на експресија во конкретната сезона. Kwak et al. (2026), Mohapatra & Sahu (2021), Gautam & Shrestha (2023), Konak et al. (2021), Yadav et al. (2024) и Periyasamy et al. (2026), исто така, ја опишуваат должината на метличката како стабилен морфолошки показател, но зависен од условите на надворешната средина.

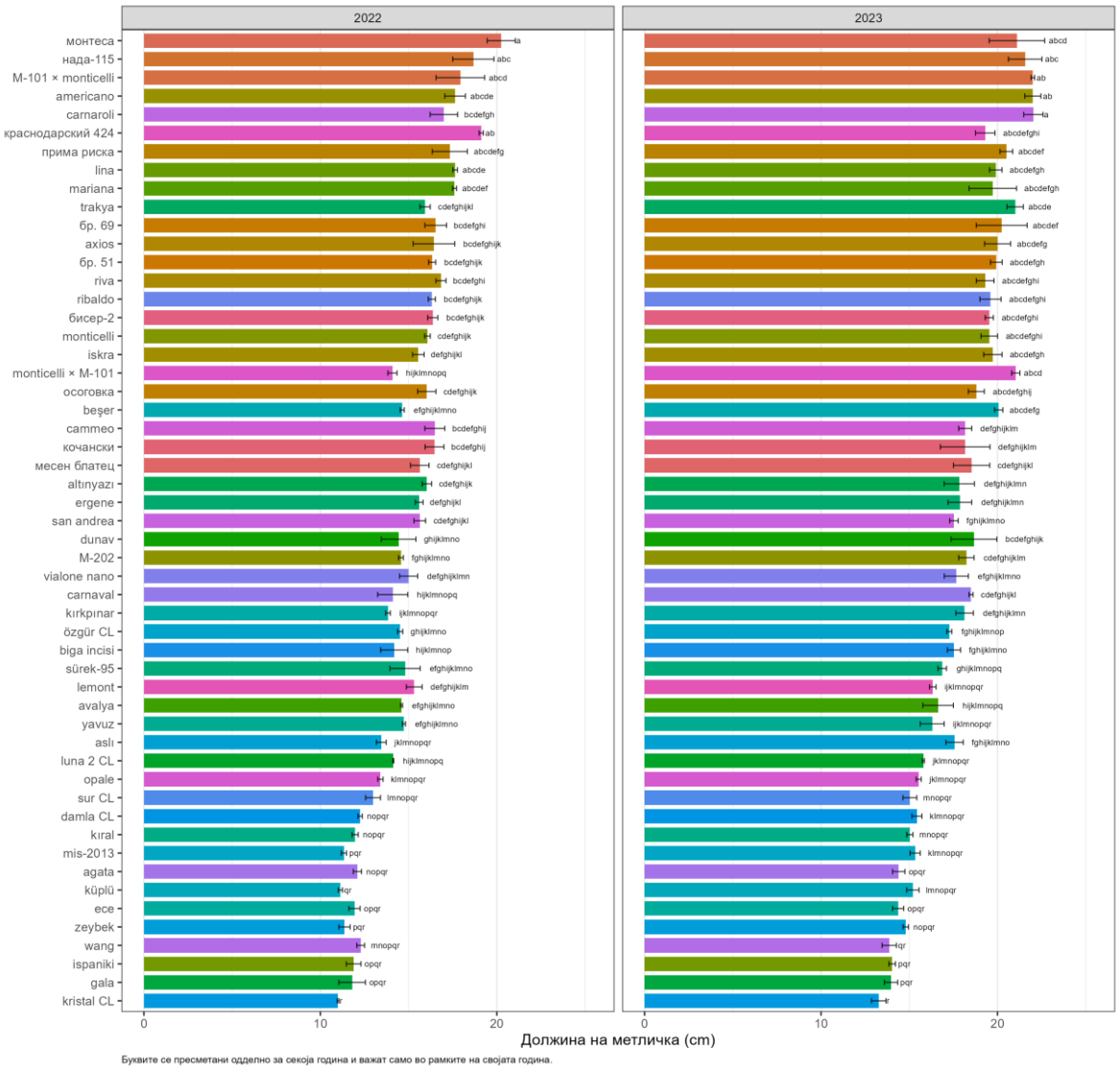
5.1.2.3. Број на примарни гранчиња во метличка

Бројот на примарни гранчиња во метличка ја опишува разгранетоста на метличката и претставува важен елемент на нејзината архитектура. Ова својство е поврзано со потенцијалниот број на класчиња и зрна, поради што има значење при процена на продуктивниот потенцијал на генотиповите. Претходни истражувања укажуваат дека архитектурата на метличката, вклучително и бројот на примарни гранчиња, е под генетска контрола и може да има значаен ефект врз бројот на зрна и продуктивноста (Ikeda et al., 2004; Agata et al., 2020; Mohapatra & Sahu, 2021).

Кај испитуваните генотипови, просечниот број на примарни гранчиња во метличка се движеше од 7,5 до 13,0 (Графикон 8а). Највисока просечна вредност беше утврдена кај *краснодарский 424* (13,0), кој се издвојува со најразгранета метличка во испитуваниот материјал. Високи вредности имаа и *M-101* × *M* и *sür* (по 12,2), *özgür CL* (12,1), *нада-115* (11,9), *trakya* (11,8) и *opale* (11,4). Овие генотипови се

карактеризираат со подобро развиена примарна разгранетост, што може да укажува на повисок потенцијал за формирање зрна во метличката.

Најниски вредности беа забележани кај *ergene* (8,2), *carnaval* и *vialone nano* (по 8,0), *lemont* (7,8), *carnaroli* (7,7) и *kıral* (7,5). Кај овие генотипови структурата на метличката е поедноставна, со помал број примарни гранчиња. Опсегот на добиени вредности за бројот на примарни гранчиња во метличка е во согласност со резултатите на Gautam et al. (2023), кои прикажале варирање од 7,7 до 16,3, Khan et al. (2025), кај кои вредностите се движеле од 7,6 до 15,2, и Sajid et al. (2015), кои утврдиле од 9 до 13 примарни гранчиња по метличка. Овие споредби потврдуваат дека испитуваната колекција опфаќа реална варијабилност за ова својство, иако не ги достигнува највисоките вредности прикажани во дел од литературата.

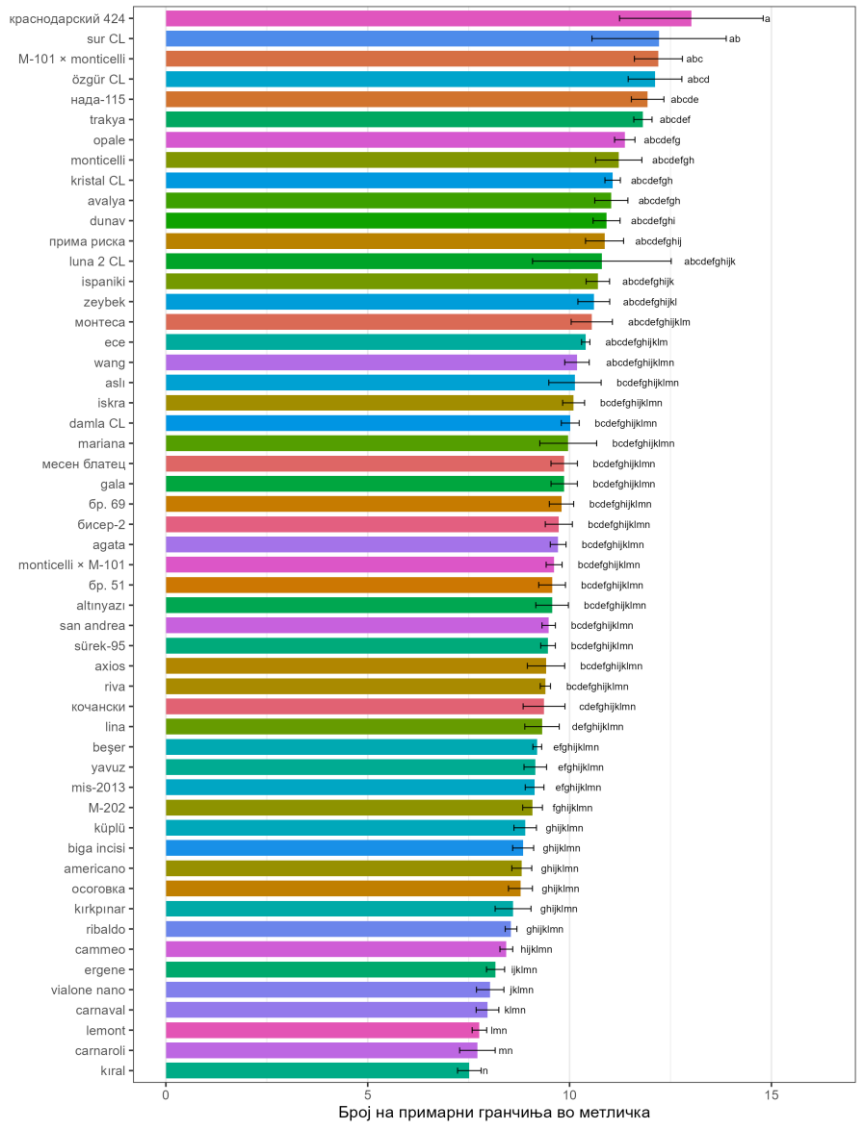


Графикон 7в. Просечни вредности за должината на метличката (cm) кај испитуваните генотипови по години

На ниво на целиот материјал, бројот на примарни гранчиња во метличка беше речиси изедначен во двете години (9,89 во 2022 година и 9,81 во 2023 година), што

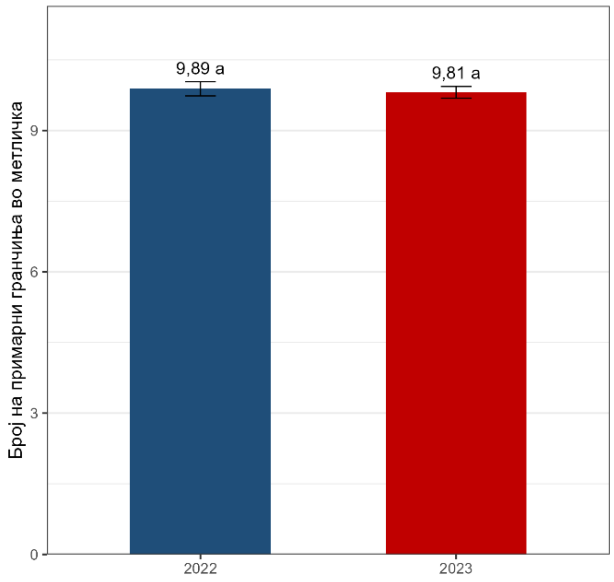
претставува намалување од само 0,76 % (Графикон 8б). Разликата меѓу годините не беше статистички значајна, што покажува дека ова својство, во просек, помалку реагирало на надворешните услови во поединечните години во споредба со висината на растението и должината на метличката.

Сепак, високозначајната интеракција генотип × година укажува дека зад речиси непроменетата средна вредност постоеле различни поединечни реакции на генотиповите.



Графикон 8а. Просечни вредности за број на примарни гранчиња во метличка кај испитуваните генотипови

Приказот по години (Графикон 8в) го потврдува горенаведеното. Кај 27 генотипови бројот на примарни гранчиња се зголеми, а кај 25 се намали, што објаснува зошто просекот на колекцијата останал речиси ист. Во 2022 година најразгранети метлички имаа *краснодарский* 424 (15,3) и *özgür CL* (13,4), додека најмал број примарни гранчиња имаа *carnaroli* (7,0) и *kıral* (7,1). Во 2023 година на прво место се издвојува *sür CL* со 13,9 примарни гранчиња, по зголемување од 3,4 гранчиња, односно 33 % во однос на 2022 година. Потоа следеа *M-101 × monticelli* и *нада-115*, со по 12,0 гранчиња.

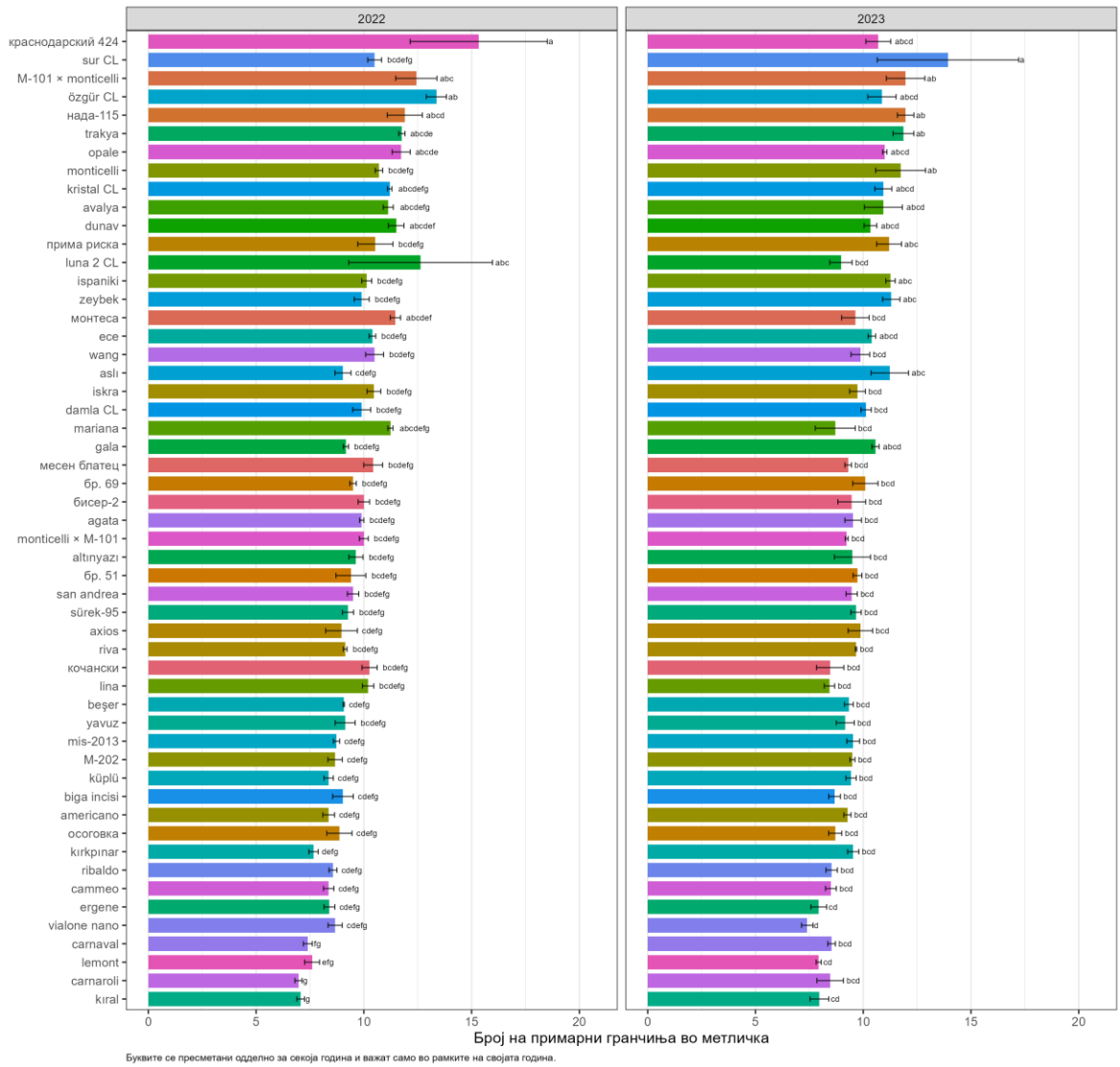


Графикон 8б. Просечни вредности за бројот на примарни гранчиња во метличка кај испитуваниот материјал во двете години

Најизразено намалување беше утврдено кај *краснодарский 424*, кој изгуби 4,6 гранчиња и од водечката позиција во 2022 година се помести за 13 места надолу. Кај *luna CL* бројот на примарни гранчиња се намали за 3,7 и, како резултат на тоа, овој генотип се помести за 37 места надолу. Наспроти тоа, *sür CL* значително се искачи во редоследот, што покажува дека ова својство, иако во просек стабилно на ниво на колекција, може значително да варира кај поединечни генотипови. Речиси непроменети останаа *ece*, *ribaldo*, *san andrea* и *yavuz*, кај кои разликата меѓу годините беше многу мала.

Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од 2022 и 2023 година изнесуваше $\rho = 0{,}617$ ($p \leq 0{,}001$), што покажува дека бројот на примарни гранчиња во метличка е својство со умерена стабилност (Табела 9). Ова значи дека редоследот на генотиповите, главно, се задржува, но не е целосно повторлив. Во согласност со параметрите прикажани во потпоглавје 5.2., херитабилноста за ова својство изнесува 69,91 %, а очекуваниот генетски напредок 18,56 % од средната вредност, што укажува на умерена селекциска вредност. Затоа бројот на примарни гранчиња може да се користи како дополнителен показател при избор на генотипови со подобро развиена метличка, но неговото толкување треба да се поврзе со бројот на зрна, масата на метличката и приносот.

Спротивните поединечни реакции кај ова својство се во согласност со гледиштето дека разгранетоста на метличката е резултат на генотипската основа, но и на условите на надворешната средина во периодот на диференцијација на метличката. Оваа врска е разгледувана од Mai et al. (2021), Mohapatra & Sahu (2021), Gautam & Shrestha (2023), Wang et al. (2024) и Periyasamy et al. (2026), кои ја нагласуваат улогата на архитектурата на метличката во формирањето на приносниот потенцијал кај оризот.



Графикон 8в. Просечни вредности за бројот на примарни гранчиња во метличка кај испитуваните генотипови по години

5.1.3. Варијабилност на производни својства

Производните својства претставуваат најдиректен показател за практичната вредност на испитуваните генотипови ориз, бидејќи преку нив се согледува не само потенцијалот за формирање принос, туку и начинот на кој различните компоненти на приносот се комбинираат во конкретни агроеколошки услови. Бројот на метлички по единица површина, бројот и исполнетоста на зрната во метличката, масата на зрното, биолошкиот принос, приносот на зрно и приносот на слама заедно ја формираат основата за процена на производниот и селекцискиот потенцијал. Затоа, овие својства во ова поглавје се разгледуваат како меѓусебно поврзана група квантитативни показатели, во согласност со He et al. (2024), кои ги издвојуваат компонентите на метличката и зрното како главни елементи во формирањето на приносот кај оризот.

Анализата на варијанса за првата група својства (Табела 7а) покажа високозначајно влијание на генотипот, годината и интеракцијата генотип × година врз бројот на продуктивни метлички/m², бројот на непродуктивни метлички/m², бројот на

продуктивни и непродуктивни зрна во метличка, масата на метличката и масата на продуктивните зрна во метличка.

Табела 7а. Анализа на варијанса на производните својства кај испитуваните генотипови (дел 1)

Извори на варијабилност	Степен на слобода	Средина на квадрати					
		Број на продуктивни метлички / m^2	Број на непродуктивни метлички / m^2	Број на продуктивни зрна во метличка	Број на непродуктивни зрна во метличка	Маса на метличка (g)	Маса на продуктивни зрна во метличка (g)
Повторување	2	43 276,9 **	1 756,5 нз	28.23 нз	69,35 *	0,05 нз	0,06 нз
Година (А)	1	235 454,1 ***	61 296,3 ***	44 426,9 ***	1 199,1 ***	93,48 ***	103,39 ***
Генотип (Б)	52	92 217,4 ***	7 922,3 ***	1 007,7 ***	143,77 ***	1,91 ***	1,68 ***
А × Б	52	18 970,3 ***	3 174,7 ***	513,04 ***	85,36 ***	0,63 ***	0,58 ***
Грешка	210	8 615,0	1 670,0	158,50	21,64	0,24	0,21

Ваквиот резултат јасно говори дека испитуваниот материјал располага со реална генотипска варијабилност за структурата на посевот и метличката, но и дека изразувањето на овие својства било силно зависно од условите во годините на испитување. Особено значајна е интеракцијата генотип × година, бидејќи таа покажува дека дел од генотиповите не ја задржале истата позиција во двете сезони, што мора да се земе предвид при селекција на материјал со стабилен приносен потенцијал.

Слично, Zhao et al. (2020) наведуваат дека приносот е значајно позитивно поврзан со бројот на зрна/m², бројот на исполнети зрна во метличка, процентот на исполнети зрна и масата на зрното, а како значајни агрономски показатели ги анализираат и бројот на метлички/m², продуктивното братење, бројот на зрна во метличка и бројот на продуктивни зрна во метличка. Дополнително, Shah et al. (2023) при испитување на 18 генотипови ориз во две последователни години утврдиле високозначајно влијание на генотипот, годината и нивната интеракција врз приносот и својствата поврзани со приносот.

Слични резултати беа добиени и за својствата поврзани со биомасата и приносот (Табела 7б). Генотипот имаше високозначајно влијание врз биолошкиот принос, приносот на зрно, масата на продуктивните метлички/m² и приносот на слама, што укажува на јасни разлики во способноста на генотиповите да формираат вкупна надземна маса и да ја насочат кон зрно. Истовремено, високозначајниот ефект на годината и интеракцијата генотип × година потврдуваат дека овие својства не се фиксни карактеристики на генотипот, туку резултат на неговата реакција кон условите на сезоната. Такви резултати прикажале и Sameera et al. (2016), Shah et al. (2023) и Zaid et al. (2022), кои истакнуваат дека приносот и неговите компоненти кај оризот се силно зависни од генотипот, средината и нивното меѓусебно дејство.

Последната група производни својства се однесува на физичките карактеристики на зрното, односно апсолутната маса на сиров ориз, апсолутната маса на бел ориз и хектолитарската маса (Табела 7в). Овие показатели ја надополнуваат оценката на производниот потенцијал на генотиповите, бидејќи овозможуваат согледување на варијабилноста поврзана со масата на зрното и со основните физички својства на зрното ориз.

Табела 7б. Анализа на варијанса на производните својства кај испитуваните генотипови (дел 2)

Извори на варијабилност	Степен на слобода	Средина на квадрати				
		Биолошки принос (kg/ha)	Принос на зрно (kg/ha)	Маса на продуктивни метлички на m^2 (g)	Принос на слама (kg/ha)	Жетвен индекс
Повторување	2	27 220 517,9**	10 840 038,1**	11 079 091,5**	6 148 190,9 нз	0,01 нз
Година (А)	1	1 038 363 638,1***	126 819 724,5***	157 054 435,2***	1 890 951 894,7***	1,17***
Генотип (Б)	52	75 990 723,7***	23 157 970,8***	25 185 236,8***	38 621 232,9***	0,02***
А × Б	52	67 414 636,1***	9 578 819,4***	10 976 135,9***	37 850 826,7***	0,01***
Грешка	210	5 556 151,6	1 774 267,9	1 891 102,9	3 400 283,6	0,00

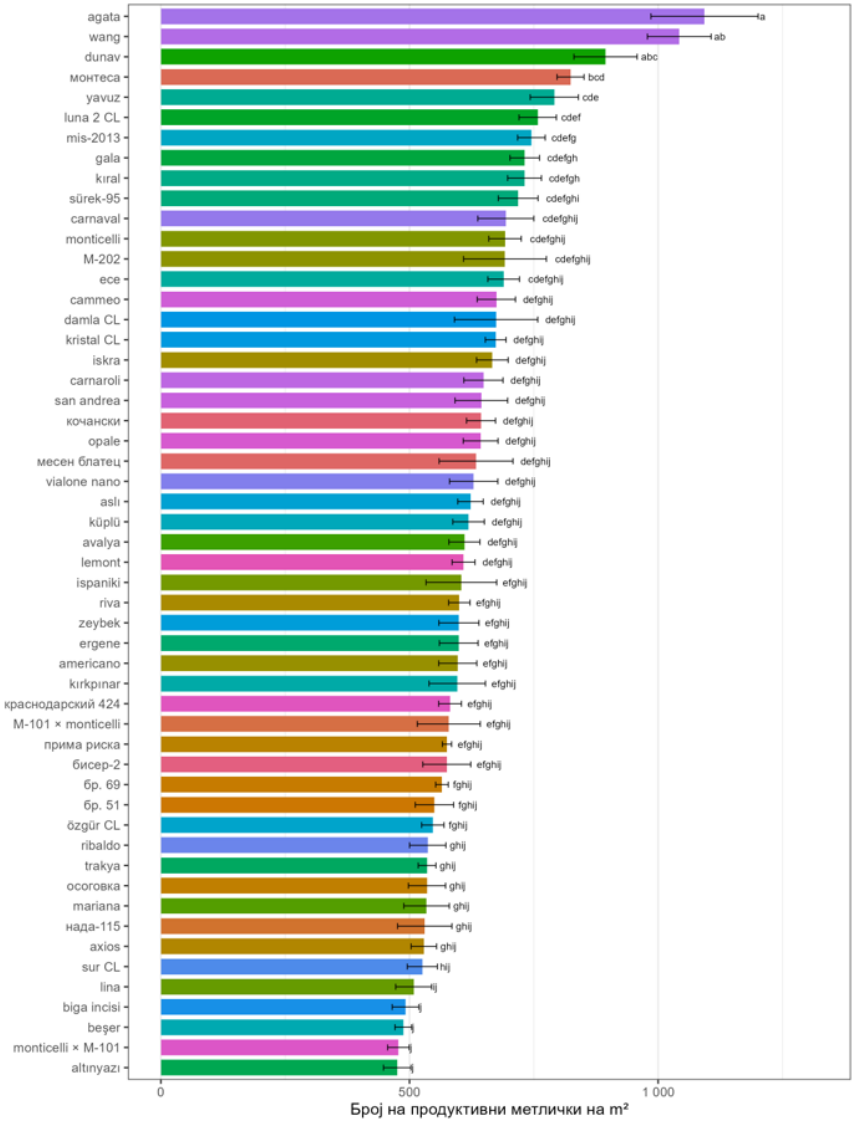
Табела 7в. Анализа на варијанса на производните својства кај испитуваните генотипови (дел 3)

Извори на варијабилност	Степен на слобода	Средина на квадрати		
		Апсолутна маса на сиров ориз (g)	Апсолутна маса на бел ориз (g)	Хектолитарска маса (kg/hl)
Повторување	2	0,48 нз	0,00 нз	0,56 нз
Година (А)	1	1 200,6 ***	757,50 ***	25,53 ***
Генотип (Б)	52	131,39 ***	63,84 ***	75,74 ***
А × Б	52	6,45 ***	5,49 ***	11,48 ***
Грешка	210	0,85	0,13	1,79

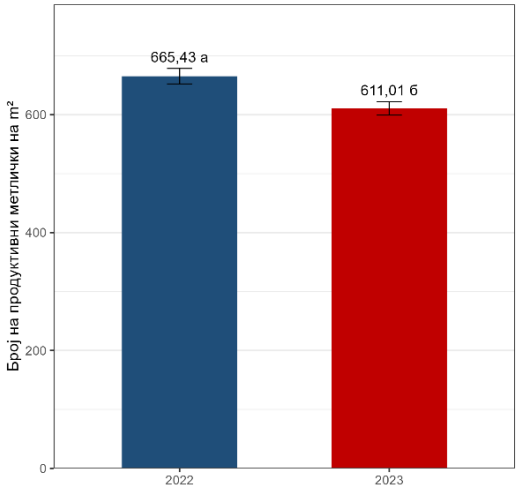
Физичките својства на зрното, прикажани во Табела 7в, исто така, беа под високозначајно влијание на генотипот, годината и интеракцијата генотип × година. Ова е особено важно бидејќи апсолутната маса на сиров и бел ориз и хектолитарската маса не ја одразуваат само производната вредност, туку и дел од технолошкиот квалитет на материјалот. Наодите на Danbaba et al. (2012), Zhao et al. (2020) и Gautam et al. (2025) ја поддржуваат ваквата интерпретација, бидејќи покажуваат дека физичките карактеристики на зрното можат значајно да варираат меѓу генотиповите и да имаат селекциско значење.

5.1.3.1. Број на продуктивни метлички на 1 m^2

Бројот на продуктивни метлички на 1 m² е една од основните компоненти на приносот, бидејќи ја изразува густината на продуктивниот склоп и способноста на генотипот да формира метлички кои директно учествуваат во создавањето зрно. Кај испитуваните генотипови беа утврдени изразени разлики, со просечни вредности од 475,3 до 1093,3 продуктивни метлички/m² (Графикон 9а).



Графикон 9а. Просечни вредности за број на продуктивни метлички кај испитуваните генотипови



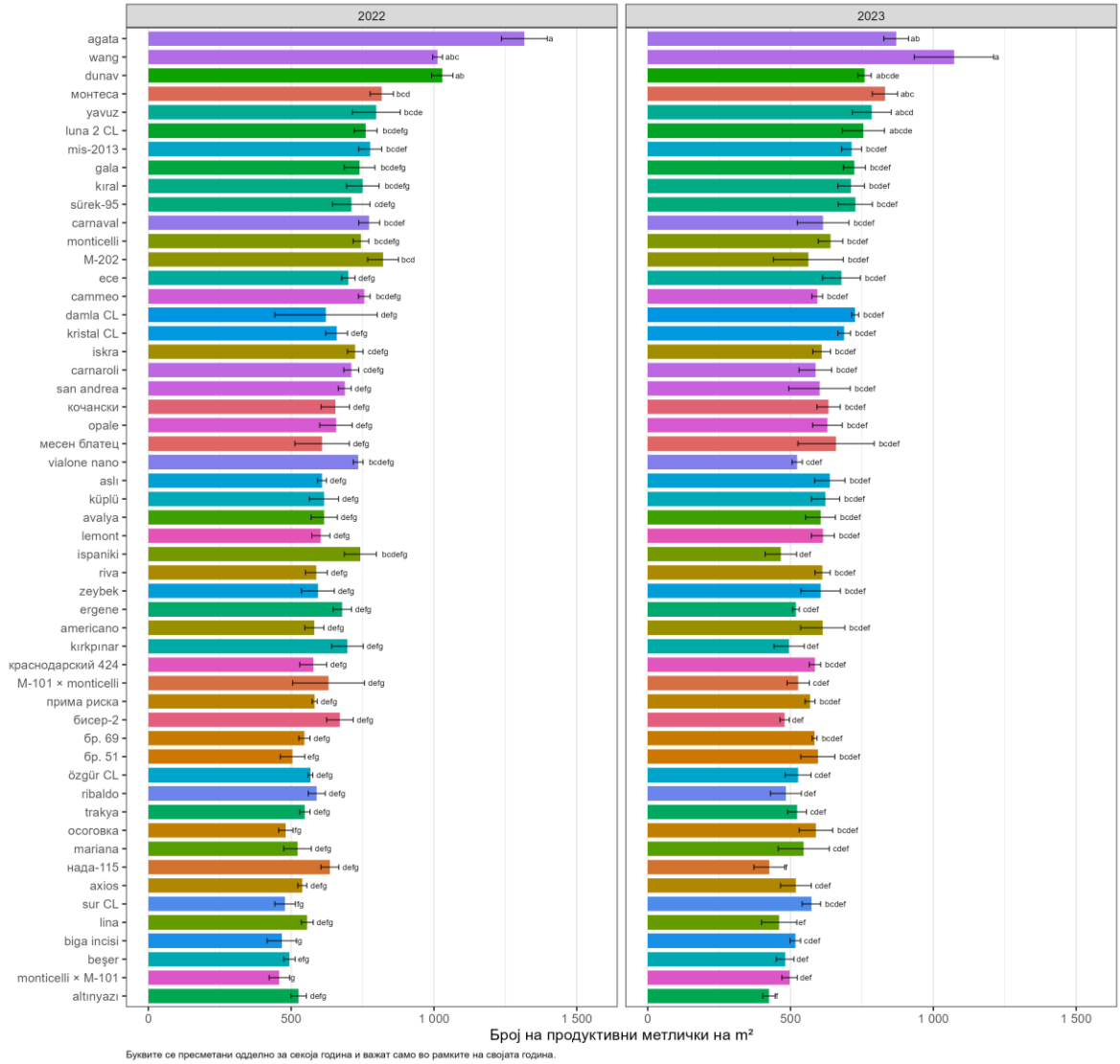
Графикон 9б. Просечни вредности за бројот на продуктивни метлички на 1 m² кај испитуваниот материјал во двете години

Највисока просечна вредност имаше *agata* (1093,3), по што следуваа *wang* (1042,5), *dunav* (894,2) и *монтеса* (823,8). Овие генотипови се издвојуваат со најразвиен продуктивен склоп и претставуваат важен материјал за понатамошна процена на приносниот потенцијал. Најниски вредности беа утврдени кај *biga incisi* (492,0), *beşer* (487,5), *monticelli* × *M-101* (477,7) и *altınyazı* (475,3), кај кои беше утврден помал број продуктивни метлички на единица површина. Разликата меѓу генотиповите од горниот и долниот

дел на графиконот ја нагласува генотипската условеност на ова својство и неговата практична вредност при селекција. Добиениот опсег е во согласност со резултатите на Kumar (2006), кој утврдил вредности од 465,3 до 1056,3 продуктивни метлички/m², а Yadav et al. (2024) го издвојуваат бројот на продуктивни метлички по единица површина како директен селекциски критериум за подобрување на приносот.

Просечната вредност за бројот на продуктивни метлички на 1 m² кај целиот испитуван материјал изнесуваше 665 во 2022 година и 611 во 2023 година (Графикон 9б), што претставува намалување од 8,18 %. Разликата меѓу годините беше високозначајна ($p \leq 0,001$), што потврдува дека условите во годината имале мерливо влијание врз формирањето на продуктивниот склоп. Ова е во согласност со Shah et al. (2023), кои утврдиле високозначаен ефект на годината врз приносот и неговите компоненти кај оризот.

Приказот по години (Графикон 9в) јасно го прикажува варирањето на секој генотип поединечно во двете сезони. Продуктивниот склоп во 2023 година се проредил кај 33 генотипови, а се зголемил кај 20. Најизразен пример е *agata*, која во 2022 година имаше 1 317 метлички/m², но во 2023 година нивниот број беше намален за 447 и формираше вкупно 870 метлички/m², задржувајќи го второто место. Највисока вредност за ова својство во 2023 година имаше *wang*, единствениот генотип што и во двете години оформи над илјада метлички (1 013 наспроти 1 072), додека *dunav* остана меѓу генотиповите со висок број продуктивни метлички. Во 2022 година, најниски вредности за својството имаа *monticelli* × *M-101* (459) и *biga incisi* (467), а во 2023 година *altınyazı* (424) и *нада-115* (426). Најизразено намалување на бројот на метлички беше утврдено кај *ispaniki* (-276 метлички/m² и поместување за 37 места надолу) и *M-202* (-259 метлички/m² и 32 места надолу). Спротивно на тоа, кај *осоговка* (+108 метлички/m²), *damla CL* (+104 метлички/m²) и *бр. 51* (+90 метлички/m²) беше забележано зголемување на вредностите, проследено со поместување за околу дваесет места нагоре во редоследот. Најмала промена меѓу двете години покажаа *luna CL*, *küplü* и *краснодарский 424*, кај кои разликата беше помала од десет метлички/m². Ваквото преуредување на продуктивниот склоп покажува дека бројот на метлички по единица површина е чувствителен на условите во годината и дека кај одделни генотипови реакцијата може да биде изразена и во апсолутната вредност и во нивната позиција во распределбата. Ова е во согласност со Tao et al. (2022), кои кај *indica* сорти ориз утврдиле дека бројот на метлички по единица површина е една од компонентите што најизразено реагира на промените во условите на одгледување.



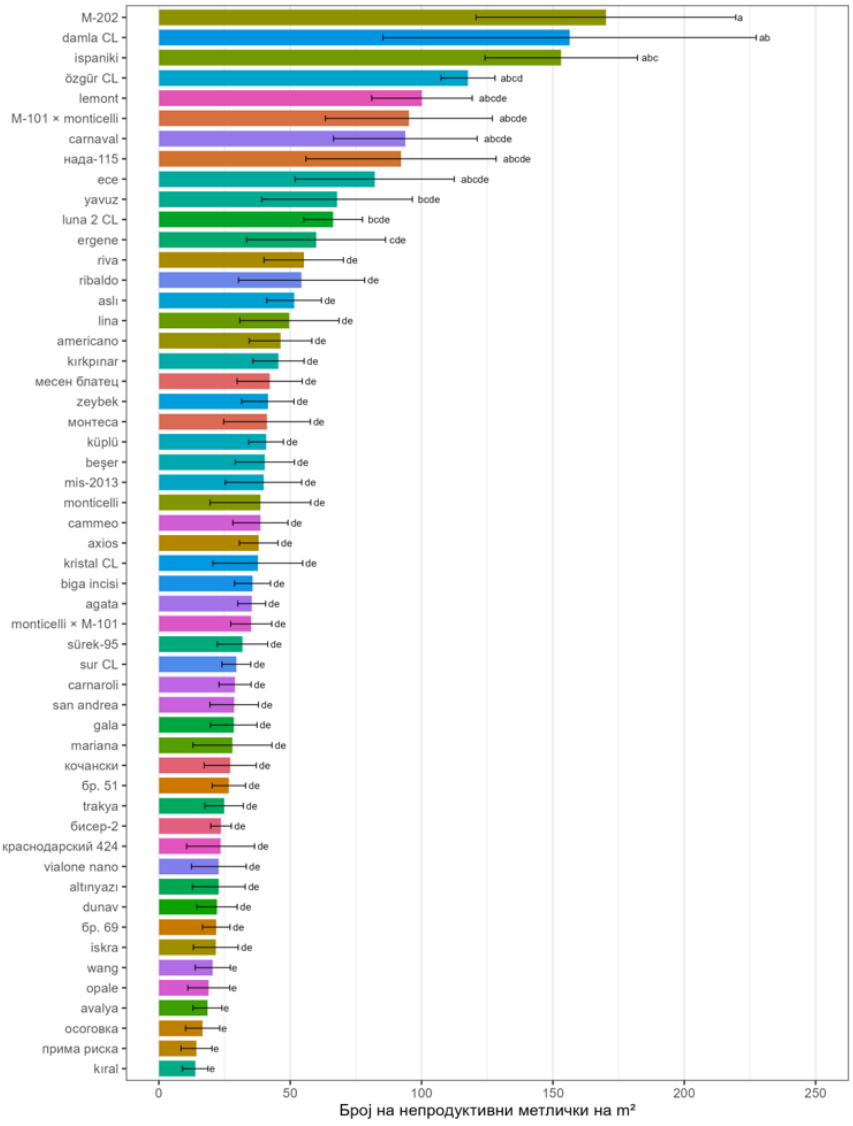
Графикон 9в. Просечни вредности за бројот на продуктивни метлички на 1 m² кај испитуваните генотипови по години

Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од двете години изнесуваше $\rho = 0{,}576$ ($p \leq 0{,}001$), што укажува дека својството број на продуктивни метлички по единица површина се карактеризира со умерена стабилност (Табела 9). Ова значи дека рангирањето на генотиповите во значителна мера се задржало меѓу двете години, но не било целосно повторливо, особено имајќи го предвид забележаното преуредување кај дел од материјалот. Во комбинација со херитабилноста од 79,43 % и очекуваниот генетски напредок од 31,78 % од средната вредност, прикажани во потпоглавје 5.2., ова својство се издвојува како компонента со висок селекциски потенцијал. Ваквата комбинација на релативно висока наследност, изразен очекуван генетски напредок и умерена стабилност покажува дека бројот на продуктивни метлички може да биде корисен критериум при селекција за подобрување на приносот, но конечниот избор на генотипови треба да се заснова на повеќегодишна проверка. Овој наод е во согласност со Singh Yadav et al. (2024), кои бројот на братимки по m² го издвојуваат како својство чија директна селекција може да биде продуктивна за подобрување на приносот кај оризот. Значењето на бројот на

метлички по единица површина како компонента на приносот е истакнато и во истражувањата на Tao et al. (2022), Wang et al. (2024), Mai et al. (2021), Yang et al. (2026), Gawdiya et al. (2023), Shrestha et al. (2021) и Yadav et al. (2024).

5.1.3.2. Број на непродуктивни метлички на 1 m²

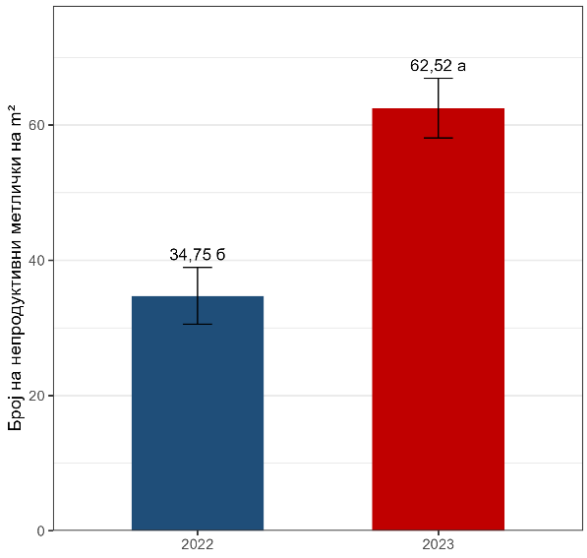
Бројот на непродуктивни метлички на 1 m² го прикажува делот од формираниот склоп кој не придонесува директно во создавањето на приносот. Во испитуваниот материјал просечните вредности се движеа од 10,2 до 170,8 непродуктивни метлички/m² (Графикон 10а), што укажува на изразена варијабилност и на значајни разлики во ефикасноста на трансформацијата на братимките во продуктивни метлички.



Графикон 10а. Просечни вредности за број на непродуктивни метлички кај испитуваните генотипови

Највисока просечна вредност беше утврдена кај *M-202* (170,8), а високи вредности имаа и *damla CL* (156,3), *ispaniki* (153,2) и *özgür CL* (117,7). Кај овие генотипови поголем дел од формираниот склоп останал непродуктивен, што е неповолно од аспект на искористување на асимилатите и формирање принос. Пониски просечни

вредности беа утврдени кај *opale* (19,0), *avalya* (18,5), *осоговка* (16,7), *прима риска* (14,3) и *kıral* (13,8), што ги издвојува како генотипови со помал удел на непродуктивни метлички. Слични вредности за ова својство констатирале и Akhgari & Kaviani (2011), кај кои вредностите се движеле приближно од 31,6 до 177,3 непродуктивни метлички/m². Дополнително, Modarresi (2026) кај локални генотипови ориз утврдил значајни генотипски разлики кај сите анализирани агрономски својства, со најголем опсег на варирање токму кај компонентите поврзани со продуктивниот склоп.

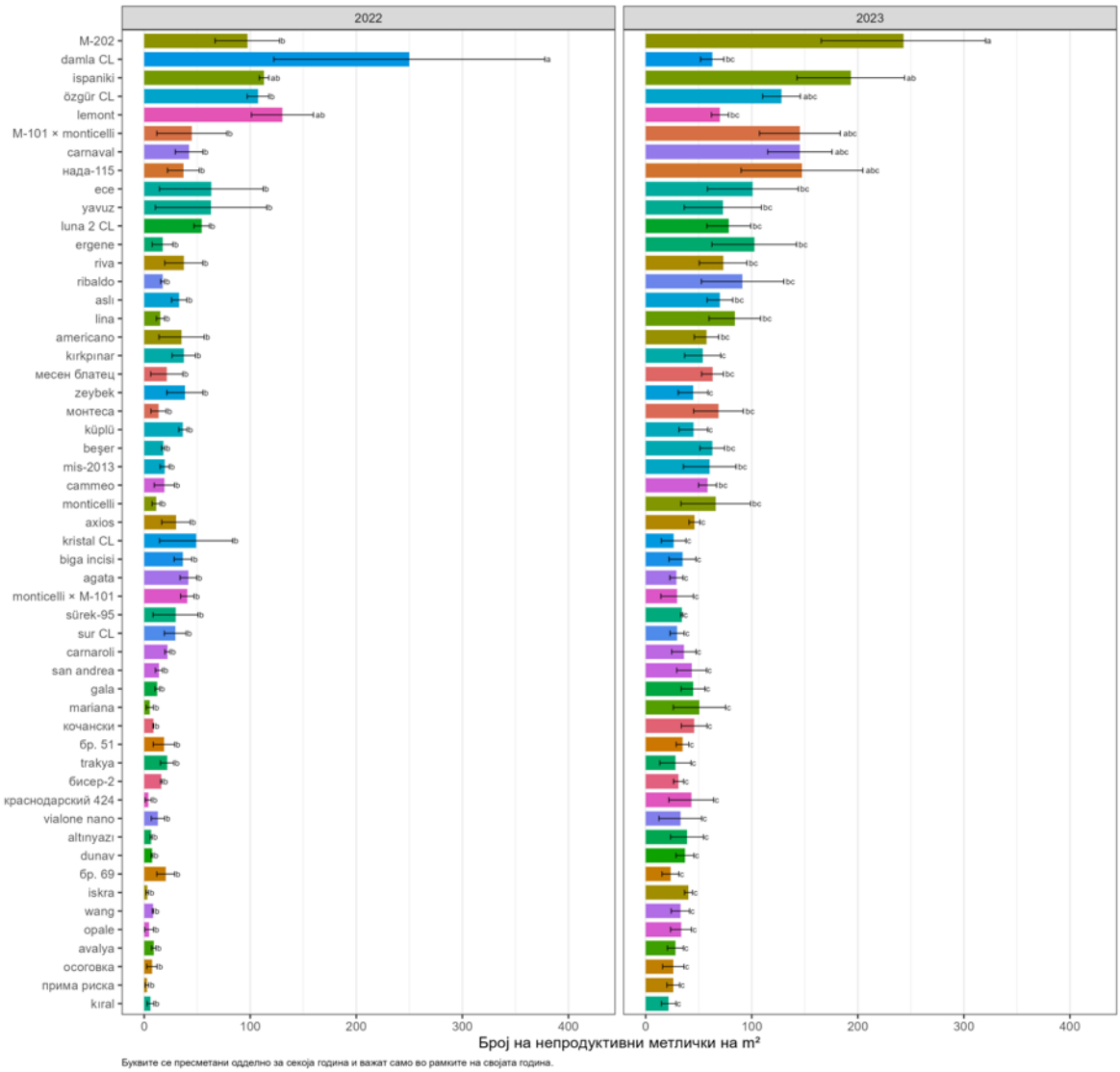


Графикон 10б. Просечни вредности за бројот на непродуктивни метлички на 1 m² кај испитуваниот материјал во двете години

Промената на вредностите помеѓу двете години на истражување беше особено изразена. Просечниот број на непродуктивни метлички се зголеми од 34,75 во 2022 година на 62,52 во 2023 година, односно за 79,90 % (Графикон 10б), со високозначајна разлика меѓу годините ($p \leq 0,001$). Тоа покажува дека, иако 2023 година беше поволна за дел од показателите поврзани со продуктивноста на метличката, истовремено доведе и до зголемен број непродуктивни метлички кај најголем дел од генотиповите.

Бројот на непродуктивни метлички на 1 m² кај секој поединечен генотип во двете години на истражувањето е прикажан на Графикон 10в, што овозможува да се согледа однесувањето на секој генотип поединечно во двете сезони. Добиените резултати јасно покажуваат дека бројот на непродуктивни метлички се зголемил кај 47 од 53 генотипови. Во 2022 година највисока вредност имаше *damla CL* (250,0), но во 2023 година овој број се намали за 187,3 и достигна 62,7. Наспроти тоа, *M-202* во 2023 година достигна 243,0 непродуктивни метлички/m², зголемувајќи ја вредноста за 145,7 во однос на 2022 година. Во 2022 година најниски вредности имаа *прима риска* (2,7) и *iskra* (3,0), додека во 2023 година ниту еден генотип не остана под 20 непродуктивни метлички/m². Најниски вредности имаа *kıral* (21,7) и *бр. 69* (23,3). Најрамномерни беа *sur CL* (29,3 наспроти 29,7) и *biga incisi*. Општото зголемување на непродуктивните метлички при истовремено намалување на продуктивните одговара на механизмот на компензација меѓу компонентите на приносот што го опишуваат Yang et al. (2026), Tao et al. (2022), Wang et al. (2024), Gawdiya et al. (2023) и Shrestha et al. (2021).

Spearman-овата корелација меѓу двете години изнесуваше $\rho = 0,478$ ($p \leq 0,001$), што укажува на умерена стабилност на редоследот (Табела 9). Својството се одликуваше со најизразена варијабилност во целиот материјал (CV = 115,05 %; GCV = 57,83 %; PCV = 74,71 %), умерена херитабилност (59,93 %) и многу висок очекуван генетски напредок (GAM = 92,23 %). Оваа комбинација покажува дека селекцијата за намалување на бројот на непродуктивни метлички има практична вредност, но поради силното влијание на годината треба да се темели на повеќегодишни податоци.



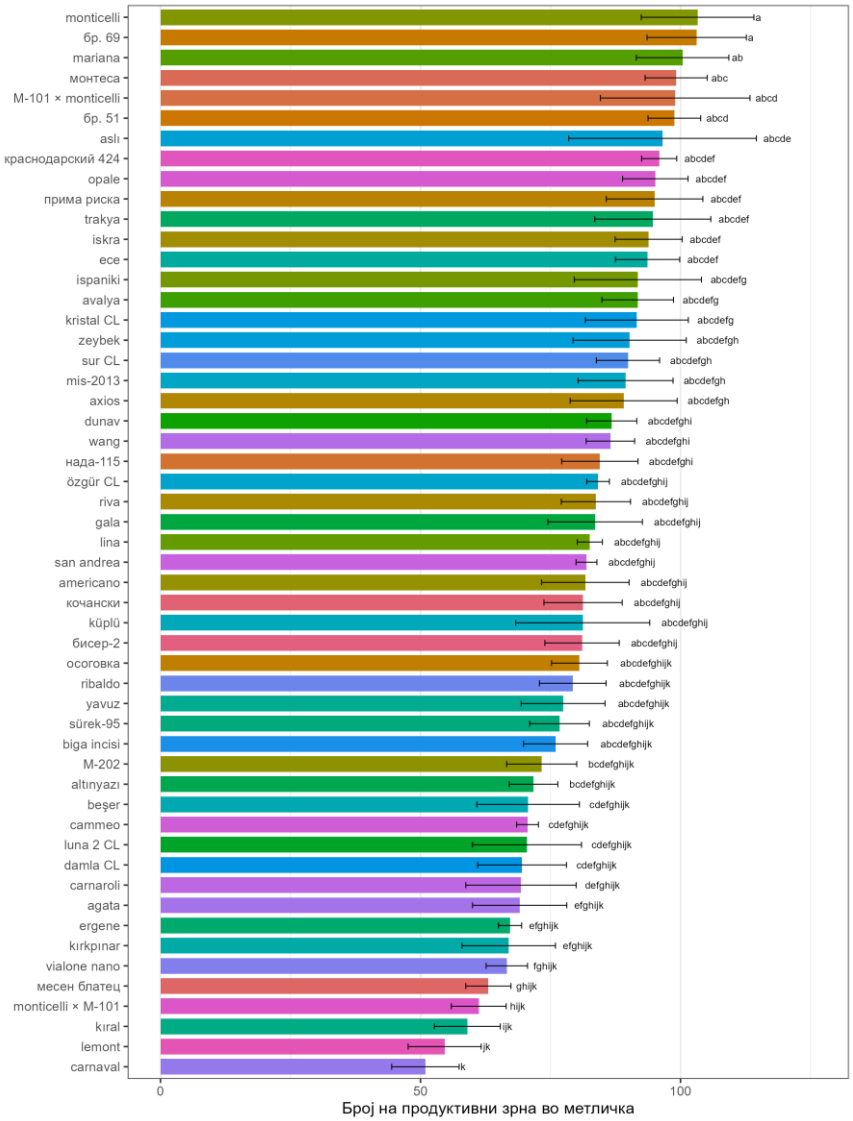
Графикон 10в. Просечни вредности за бројот на непродуктивни метлички на 1 m² кај испитуваните генотипови по години

5.1.3.3. Број на продуктивни и непродуктивни зрна во метличка

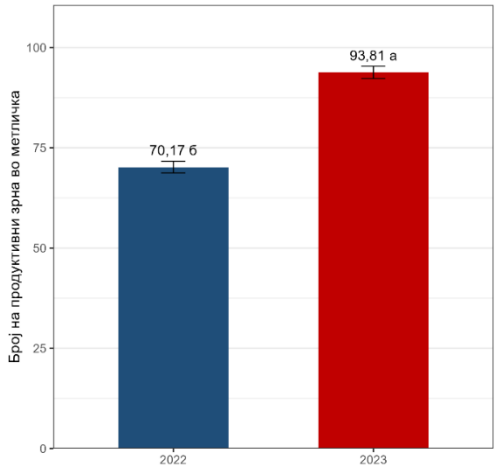
Бројот на продуктивни зрна во метличка е еден од најважните показатели за продуктивноста на метличката, бидејќи директно го определува бројот на зрна што учествуваат во формирањето на приносот (Mei et al., 2006; Mohapatra & Sahu, 2021). Во испитуваниот материјал просечните вредности се движеа од 50,9 до 103,3 продуктивни зрна во метличка (Графикон 11а). Најниска просечна вредност беше утврдена кај генотипот *carnaval* (50,9), а ниски вредности беа утврдени и кај *lemont* (54,6) и *kıral* (59,0). Наспроти тоа, највисоки вредности имаа *монтеса* (99,2), *mariana* (100,4), *бр. 69* (103,1) и *monticelli* (103,3), кои се издвојуваат со подобро исполнета метличка и повисок потенцијал за формирање зрно.

Просечната вредност за бројот на продуктивни зрна во метличка се зголеми од 70,17 во 2022 година на 93,81 во 2023 година, односно за 33,69 % (Графикон 11б), при што е детектирана високозначајна разлика меѓу годините ($p \leq 0{,}001$). Овој пораст покажува

дека условите во 2023 година биле поповолни за полнење на метличката, иако реакцијата не била еднаква кај сите генотипови.

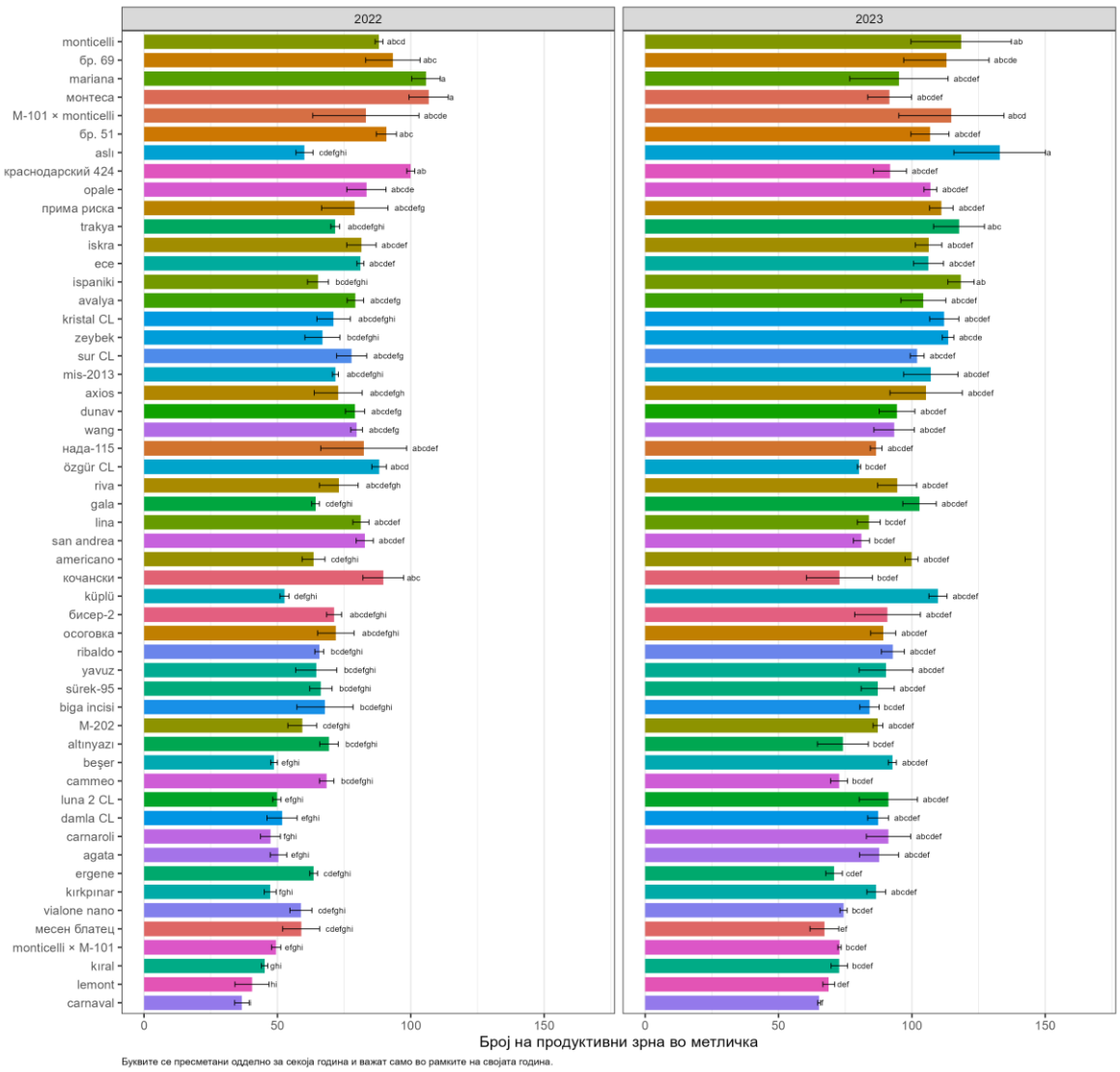


Графикон 11а. Просечни вредности за број на продуктивни зрна во метличка кај испитуваните генотипови



Графикон 11б. Просечни вредности за бројот на продуктивни зрна во метличка кај испитуваниот материјал во двете години

Полнењето на метличката во 2023 година беше значително подобро во споредба со 2022 година. Бројот на продуктивни зрна се зголеми кај 47 генотипови, а просекот порасна за околу една третина (Графикон 11в). Најголем прираст имаше *aslı*, кој од 60,2 зрна во 2022 година достигна 132,9 во 2023 година, односно +72,8 зрна или 121 %, со искачување за 38 места. Слично реагираа *küplü* (+57,1 зрна, +33 места) и *ispaniki* (+53,2 зрна, +31 место). Во 2022 година највисоки вредности имаа *монтеса* (106,7) и *mariana* (105,7), но во 2023 година кај двете се намали бројот на зрна и се спуштија за 27, односно 19 места. Најниски вредности во двете години имаа *carnaval* (36,7 наспроти 65,2 зрна), придружен од *lemont*. Најпостојани останаа *san andrea*, *lina* и *cammeo*, кај кои разликата не надминува четири зрна по метличка. Големите разлики во полнењето на метличката меѓу годините се во согласност со резултатите од истражувањето на Sekhar et al. (2021), кои покажаа дека полнењето на зрната е под генетска контрола и силно зависи од условите во периодот на налевање на зрното. Бројот на исполнети зрна во метличката кај повеќе генотипови и во повеќе надворешни средини го анализирале и Islam et al. (2019), Mai et al. (2021), Sekhar et al. (2021), Tao et al. (2022), Shyamalee & Ranawake (2024) и Wang et al. (2024).

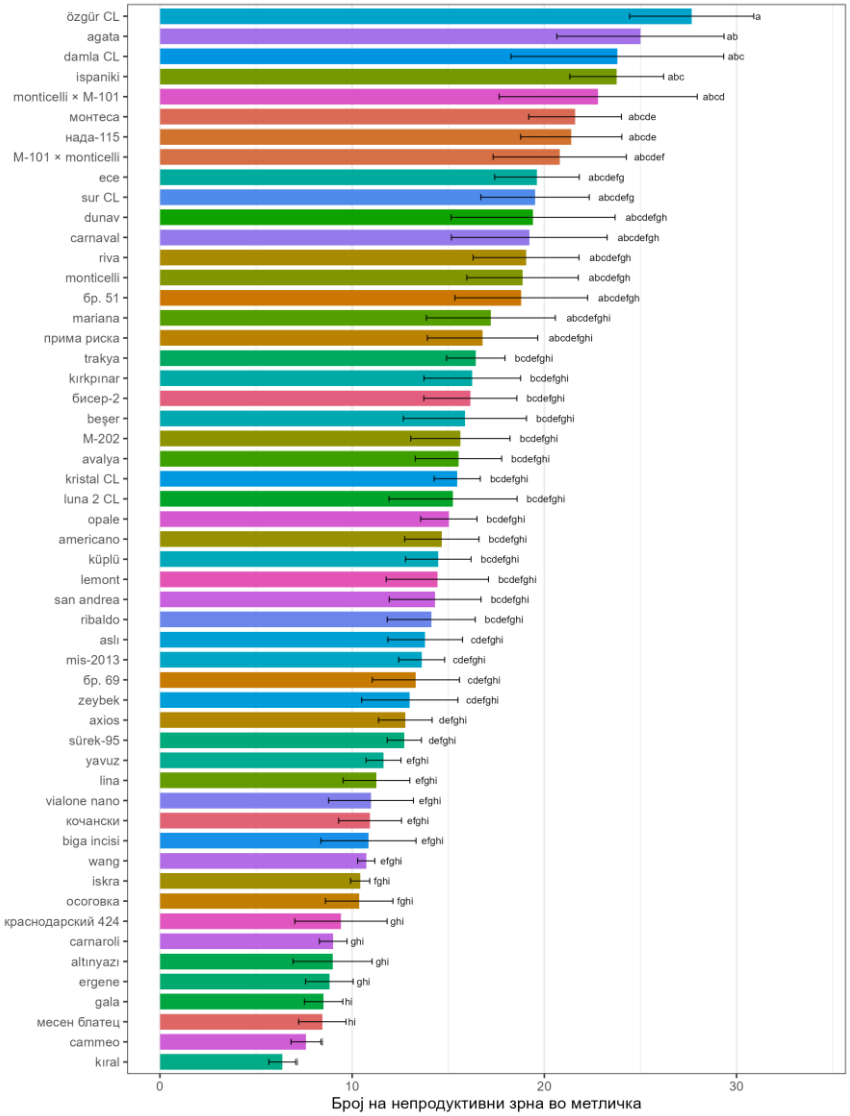


Графикон 11в. Просечни вредности за бројот на продуктивни зрна во метличка кај испитуваните генотипови по години

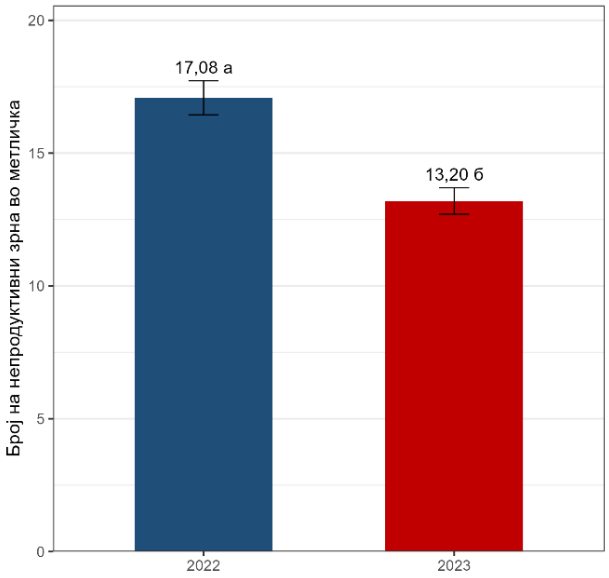
Spearman-овата корелација за бројот на продуктивни зрна во метличка изнесуваше ρ=0,355 ($p \leq 0,01$), што го класифицира ова својство како ниско стабилно (Табела 9). Херитабилноста од 49,09 % и очекуваниот генетски напредок од 15,98 % од средната вредност (потпоглавје 5.2.) укажуваат на умерена селекциска вредност. Затоа, изборот на генотипови според ова својство не треба да се базира само на една сезона, туку на повеќегодишна потврда.

Кај бројот на непродуктивни зрна во метличка просечните вредности се движеа од 6,4 до 27,7 (Графикон 12а). Најниска вредност имаше *kıral* (6,4), а ниски вредности беа утврдени и кај *cammeo* (7,6), *месен блатец* (8,4), *gala* (8,5) и *ergene* (8,8). Највисоки вредности имаа *нада-115* (21,4), *monticelli × M-101* (22,8), *ispaniki* (23,8), *agata* (25,0) и *özgür CL* (27,7), што укажува на поголем удел на неисполнети зрна во метличката.

Просечната вредност за бројот на непродуктивни зрна се намали од 17,08 во 2022 година на 13,20 во 2023 година, односно за 22,73 % (Графикон 12б).



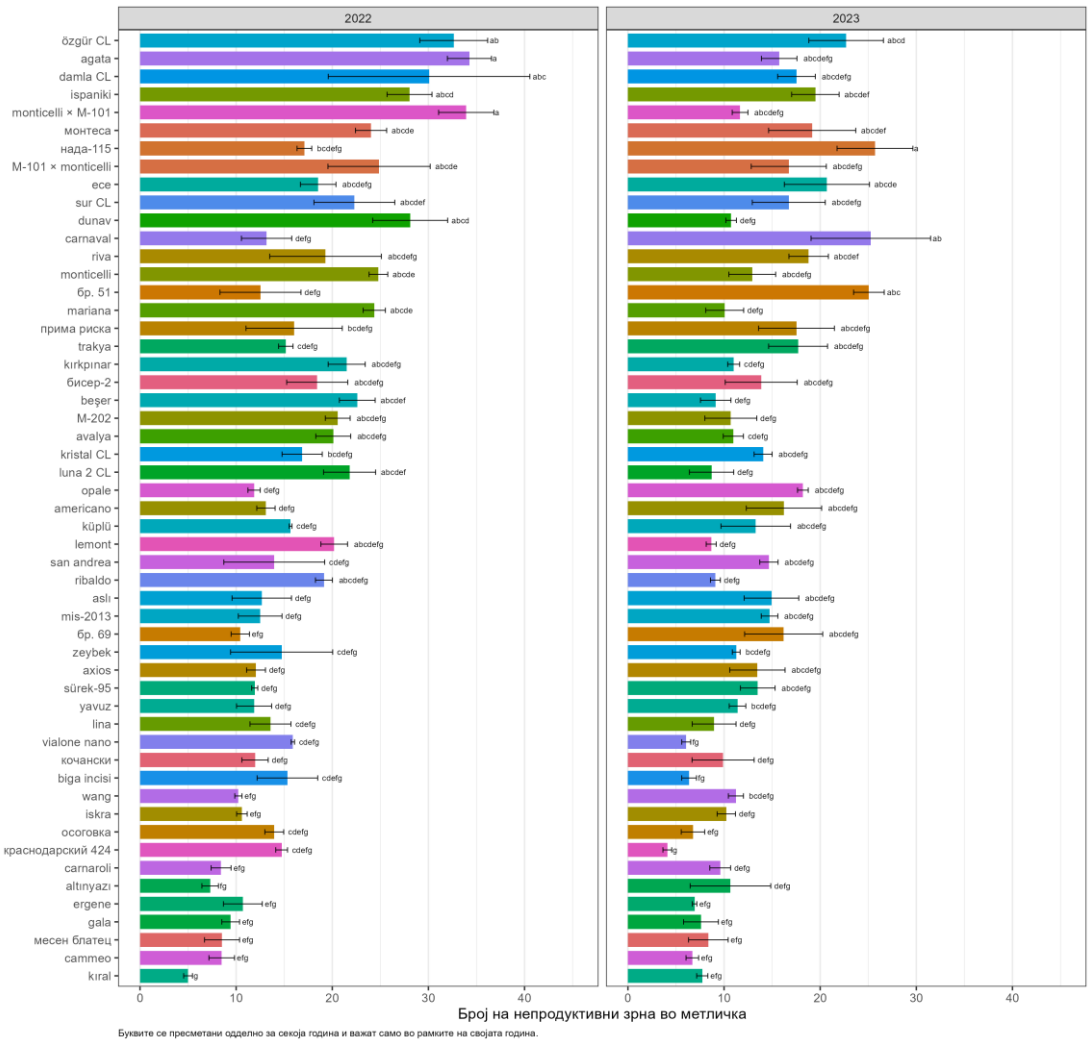
Графикон 12а. Просечни вредности за број на непродуктивни зрна во метличка кај испитуваните генотипови



Графикон 12б. Просечни вредности за бројот на непродуктивни зрна во метличка кај испитуваниот материјал во двете години

На Графиконот 12в се гледа дека редоследот на генотиповите се менувал меѓу годините, а Spearman-овата корелација изнесуваше ρ=0,301 ($p \leq 0,05$), што го вбројува својството во групата со ниска стабилност. Комбинирано, зголемениот број продуктивни зрна и намалениот број непродуктивни зрна во 2023 година покажуваат подобра исполнетост на метличката, но ниската стабилност на редоследот бара претпазливост при селекциско толкување. Уделот на неисполнети зрна и неговата зависност од архитектурата на метличката се разгледувани и кај Mai et al. (2021), Mohapatra & Sahu (2021), Sekhar et al. (2021), Gautam & Shrestha (2023) и Yadav et al. (2024).

Споредбата на двата показателa покажува дека поволен приносен профил имаат генотиповите кај кои повисокиот број продуктивни зрна не е проследен со висок број непродуктивни зрна. Наспроти тоа, генотиповите со висок број непродуктивни зрна, како *ozgür CL*, *agata*, *ispaniki*, *monticelli* × *M-101* и *нада-115*, имаат послаба исполнетост на метличката, но кај некои од нив бројот на продуктивни зрна е релативно висок. Слична варијабилност прикажале Dey et al. (2025), кај кои бројот на продуктивни зрна во метличка се движел од 45,26 до 150,36, а бројот на непродуктивни зрна од 6,40 до 77,46.

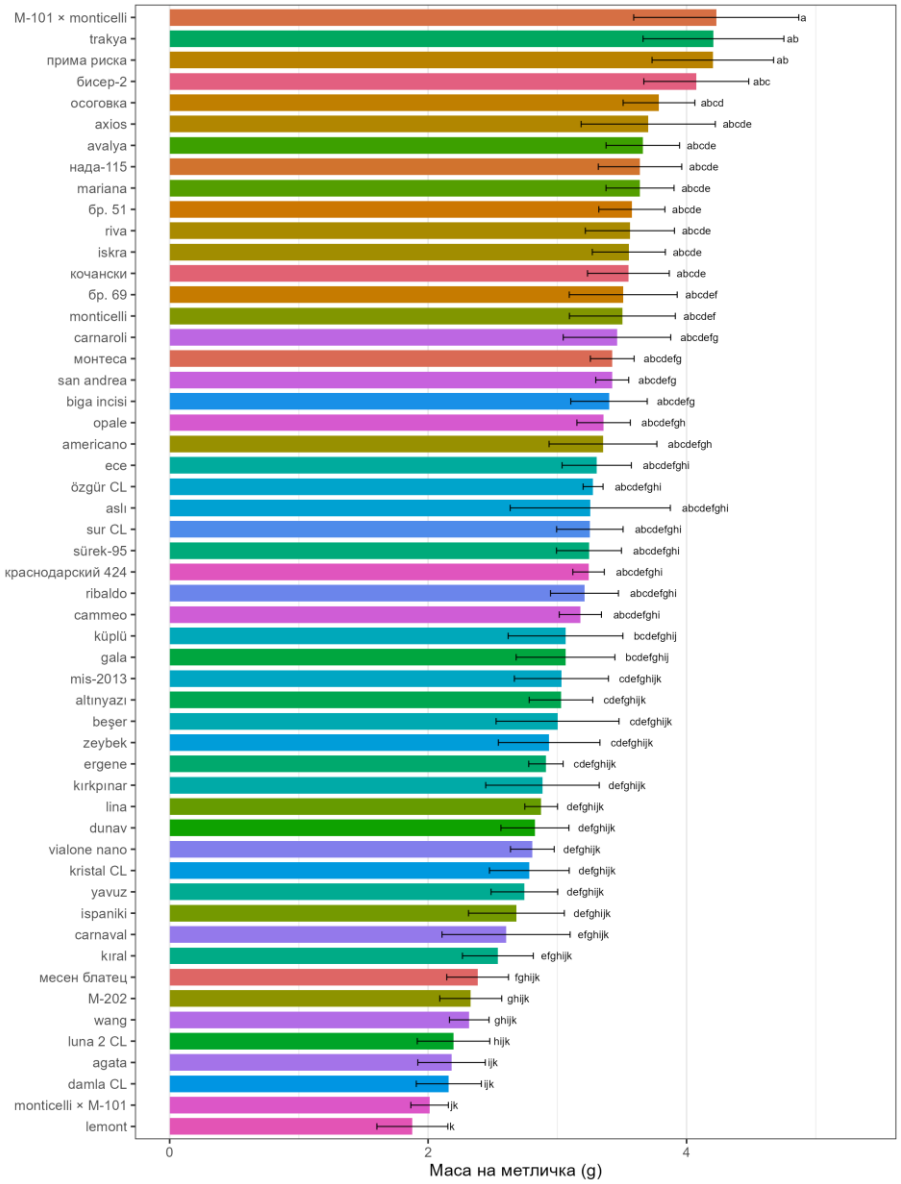


Графикон 12в. Просечни вредности за бројот на непродуктивни зрна во метличка кај испитуваните генотипови по години

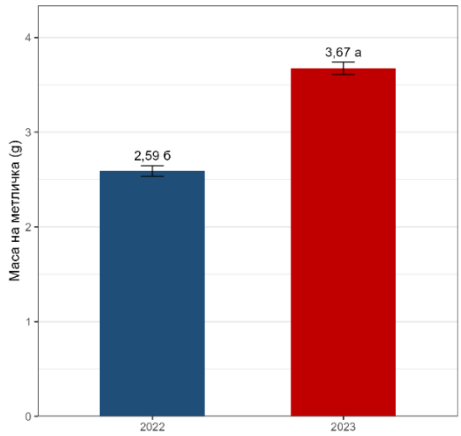
5.1.3.4. Маса на метличка и маса на продуктивни зрна во метличка

Масата на метличката и масата на продуктивните зрна во метличката се тесно поврзани показатели за продуктивноста и исполнетоста на метличката. Во испитуваниот материјал масата на метличката се движеше од 1,9 до 4,2 g, а масата на продуктивните зрна во метличката од 1,7 до 3,8 g (Графикони 13а и 14а).

Највисоки просечни вредности за масата на метличката беа утврдени кај *M-101 × monticelli*, *прима риска* и *trakya* (4,2 g). Високи вредности беа забележани и кај *бисер-2* (4,1 g), *осоговка* (3,8 g), *axios* (3,7 g), *нада-115*, *бр. 51* и *mariana* (3,6 g), како и кај *бр. 69* и *monticelli* (3,5 g). Овие генотипови се позиционираат во горниот дел од распределбата и се карактеризираат со подобро развиена и потешка метличка. Најниски вредности имаа *месен блатец* (2,4 g), *M-202* (2,3 g), *damla* и *luna CL* (по 2,2 g), *monticelli × M-101* (2,0 g) и *lemont* (1,9 g). Слични вредности за ова својство се наведени и во претходни истражувања. Yadav et al. (2023), при испитување различни генотипови ориз, утврдиле маса на метличка од 2,8 до 4,5 g, додека кај Lestari et al. (2015) вредностите се движеле од 1,92 до 3,97 g.



Графикон 13а. Просечни вредности за маса на метличка (g) кај испитуваните генотипови

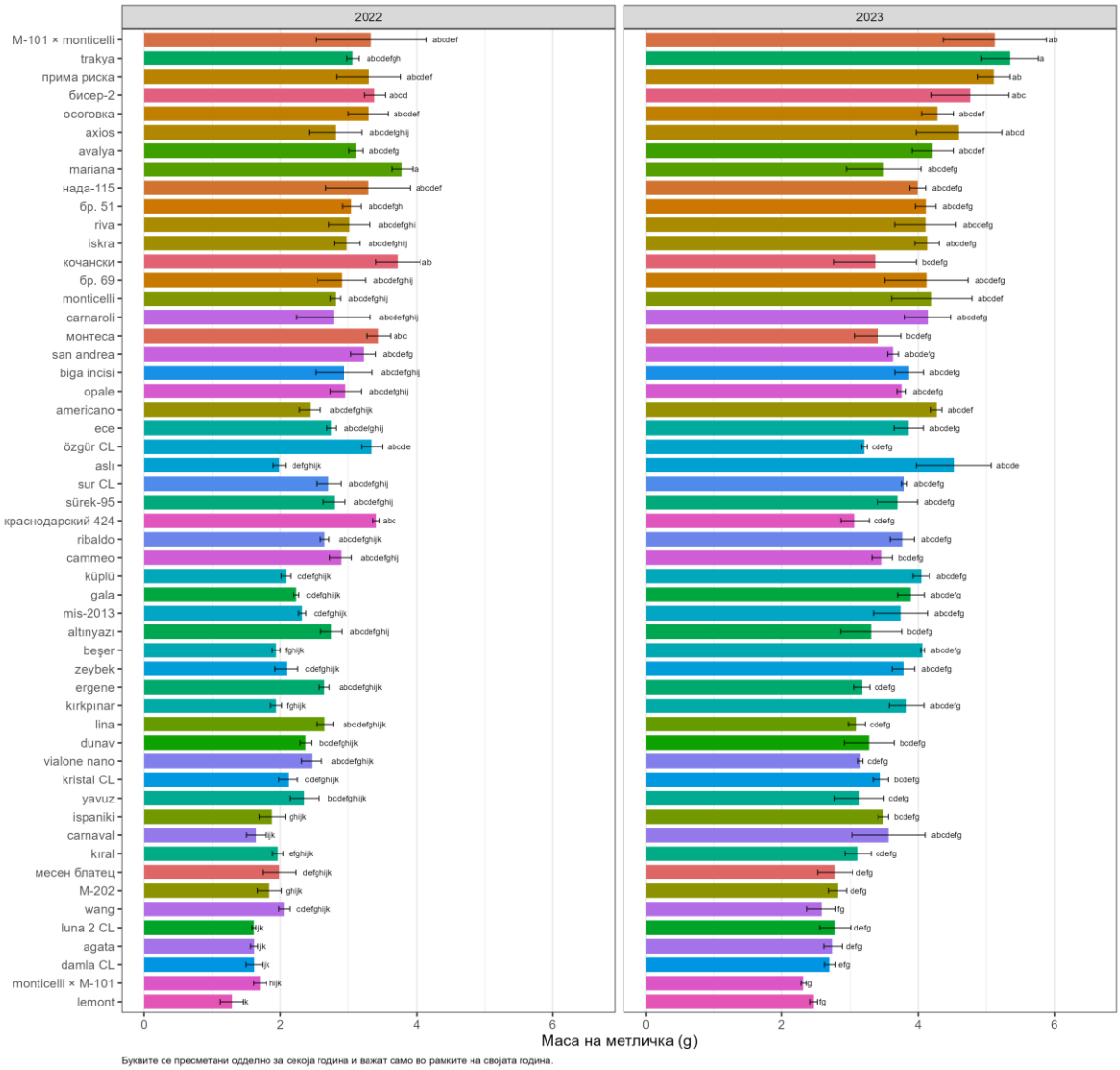


Графикон 13б. Просечни вредности за масата на метличката (g) кај испитуваниот материјал во двете години

Разликата помеѓу вредностите детектирани за ова својство во текот на двете години од истражувањето беше многу изразена. Просечната маса на метличката се зголеми од 2,59 g во 2022 година на 3,67 g во 2023 година, односно за 41,86 % (Графикон 13б), а разликата меѓу годините беше високозначајна ($p \leq 0{,}001$), што покажува дека условите во 2023 година биле особено поволни за формирање потешка и подобро исполнета метличка.

На ниво на поединечни генотипови, масата на метличката во 2023 година се зголеми кај 48 генотипови, но прирастот беше

исклучително нерамномерен, што јасно се гледа на Графикон 13в. Најголема промена беше забележана кај *aslı*, од 1,99 на 4,52 g, односно зголемување на масата на метличката за +2,54 g или 128 %, со искачување за 35 места. Значајно реагираа и *beşer* (+2,12 g, +28 места) и *küplü* (+1,97 g). Во 2022 година најтешки метлички имаа *mariana* (3,79 g) и *кочански* (3,73 g), но во 2023 година тие забележаа намалување од 0,29 g, односно 0,36 g и се поместија надолу во редоследот. Во 2023 година најтешки метлички имаа *trakya* (5,35 g), *M-101 × monticelli* (5,13 g) и *прима риска* (5,11 g).



Графикон 13в. Просечни вредности за масата на метличката (g) кај испитуваните генотипови по години.

Најмала промена, но и најголем пад во редоследот, покажа *краснодарский 424* (-0,34 g и -41 место). Според Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од двете година изнесува $\rho = 0{,}477$ ($p \leq 0{,}001$), што покажува дека ова има умерена стабилност (Табела 9). Ова е во согласност со проценките во потпоглавјето 5.2., каде што херитабилноста за ова својство изнесува 66,81 %, а очекуваниот генетски напредок 24,76 % од средната вредност. Нерамномерниот прираст на масата на метличката меѓу генотиповите е во согласност со Shyamalee & Ranawake (2024), кои кај традиционални и подобрени генотипови ориз утврдија различен придонес на компонентите на метличката кон приносот. Масата на метличката и нејзиниот

придонес кон приносот се анализирани и во истражувањата на Islam et al. (2019), Mohapatra & Sahu (2021), Shyamalee & Ranawake (2024), Yadav et al. (2024) и Periyasamy et al. (2026).

Кај масата на продуктивните зрна во метличката, највисоки вредности повторно беа утврдени кај *M-101 × monticelli*, *прима риска* и *trakya* (3,8 g), што покажува дека високата маса на метличката кај овие генотипови е во голема мера резултат на повисоката маса на продуктивните зрна.

Високи вредности беа забележани и кај *бисер-2* (3,7 g), *осоговка* (3,5 g), како и кај *кочански*, *riva* и *iskra* (3,3 g). Совпаѓањето на генотиповите со високи вредности кај двете својства укажува дека кај нив метличката не е само морфолошки поразвиена, туку и подобро исполнета со продуктивни зрна. Ниски вредности за масата на продуктивните зрна во метличката беа утврдени кај *месен блатец* (2,2 g), *luna CL* и *M-202* (2,1 g), *agata*, *wang* и *damla* (1,9 g), *monticelli × M-101* (1,8 g), а најниска вредност кај *lemont* (1,7 g). Кај овие генотипови помалата маса на метличката е придружена со пониска маса на продуктивните зрна (Графикон 14а).

Просечната маса на продуктивните зрна се зголеми од 2,29 g во 2022 година на 3,43 g во 2023 година, односно за 49,89 % (Графикон 14б). Разликата помеѓу средните вредности за ова својство меѓу годините беше високозначајна ($p \leq 0,001$).

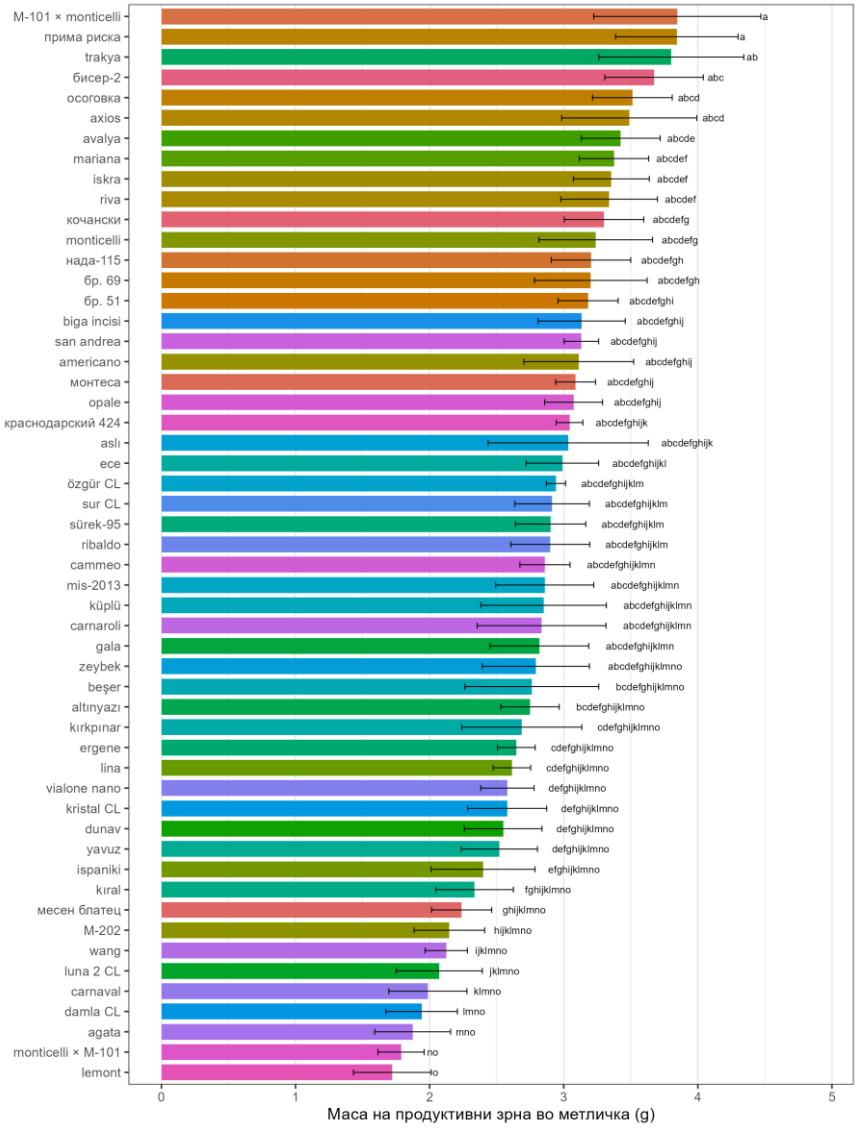
Масата на продуктивните зрна во метличката има речиси ист тренд како и вкупната маса на метличката. Кај ова својство е забележан пораст на вредностите кај 49 генотипови и намалување кај само четири (Графикон 14в). Најзабележливата промена повторно е детектирана кај *aslı*, со прираст од 2,45 g (+136 %) и искачување за 36 места, по што следат генотиповите *beşer* (+2,23 g, +31 место) и *trakya* (+2,22 g). Во 2022 година највисоки вредности имаа *кочански* (3,49 g) и *mariana* (3,43), а во 2023 година нив ги заменија *trakya* (4,91 g), *M-101 × monticelli* и *прима риска* (по 4,72). Најниски вредности во двете години имаат *lemont* (1,10 наспроти 2,35 g) и *monticelli × M-101* (2,16 g во 2023).

Речиси непроменети во текот на двете години останаа вредностите кај *монтеса* (3,11 наспроти 3,07 g), *краснодарский 424* и *mariana*, генотипови што во 2022 година беа на врвот, а во 2023 година, без да ја намалат масата, се најдоа во средината на распределбата. Дека масата на продуктивните зрна во метличката е меѓу својствата со најголема реакција на условите во годината потврдуваат и Ahmed et al. (2024), кои утврдиле значајна интеракција кај компонентите на приносот. Продуктивноста на метличката изразена преку масата на зрната во неа ја испитувале и Mohapatra & Sahu (2021), Sekhar et al. (2021), и Yadav et al. (2023), Ahmed et al. (2024), Shyamalee & Ranawake (2024), Tao et al. (2022) и Yadav et al. (2024).

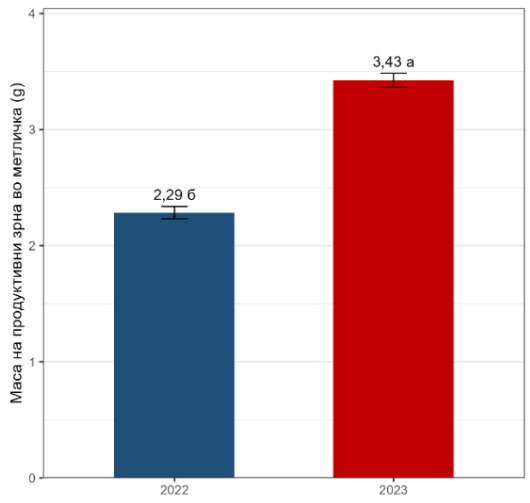
Spearman-овата корелација изнесуваше $\rho=0,452$ ($p \leq 0,001$) за масата на продуктивните зрна, што го класифицира ова својство како умерено стабилно. Херитабилноста изнесуваше 65,35 %, а очекуваниот генетски напредок 24,94 % од средната вредност, што му дава практична селекциска вредност, но истата е потребно да се оцени во повеќе надворешни средини.

Совпаѓањето на генотиповите со високи вредности кај двете својства покажува дека кај *M-101 × M*, *прима риска*, *trakya*, *бисер-2* и *осоговка* повисоката маса на метличката е придружена со подобра исполнетост со продуктивни зрна. Наспроти тоа, *lemont*, *monticelli × M-101*, *damla*, *luna CL*, *M-202* и *месен блатец* се наоѓаат меѓу генотиповите со пониски вредности кај едното или кај двете својства. Ваквата

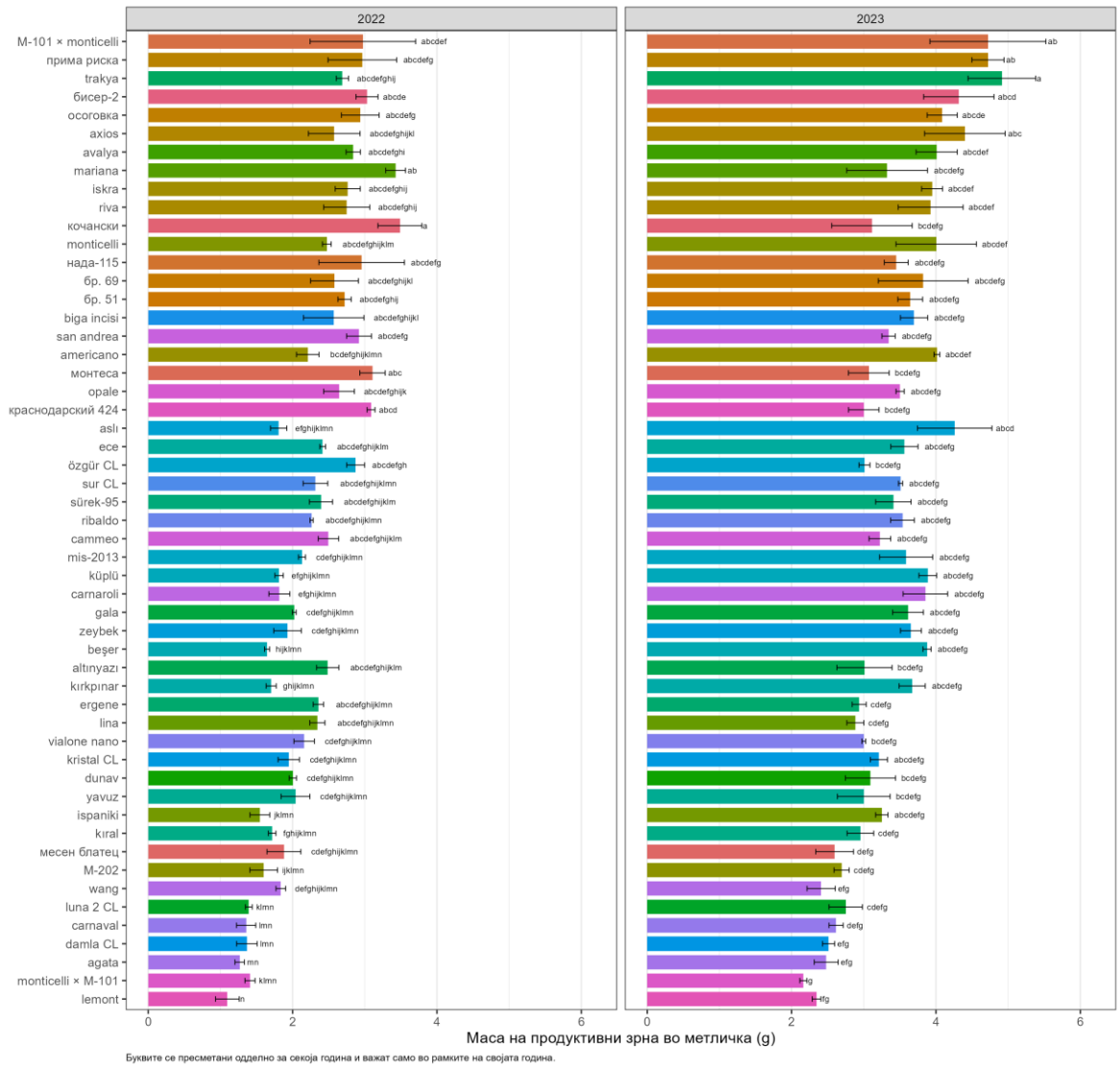
распределба покажува дека масата на метличката е тесно поврзана со масата на продуктивните зрна, но практичната вредност на ова својство е поголема кога зголемената маса на метличката е резултат на подобра исполнетост со продуктивни зрна, а не само на поголема вкупна маса на метличката.



Графикон 14а. Просечни вредности за маса на продуктивни зрна во метличка (g) кај испитуваните генотипови



Графикон 14б. Просечни вредности за масата на продуктивните зрна во метличка (g) кај испитуваниот материјал во двете години

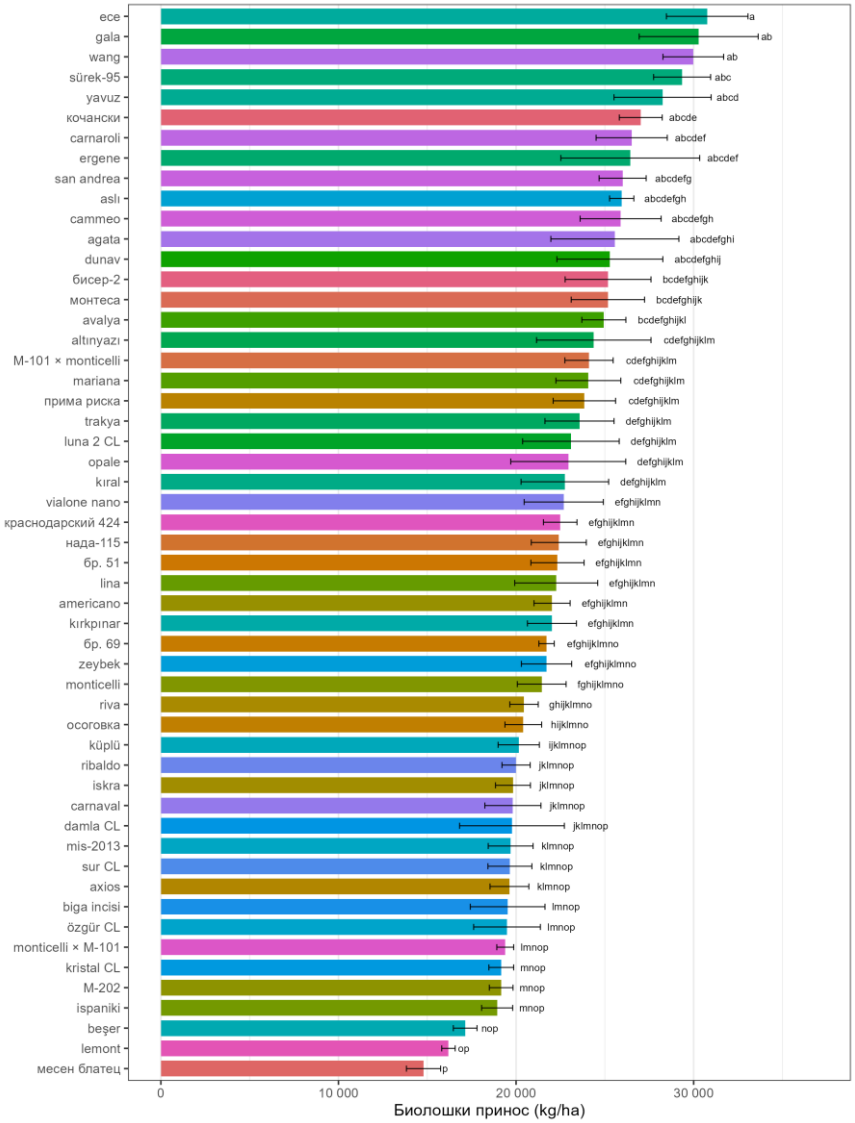


Графикон 14в. Просечни вредности за масата на продуктивните зрна во метличка (g) кај испитуваните генотипови по години

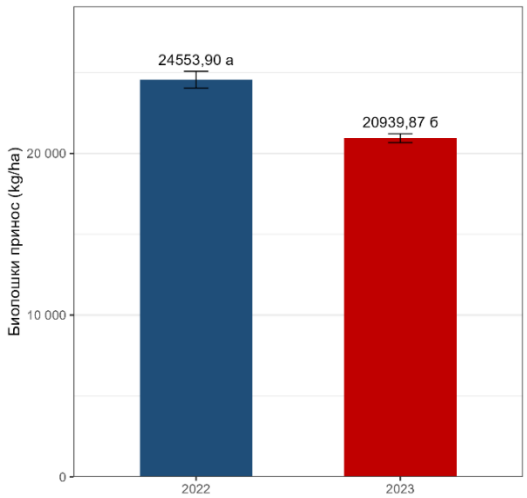
5.1.3.5. Биолошки принос

Биолошкиот принос ја претставува вкупната надземна растителна маса и е резултат на истовременото формирање на принос на зрно и принос на слама. Биолошкиот принос, приносот на зрно и приносот на слама се утврдени од ожнеана површина од 1 m², а резултатите, по пресметката, се изразени во kg/ha. Кај испитуваните генотипови просечните вредности се движеа од 14 790 до 30 763 kg/ha (Графикон 15а), што укажува на јасна диференцијација на материјалот според капацитетот за создавање биомаса. Највисок просечен биолошки принос имаше *есе* (30 763 kg/ha), а високи вредности беа утврдени и кај *gala* (30 283 kg/ha), *wang* (29 982 kg/ha), *sürek-95* (29 350 kg/ha) и *yavuz* (28 250 kg/ha). Пониски просечни вредности беа утврдени кај *carnaval (19 820 kg/ha), biga incisi (19 525 kg/ha), Monticelli × M-101 (19 392 kg/ha), ispaniki (18 935 kg/ha), beşer (17 135 kg/ha), lemont (16 193 kg/ha)* и месната популација *месен блатец* (14 790 kg/ha). Сите овие генотипови се одликуваа со послаб вкупен раст и помала акумулација на надземна маса. Добиените резултати варираат во поширок

опсег во споредба со резултатите на Khanal et al. (2025), кои кај рани генотипови ориз утврдиле биолошки принос од 21 280 до 32 440 kg/ha.



Графикон 15а. Просечни вредности за биолошки принос (kg/ha) кај испитуваните генотипови

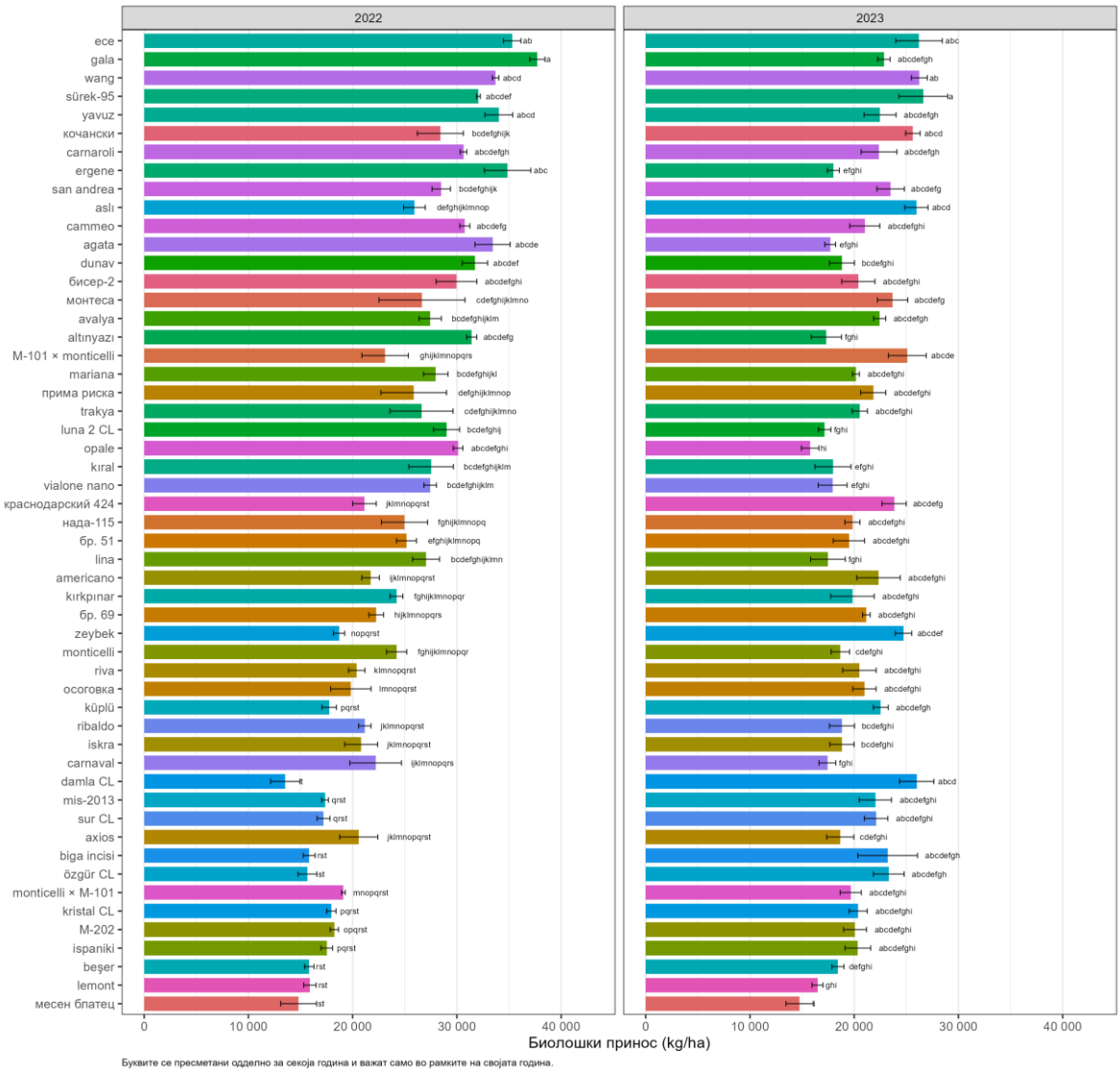


Графикон 15б. Просечни вредности за биолошкиот принос (kg/ha) кај испитуваниот материјал во двете години

Просечната вредност за биолошки принос изнесуваше 26 070 kg/ha во 2022 година и 20 925 kg/ha во 2023 година (Графикон 15б), што претставува намалување од 19,74 %. Разликата меѓу годините беше високозначајна ($p \leq 0{,}001$). Овој резултат покажува дека условите во 2022 година овозможиле поголемо формирање вкупна надземна биомаса, додека во 2023 година, и покрај подобрувањето на дел од својствата на метличката и зрното, вкупната биомаса била пониска.

Приказот по години (Графикон 15в) покажува дека намалувањето на биолошкиот принос не било еднакво кај сите генотипови. Spearman-овата корелација меѓу генотипските рангови изнесуваше $\rho=0{,}433$ ($p \leq 0{,}001$), што го вбројува ова својство во групата со умерена стабилност. Тоа значи дека дел од генотиповите ја задржале релативната позиција, но кај други годишните услови предизвикале значајни поместувања во редоследот.

Биолошкиот принос е својството со најизразено преуредување на редоследот меѓу двете години, при што максималното поместување изнесува дури 49 места (Графикон 15в). Генотипот *damla CL*, кој имал најнизок биолошки принос во 2022 година (13 537 kg/ha), во 2023 година речиси ја удвои вкупната биомаса, достигнувајќи 26 000 kg/ha.



Графикон 15в. Просечни вредности за биолошкиот принос (kg/ha) кај испитуваните генотипови по години

Во иста насока се движеа и генотиповите *özgür CL* (+7 653 kg/ha, +39 места) и *biga incisi* (+7 383 kg/ha, +37 места). Спротивно, кај генотиповите *ergene* (-16 863 kg/ha), *agata* (-15 727) и *opale* (-14 347) биомасата беше значително намалена и истите при рангирањето се поместија за по околу четириесет места надолу. Во 2022 година највисок биолошки принос имаа *gala* (37 717 kg/ha) и *ece* (35 310), а во 2023 година *sürek-95* (26 633) и *wang* (26 250), при што *ece* е единствениот што остана во врвот и во двете години. Најмала промена покажа *aslı* (25 930 наспроти 25 967 kg/ha), а по него следат *месен блатец* и *riva*. Изразената нестабилност на надземната биомаса е во согласност со Debsharma et al. (2021), Akay (2022), Tao et al. (2022), Gawdiya et al. (2023), Curti et al. (2026) и Yang et al. (2026).

Од селекциски аспект, биолошкиот принос е важен затоа што го покажува општиот продуктивен капацитет на генотипот, но самостојно не е доволен показател за приносниот потенцијал. Високата биомаса може да биде поволна само доколку е придружена со ефикасно пренасочување на асимилатите кон зрното. Затоа ова својство треба да се толкува заедно со приносот на зрно, жетвениот индекс и масата на продуктивните метлички. Ваквиот пристап е во согласност со истражувањата на Sameera et al. (2016), Zhao et al. (2020), Zaid et al. (2022) и Shah et al. (2023) кои биомасата ја разгледуваат како важен, но не и единствен показател за продуктивноста кај оризот.

5.1.3.6. Маса на продуктивни метлички

Масата на продуктивните метлички на претставува значаен производен показател, бидејќи ја обединува густината на продуктивниот склоп и масата на метличките што директно учествуваат во формирањето на приносот. За разлика од бројот на продуктивни метлички, кој го изразува само нивниот број по единица површина, ова својство ја одразува и нивната продуктивна исполнетост. Поради тоа, масата на продуктивните метлички овозможува поцелосна процена на способноста на генотипот да создаде продуктивна биомаса насочена кон зрното.

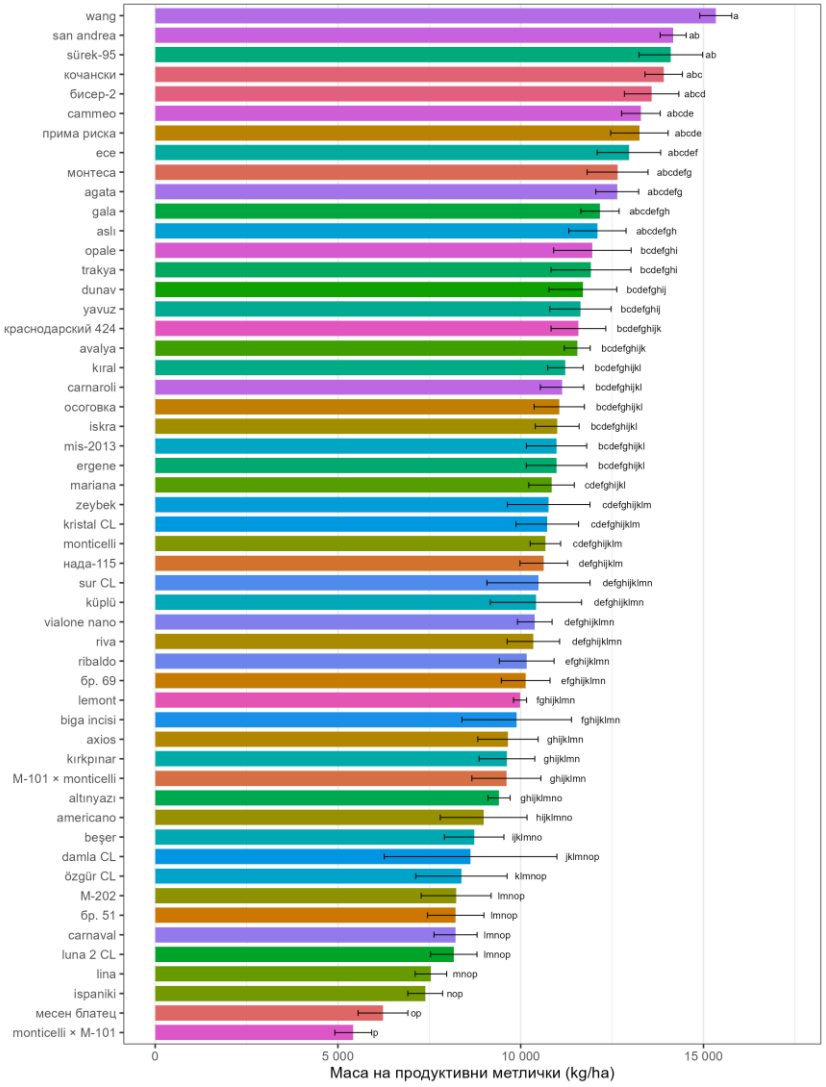
Кај испитуваните генотипови беа утврдени изразени разлики за ова својство, при што просечните вредности се движеа од 5 420 kg/ha кај *monticelli × M-101* до 15 335 kg/ha кај *wang* (Графикон 16а).

Ваквиот широк опсег на варирање покажува дека испитуваниот материјал значително се разликува според акумулацијата на продуктивна маса по единица површина. Разликата меѓу највисоката и најниската вредност изнесува 9 915 kg/ha, што има директно практично значење при процена на приносниот потенцијал.

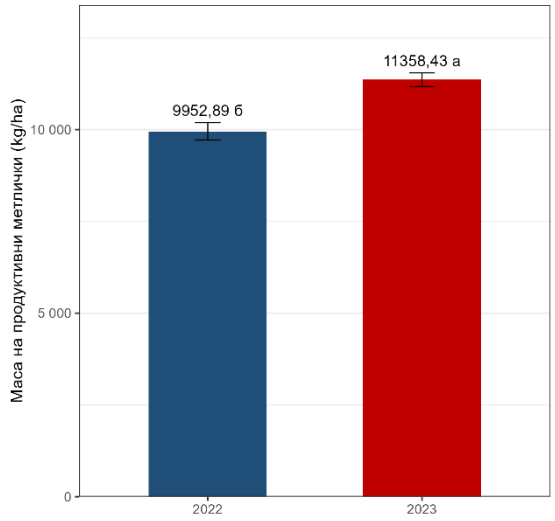
Највисока просечна вредност беше утврдена кај *wang* (15 335 kg/ha), кој се издвојува како генотип со најизразена маса на продуктивни метлички. Високи вредности беа забележани и кај *aslı* (14 717 kg/ha), *san andrea* (14 172 kg/ha), *sürek-95* (14 108 kg/ha), *кочански* (13 912 kg/ha), *бисер-2* (13 582 kg/ha) и *cammeo* (13 288 kg/ha). Овие генотипови се позиционираат во горниот дел од распределбата и претставуваат материјал со поволна комбинација на продуктивен склоп и продуктивност на метличките.

Пониски просечни вредности беа утврдени кај *бр. 51* (8 222 kg/ha), *carnaval* (8 217 kg/ha), *luna CL* (8 168 kg/ha), *lina* (7 545 kg/ha), *ispaniki* (7 387 kg/ha), *месен блатец* (6 232 kg/ha) и *monticelli × M-101* (5 420 kg/ha). Кај овие генотипови продуктивната маса по единица површина беше послабо изразена, што може да биде резултат на помал број продуктивни метлички, пониска маса на поединечната метличка или комбинација

од двата фактори. Затоа, нивната производна вредност треба да се толкува заедно со бројот на продуктивни метлички, масата на метличката и приносот на зрно.



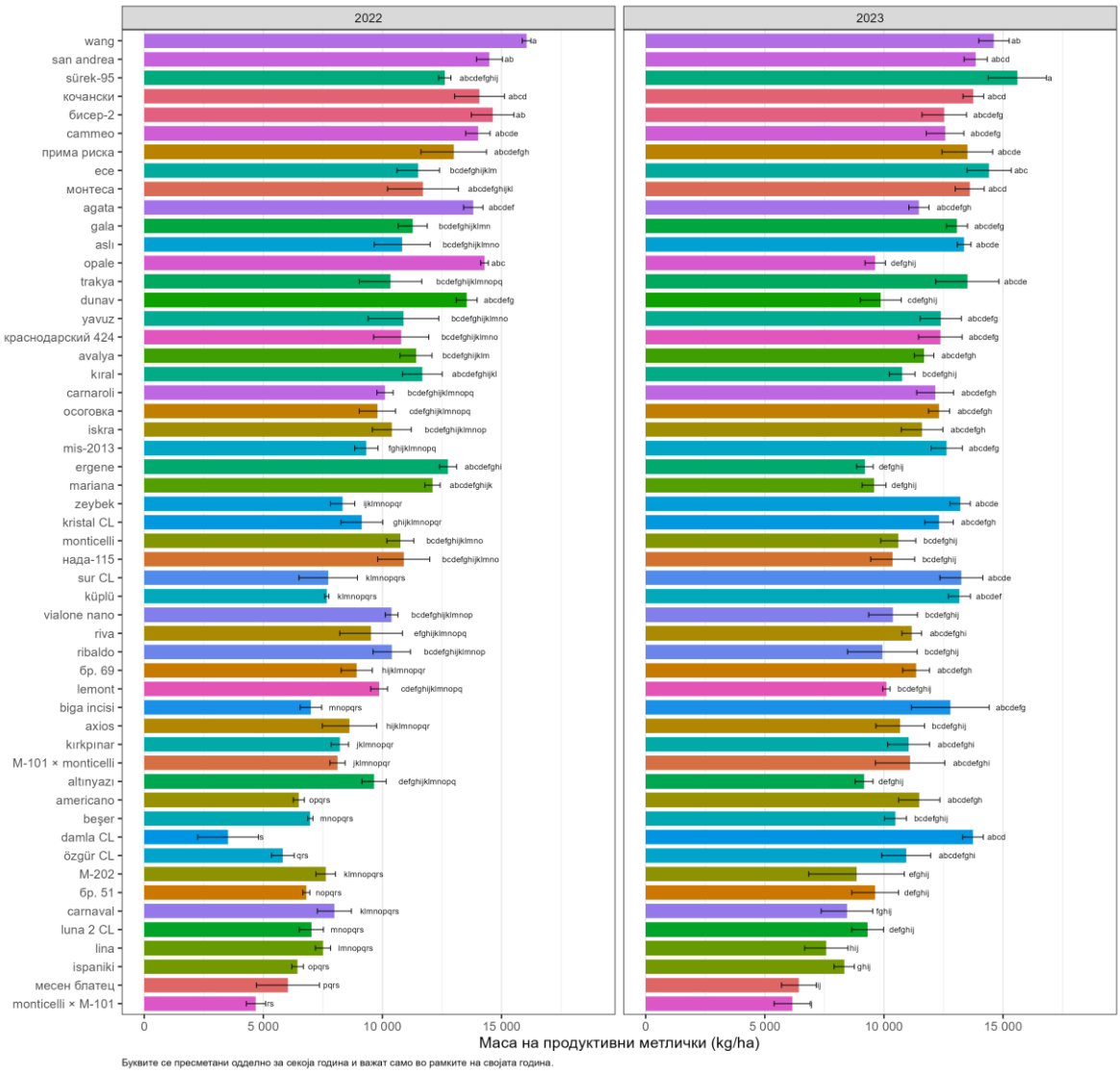
Графикон 16а. Просечни вредности за маса на продуктивни метлички (kg/ha) кај испитуваните генотипови



Графикон 16б. Просечни вредности за масата на продуктивните метлички (kg/ha) кај испитуваниот материјал во двете години

Просечната вредност за масата на продуктивните метлички кај целиот испитуван материјал изнесуваше 9 953 kg/ha во 2022 година и 11 358 kg/ha во 2023 година (Графикон 16б), што претставува зголемување од 14,12 %. Разликата меѓу годините беше високозначајна ($p \leq 0{,}001$), во согласност со ефектот на годината утврден во анализата на варијанса (Табела 7б). Овој резултат покажува дека во 2023 година, и покрај намалувањето на бројот на продуктивни метлички кај дел од генотиповите, кај голем дел од материјалот дошло до зголемување на продуктивната маса по единица површина. Тоа најверојатно се должи на подобрата исполнетост и поголемата маса на метличките во таа година.

Приказот по години (Графикон 16в) покажува дека зголемувањето на просечната вредност не било еднакво изразено кај сите генотипови. Масата на продуктивните метлички по единица површина се зголеми кај 37 генотипови, додека кај останатите беше забележано намалување. Промените беа многу нерамномерни и се движеа во распон од речиси шеснаесет илјади килограми по хектар, што ја потврдува високозначајната интеракција генотип × година утврдена во анализата на варијанса.



Графикон 16в. Просечни вредности за масата на продуктивните метлички (kg/ha) кај испитуваните генотипови по години

Најизразено зголемување на масата на продуктивни метлички беше забележано кај генотипот *damla CL*, кој од 3 523 kg/ha во 2022 година достигна 13 733 kg/ha во 2023 година. Тоа претставува зголемување од 10 210 kg/ha, односно околу 290 %, проследено со поместување за 47 места нагоре во редоследот. Овој генотип од најслабо рангиран во 2022 година се премести меѓу генотиповите со највисока маса на продуктивни метлички во 2023 година, што укажува на силна реакција кон условите во втората сезона. Изразен пораст беше утврден и кај *biga incisi* (+5 783 kg/ha) и *sur CL* (+5 527 kg/ha), што ги издвојува како генотипови со значајно подобрена продуктивна маса во 2023 година.

Спротивна реакција беше забележана кај *opale, ergene* и *dunav*. Кај *opale* масата на продуктивните метлички се намали за 4 653 kg/ha, со пад од 38 места во редоследот. Кај *dunav* намалувањето изнесуваше 3 670 kg/ha, а кај *ergene* 3 557 kg/ha. Овие промени покажуваат дека дел од генотиповите кои во една сезона имаат поволна продуктивна маса не мора да ја задржат истата позиција во следната година. Затоа, ова својство не треба да се толкува само преку двегодишната просечна вредност, туку и преку стабилноста на генотипската реакција.

Во 2022 година највисоки вредности имаа *wang* (16 053 kg/ha) и *бисер-2* (14 630 kg/ha), додека во 2023 година највисоки вредности беа утврдени кај *sürek-95* (15 600 kg/ha) и повторно кај *wang* (14 617 kg/ha). Посебно значаен е *wang*, бидејќи остана во самиот врв во двете години, што укажува на повисока практична вредност на овој генотип во однос на ова својство. Најстабилни вредности меѓу двете години покажаа *vialone nano* (10 387 наспроти 10 383 kg/ha), *lina* и *monticelli*, кај кои разликите меѓу сезоните беа мали.

Ранговата споредба на генотипските средини од двете години покажа ниска повторливост на редоследот за масата на продуктивните метлички единица површина, при што Spearman-овиот коефициент изнесуваше $\rho=0,385$ ($p \leq 0,01$; Табела 9). Ова значи дека рангирањето на генотиповите значително се менувало меѓу 2022 и 2023 година, односно дека интеракцијата генотип × година не се изразила само преку промена на апсолутните вредности, туку и преку промена на нивната позиција во распределбата. Поради тоа, изборот на генотипови со висока маса на продуктивни метлички не треба да се базира на резултати од една сезона, туку на повеќегодишна проверка. Во потпоглавјето 5.2., за ова својство е проценета херитабилност од 56,42 % и очекуван генетски напредок од 22,35 % од средната вредност. Овие вредности укажуваат на умерен селекциски потенцијал. Најголема практична вредност имаат генотиповите што комбинираат висока просечна вредност со помала промена меѓу годините, како што е *wang*, додека генотиповите со силно годишно варирање, како *damla CL*, треба дополнително да се проверуваат во повеќе сезони или на повеќе локации.

Ваквото преуредување на редоследот е во согласност со Hashim et al. (2021), кои укажуваат дека кај приносните показатели кај оризот комбинирањето на универијантни и мултиваријантни пристапи дава посигурна слика за стабилноста отколку кој било поединечен показател. Масата на продуктивните метлички по единица површина и сродните приносни показатели се разгледувани и во истражувањата на Hashim et al. (2021), Tao et al. (2022), Gawdiya et al. (2023), Ahmed et al. (2024) и Yang et al. (2026).

Споредбени резултати за овој показател прикажале Yamada et al. (2020), кај кои вредностите за масата на метличките по единица површина се движеле од 7 124 до 8

455 kg/ha. Во споредба со тие податоци, дел од вредностите добиени во ова истражување се наоѓаат во сличен опсег, особено кај генотиповите од понискиот и средниот дел на распределбата. Наспроти тоа, генотиповите *wang*, *aslı*, *san andrea*, *sürek-95*, *кочански* и *бисер-2* покажаа повисоки вредности, што укажува на поизразена акумулација на продуктивна маса по единица површина во условите на ова истражување.

Од селекциски аспект, масата на продуктивните метлички на единица површина има значење затоа што ја поврзува структурата на посевот со продуктивноста на метличката. Сепак, овој показател е тесно поврзан со приносот на зрно, па затоа не треба да се третира како целосно независен селекциски критериум. Неговата вредност е најголема кога се користи како дополнителен показател за објаснување на приносот, особено при споредување генотипови кои имаат сличен број продуктивни метлички, но различна маса и исполнетост на метличките. Во таа смисла, ова својство претставува корисна врска меѓу компонентите на приносот и конечниот принос на зрно.

5.1.3.7. Принос на зрно

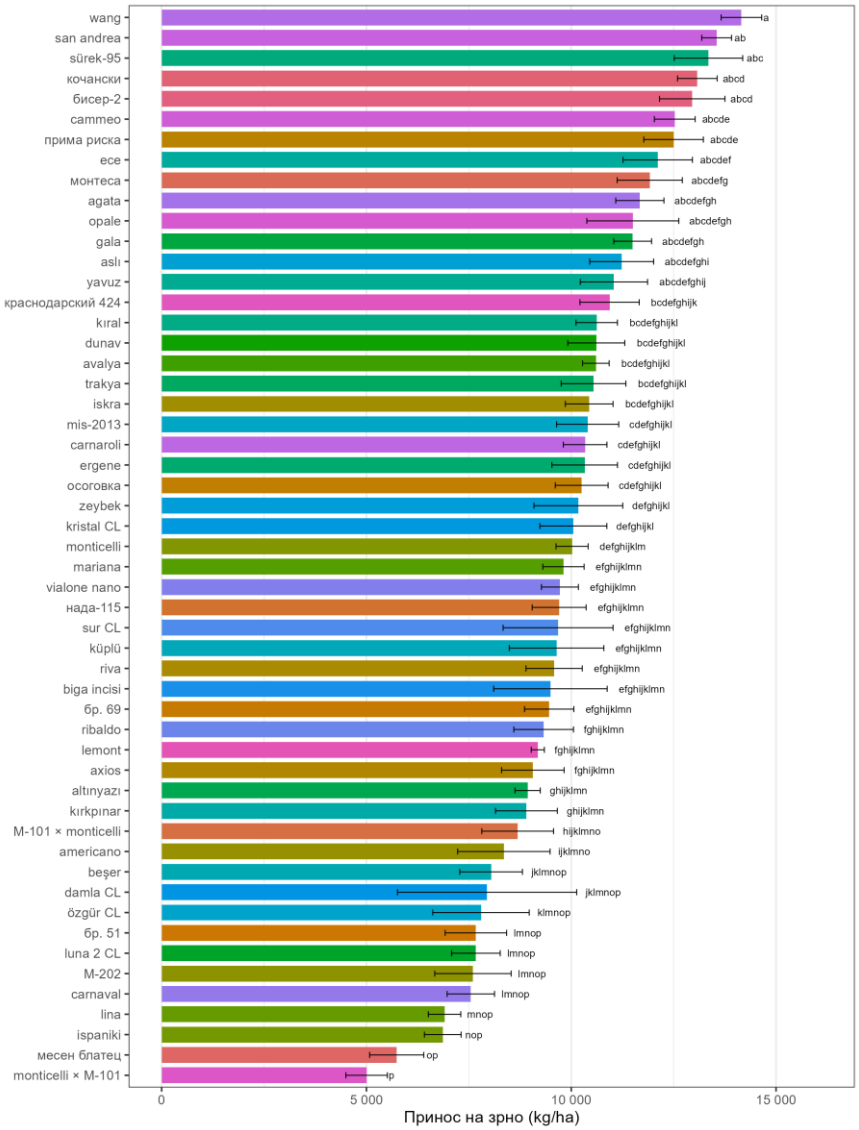
Приносот на зрно претставува еден од клучните производни показатели кој, заедно со рандманот при преработката, ја определува конечната економска продуктивност на генотипот во дадени агроеколошки услови. За разлика од поединечните компоненти на приносот, како што се бројот на продуктивни метлички, бројот на зрна во метличка или масата на продуктивните зрна, приносот на зрно го обединува нивното заедничко дејство. Поради тоа, ова својство има централно значење при процена на производниот и селекцискиот потенцијал на испитуваните генотипови ориз.

Бидејќи приносот е утврден на ограничена експериментална површина, добиените вредности се разгледуваат првенствено како показател за разликите меѓу генотиповите и за нивниот приносен потенцијал во условите на опитот. Кај испитуваниот материјал беа утврдени изразени разлики во приносот на зрно, при што просечните вредности се движеа од 5 003 kg/ha кај *monticelli* × *M-101* до 14 155 kg/ha кај *wang* (Графикон 17а). Разликата меѓу највисоката и најниската вредност изнесува 9 152 kg/ha, што укажува на широка варијабилност во приносниот потенцијал на анализираната колекција. Ваквиот опсег потврдува дека испитуваниот материјал содржи генотипови со значително различна способност за формирање економски принос.

Највисок просечен принос беше утврден кај *wang* (14 155 kg/ha), кој се издвојува како најприносен генотип во анализираниот материјал. Високи просечни вредности беа забележани и кај *san andrea* (13 550 kg/ha), *sürek-95* (13 350 kg/ha), *кочански* (13 078 kg/ha), *бисер-2* (12 950 kg/ha), *cammeo* (12 527 kg/ha) и *прима риска* (12 498 kg/ha). Овие генотипови се позиционираат во горниот дел од распределбата и претставуваат материјал со изразен приносен потенцијал. Преклопувањето на статистичките групи кај дел од нив покажува дека сите нумерички разлики меѓу високорангираните генотипови не мора да бидат статистички значајни, но нивната заедничка позиција во горниот дел на распределбата ги издвојува како особено вредни за понатамошна процена.

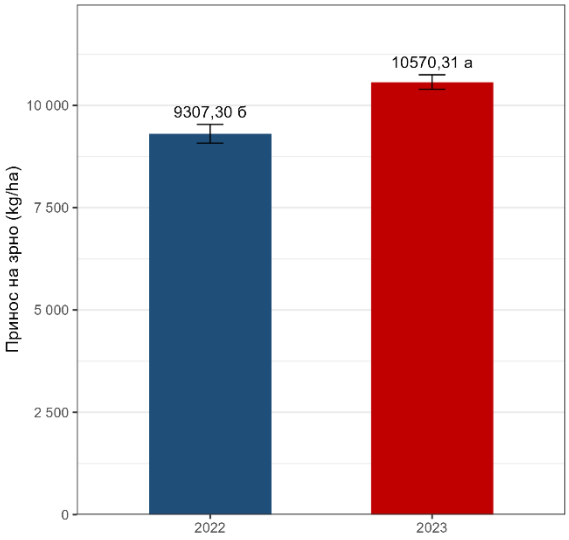
Меѓу генотиповите со релативно повисок принос се вбројуваат и *ece* (12 112 kg/ha), *монтеса* (11 917 kg/ha), *opale* (11 503 kg/ha), *gala* (11 500 kg/ha), *dunav* (10 612 kg/ha), *ergene* (10 328 kg/ha) и *zeybek* (10 173 kg/ha). Овие генотипови заземаат преодна позиција меѓу најприносните и средноприносните форми, што покажува дека во

испитуваниот материјал приносот не е распределен во јасно одделени групи, туку варира постепено.



Графикон 17а. Просечни вредности за принос на зрно (kg/ha) кај испитуваните генотипови

Најниски просечни приноси беа утврдени кај *monticelli × M-101* (5 003 kg/ha), *месен блатец* (5 738 kg/ha), *ispaniki* (6 863 kg/ha), *lina* (6 907 kg/ha), *carnaval* (7 548 kg/ha), *luna CL* (7 672 kg/ha), *бр. 51* (7 672 kg/ha), *özgür CL* (7 797 kg/ha) и *damla CL* (7 945 kg/ha). Кај овие генотипови продуктивноста беше послабо изразена во споредба со генотиповите од горниот дел на распределбата. Нивните пониски вредности може да бидат резултат на помал број продуктивни метлички, пониска маса на продуктивните метлички, послаба исполнетост на метличката или комбинација од повеќе компоненти на приносот.



Графикон 17б. Просечни вредности за приносот на зрно (kg/ha) кај испитуваниот материјал во двете години

На ниво на целиот испитуван материјал, просечната вредност за приносот на зрно изнесуваше 9 307 kg/ha во 2022 година и 10 570 kg/ha во 2023 година (Графикон 17б), што претставува зголемување од 13,57 % и разликата меѓу годините беше високозначајна. Овој резултат покажува дека условите во 2023 година биле поповолни за формирање принос на зрно, иако претходно беше утврдено дека во истата година кај дел од генотиповите се намалил бројот на продуктивни метлички. Зголемувањето на приносот најверојатно е поврзано со подобрата исполнетост на метличката, поголемата маса на продуктивните зрна и повисоката маса на продуктивните метлички по единица површина.

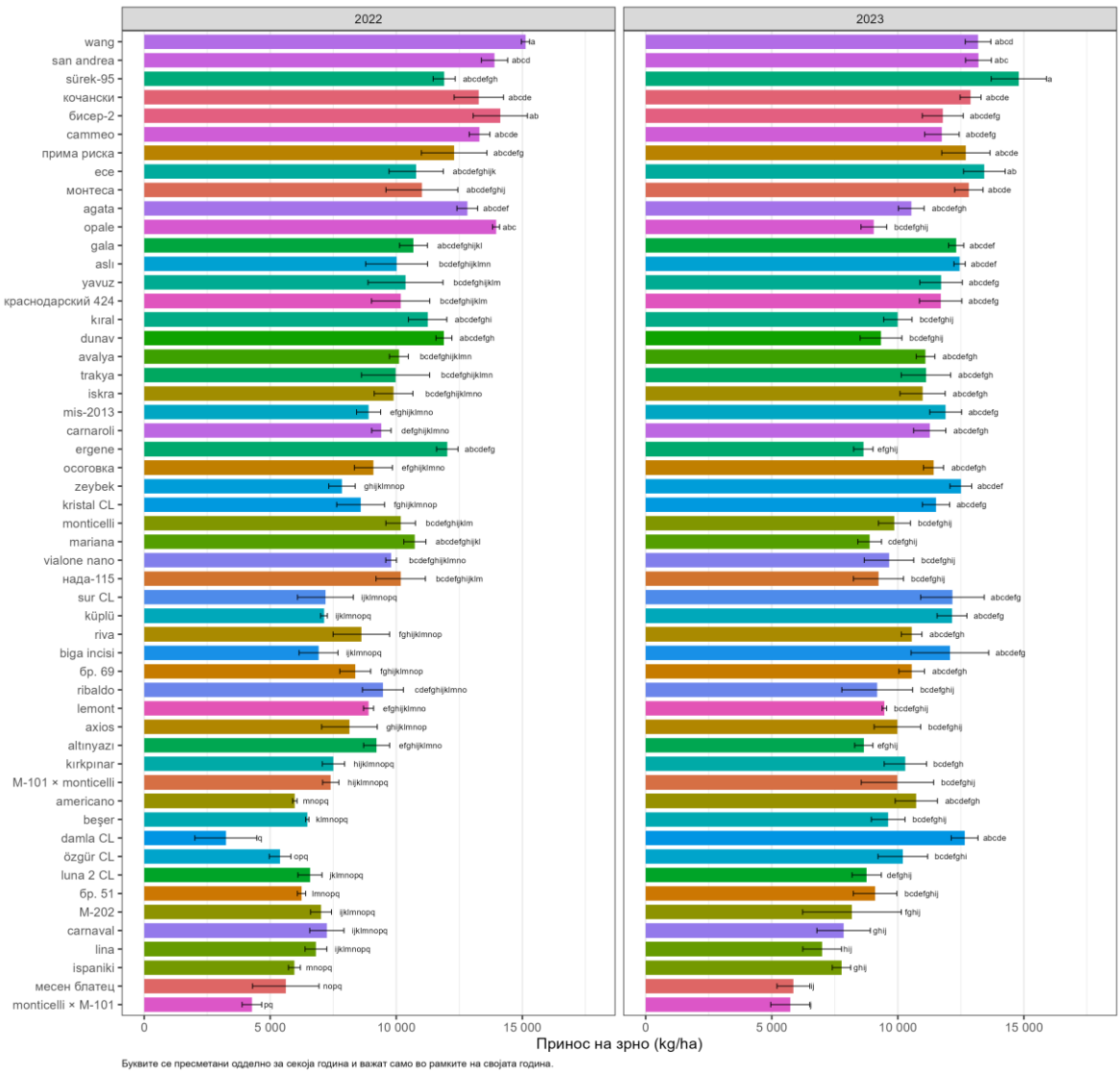
Приказот по години (Графикон 17в) овозможува подетално да се согледа реакцијата на секој генотип во двете сезони. Приносот на зрно во 2023 година се зголеми кај 37 генотипови, но зад овој просечен пораст стои изразено преуредување на редоследот. Тоа покажува дека интеракцијата генотип × година кај ова својство не се изразила само преку промена на апсолутните вредности, туку и преку значајни промени во позицијата на одделни генотипови во распределбата.

Најизразен пример за ваква реакција беше *damla CL*. Овој генотип во 2022 година имаше најнизок принос во колекцијата (3 240 kg/ha), додека во 2023 година достигна 12 650 kg/ha. Тоа претставува прираст од 9 410 kg/ha, односно околу 290 %, проследен со искачување за 45 места во редоследот. Ваквата промена покажува дека кај *damla CL* приносот бил силно условен од сезонските услови и дека неговиот двегодишен просек не ја одразува целосно различната реакција во двете години.

Слична, но помалку изразена позитивна реакција беше забележана кај *biga incisi*, со зголемување од 5 150 kg/ha, и кај *küplü*, со зголемување од 5 017 kg/ha, при што двата генотипа се поместија за околу 29 места нагоре. Спротивна реакција беше утврдена кај *opale* и *ergene*. Кај *opale* приносот се намали за 4 907 kg/ha, со пад од 40 места, додека кај *ergene* намалувањето изнесуваше 3 390 kg/ha, проследено со пад од 38 места. Овие генотипови од групата на најприносни во 2022 година се поместија кон средниот дел на распределбата во 2023 година. Таквата промена ја нагласува потребата приносот да не се толкува само врз основа на една сезона, особено кога целта е избор на генотипови со стабилен производен потенцијал.

Во 2022 година највисок принос имаа *wang* (15 127 kg/ha) и *бисер-2* (14 127 kg/ha), додека во 2023 година најприносни беа *sürek-95* (14 800 kg/ha) и *ece* (13 433 kg/ha). Сепак, *wang* остана меѓу највисокорангираните генотипови во двете години, што му дава посебна практична вредност. За разлика од генотиповите со силна годишна реакција, *wang* се издвојува како генотип со висок просечен принос и релативно добра позиција во двете сезони. Најмала промена меѓу годините покажаа *vialone nano* (9 797 наспроти 9 650 kg/ha), *lina* и *месен блатец*, што укажува на поголема постојаност на

нивните апсолутни вредности, иако тие не припаѓаат во групата на најприносни генотипови.



Графикон 17в. Просечни вредности за приносот на зрно (kg/ha) кај испитуваните генотипови по години

Ранговата споредба на генотипските средини од 2022 и 2023 година покажа умерена повторливост на редоследот за приносот на зрно, при што Spearman-овиот коефициент изнесуваше $\rho = 0{,}405$ ($p \leq 0{,}01$; Табела 9). Ова значи дека дел од рангирањето се задржало меѓу годините, но промените кај повеќе генотипови биле доволно изразени за да се наруши целосната стабилност на редоследот. Ова е во согласност со резултатите во потпоглавјето 5.2., каде за приносот на зрно е утврдена херитабилност од 58,64 % и очекуван генетски напредок од 23,88 % од средната вредност. Оваа комбинација укажува на умерен селекциски потенцијал. Сепак, бидејќи приносот е комплексно својство кое зависи од повеќе компоненти и е под силно влијание на условите на средината, селекцијата треба да биде насочена кон генотипови кои комбинираат висок принос, поволни приносни компоненти и поголема стабилност низ години. Во тој контекст, особено значајни се генотиповите кои задржуваат висока

позиција во двете сезони, како *wang*, но и генотиповите со висок потенцијал во одделни години треба дополнително да се проверуваат.

Изразеното преуредување на редоследот кај приносот е во согласност со Kewat & Singh (2025), кои преку мултиваријантна анализа на стабилност укажуваат дека изборот на елитни генотипови ориз не треба да се потпира на една сезона. Приносот на зрно во повеќегодишни и повеќелокациски огледи кај ориз е анализиран и во истражувањата на Hashim et al. (2021), Debsharma et al. (2021), Gawdiya et al. (2023), Mohtashami (2023), Ranjkesh & Talubaghi (2023), Shah et al. (2023), Ahmed et al. (2024), Kewat & Singh (2025) и Curti et al. (2026), кои, исто така, ја нагласуваат улогата на генотипот, средината и нивната интеракција во формирањето на приносот.

Споредбени резултати за приносот на зрно кај ориз прикажале Anisuzzaman et al. (2022), со највисок принос од 8 020 kg/ha, како и Shebl et al. (2025), кај кои нови генотипови ориз достигнале принос до 10 800 kg/ha. Во споредба со овие вредности, дел од генотиповите во ова истражување, особено *wang*, *san andrea*, *sürek-95*, *кочански*, *бисер-2*, *cammeo* и *прима риска*, покажаа повисок принос. Тоа укажува дека во конкретните услови на испитување постои материјал со изразен производен потенцијал, кој заслужува понатамошна селекциска и агрономска процена.

Посебно значајно е тоа што меѓу генотиповите со висок принос се вклучуваат и домашни сорти, како *кочански*, *бисер-2* и *прима риска*. Нивната позиција во горниот дел на распределбата покажува дека домашниот селекциски материјал има реална производна вредност и може да претставува основа за понатамошна реафирмација и поширока употреба во оризопроизводството. Овој резултат е особено важен од аспект на зачувување и практично користење на локалните генетски ресурси, бидејќи покажува дека дел од нив не се значајни само како колекциски материјал, туку и како потенцијално продуктивни генотипови во современи производни услови.

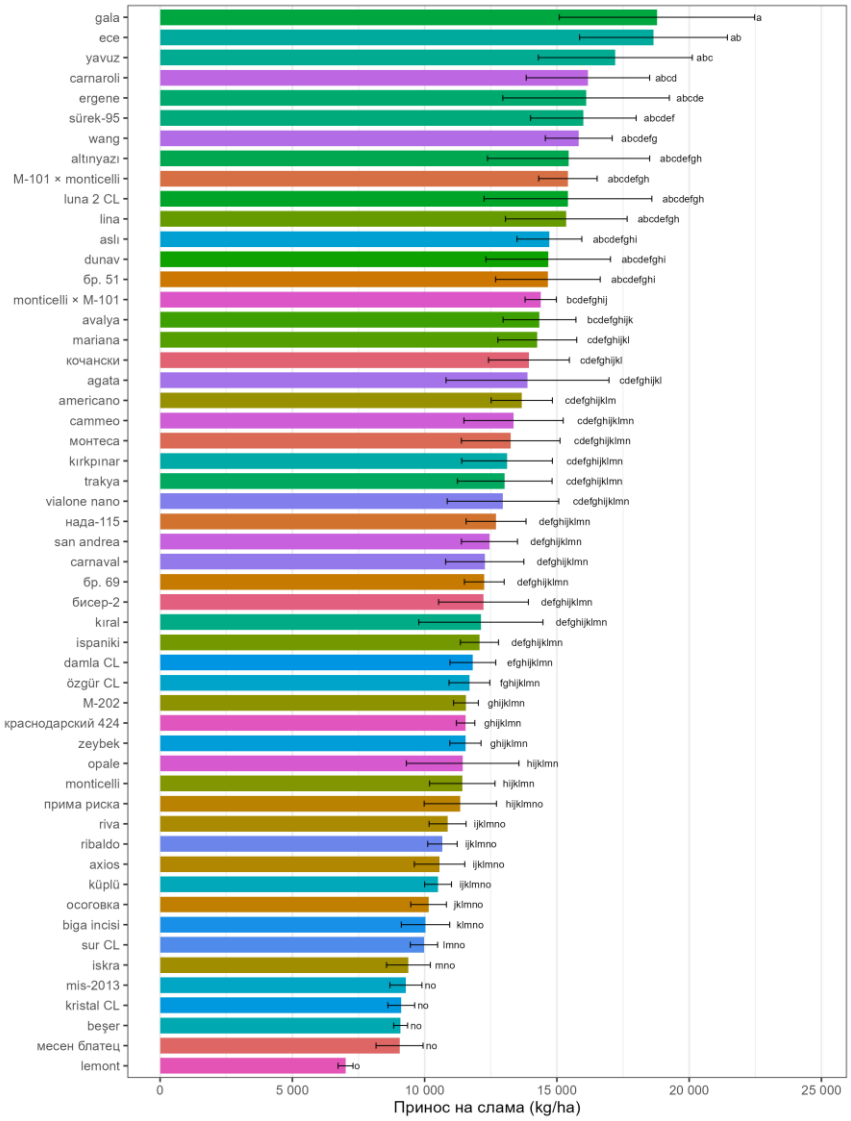
Сумирано, приносот на зрно кај испитуваните генотипови покажа широка варијабилност, високозначајно влијание на годината и изразена интеракција генотип × година. Просечниот принос беше повисок во 2023 година, но промените кај поединечните генотипови беа различни по големина и насока. Најголема практична вредност имаат генотиповите што комбинираат висок просечен принос со поволна позиција во двете години, особено *wang*, *san andrea*, *sürek-95*, *кочански*, *бисер-2*, *cammeo* и *прима риска*. Поради умерената стабилност и комплексната природа на приносот, конечниот избор на генотипови треба да се темели на повеќегодишна процена и на заедничко толкување на приносот со неговите компоненти.

5.1.3.8. Принос на слама

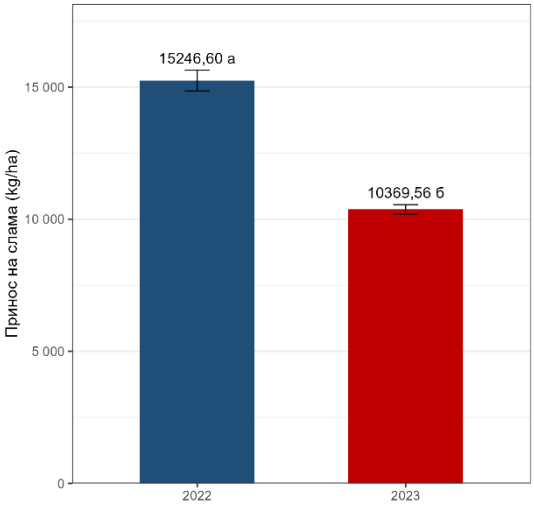
Приносот на слама претставува показател за продукцијата на вегетативна биомаса кај оризот и го одразува делот од вкупната надземна маса кој не влегува директно во приносот на зрно. Иако од економски аспект приносот на зрно има примарно значење, приносот на слама е важен за целосно разбирање на продуктивната стратегија на генотипот, бидејќи покажува дали растението поголем дел од асимилатите ги насочува кон вегетативниот или кон генеративниот дел. Затоа, ова својство треба да се толкува заедно со биолошкиот принос, приносот на зрно и жетвениот индекс.

Кај испитуваниот материјал, просечните двегодишни вредности за приносот на слама се движеа од 7 100 kg/ha кај *lemont* до 18 783 kg/ha кај *gala* (Графикон 18а). Опсегот од 11 683 kg/ha покажува дека генотиповите значително се разликуваат во способноста за формирање вегетативна биомаса. Овие разлики се важни бидејќи

повисокиот принос на слама не мора секогаш да биде поврзан со повисок принос на зрно, туку може да укажува и на различна ефикасност во распределбата на асимилатите.



Графикон 18а. Просечни вредности за принос на слама (kg/ha) кај испитуваните генотипови



Графикон 18б. Просечни вредности за приносот на слама (kg/ha) кај испитуваниот материјал во двете години

Највисок просечен принос на слама беше утврден кај *gala* (18 783 kg/ha), кој се издвојува како генотип со најизразена продукција на вегетативна биомаса. Високи вредности беа забележани и кај *ece*, *yavuz*, *carnaroli*, *ergene*, *sürek-95*, *wang*, *altınyazı*, *M-101* × *monticelli*, *luna CL* и *riva*. Овие генотипови се позиционираат во горниот дел од распределбата и се карактеризираат со поголема акумулација на вегетативна маса. Кај дел од нив, особено кај генотипови со истовремено висок принос на зрно, повисокиот принос на слама може да биде резултат на општо повисок биолошки принос, додека кај други може да укажува на послабо пренасочување на биомасата кон зрното.

Во средниот дел од распределбата се наоѓаа поголем број генотипови со просечни вредности главно во интервал од околу 10 000 до 14 500 kg/ha. Во оваа група спаѓаа, меѓу другите, *san andrea* (12 450 kg/ha), *carnaval* (12 272 kg/ha), *бр. 69* (12 255 kg/ha), *бисер-2* (12 225 kg/ha) и *kıral* (12 125 kg/ha). Ваквата распределба покажува дека најголем дел од испитуваните генотипови имаат средно до високо ниво на продукција на слама, без јасно статистичко разграничување меѓу сите генотипови во оваа група.

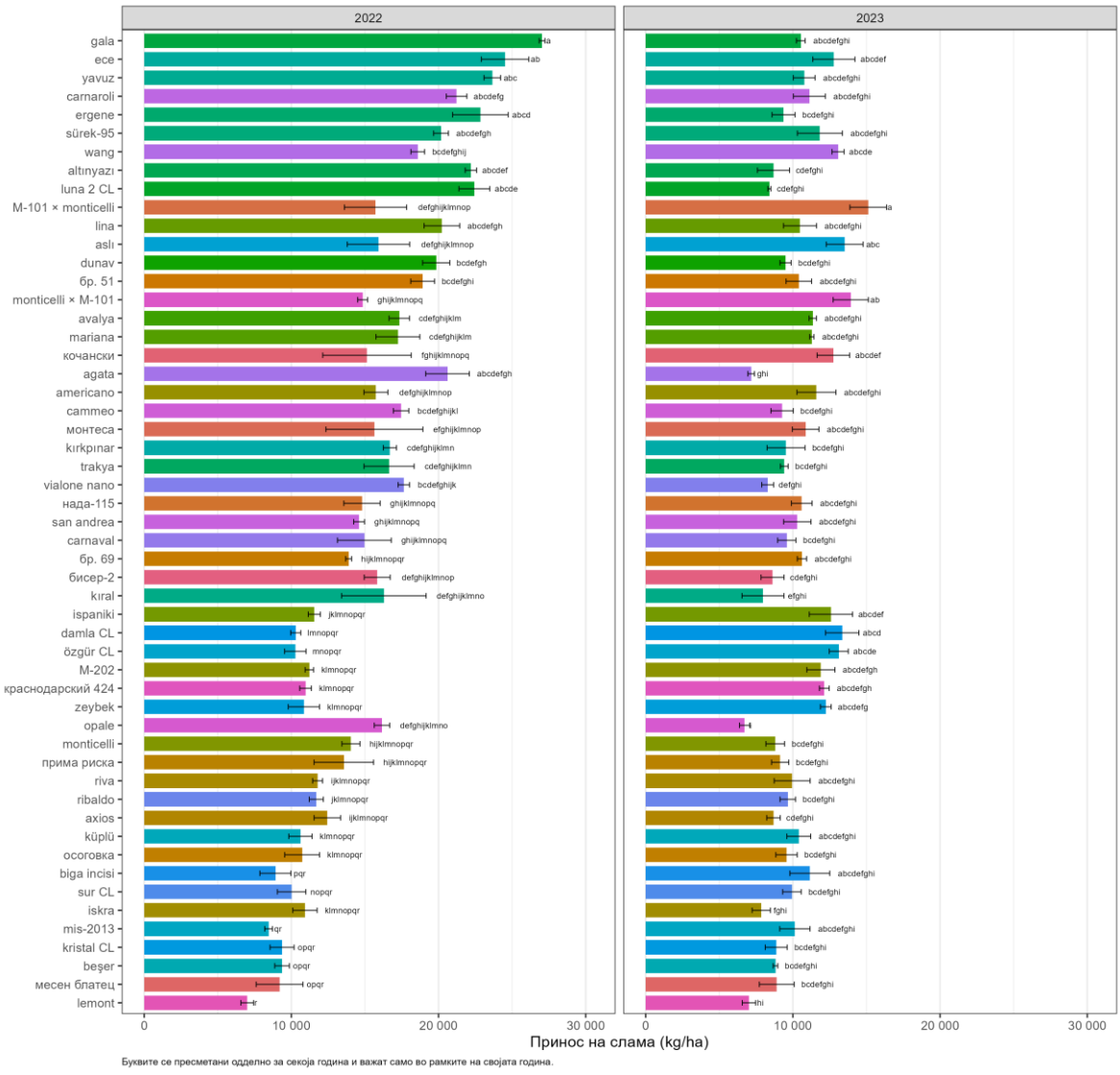
Најниски вредности беа утврдени кај *sür* (9 975 kg/ha), *iskra* (9 387 kg/ha), *kristal CL* (9 117 kg/ha), *beşer* (9 092 kg/ha), *месен блатец* (9 052 kg/ha), а најниска просечна вредност имаше *lemont* (7 100 kg/ha). Овие генотипови се одликуваат со пониска продукција на вегетативна биомаса во споредба со генотиповите од горниот дел на распределбата. Ниската вредност кај *lemont* е особено интересна бидејќи овој генотип, според жетвениот индекс, има висока ефикасност во пренасочување на биомасата кон зрното, што покажува дека пониският принос на слама не мора секогаш да значи и послаб производен потенцијал.

Просечната вредност за приносот на слама кај целиот испитуван материјал изнесуваше 15 247 kg/ha во 2022 година и 10 370 kg/ha во 2023 година (Графикон 18б), разликата која е статистички високозначајна. Ова намалување е спротивно на трендот утврден кај приносот на зрно, кој во 2023 година се зголеми. Таквиот однос покажува дека во 2023 година растенијата формирале помала вегетативна маса, но поголем дел од продукцијата бил насочен кон зрното, што подоцна се одразува и преку зголемениот жетвен индекс.

Приказот по години (Графикон 18в) покажува дека намалувањето на приносот на слама во 2023 година било речиси општо, но не и подеднакво изразено кај сите генотипови. Приносот на слама се намали кај 44 генотипови, додека само кај девет

беше забележано зголемување. Ова го прави приносот на слама едно од својствата со најизразен општ пад во 2023 година, бидејќи просечната вредност се намали за речиси една третина.

Најголемо намалување беше утврдено кај *gala*, кој од 27 033 kg/ha во 2022 година се намали за 16 500 kg/ha, односно за околу 61 %. Значително намалување беше забележано и кај *luna CL* (-14 033 kg/ha; поместување за 42 места надолу) и *altınyazı* (-13 513 kg/ha; 38 места надолу), додека *agata* падна за 43 места во редоследот.



Графикон 18в. Просечни вредности за приносот на слама (kg/ha) кај испитуваните генотипови по години

Во 2022 година највисок принос на слама имаа *gala* (27 033 kg/ha), *ece* (24 520 kg/ha) и *yavuz* (23 650 kg/ha). Во 2023 година, пак, на врвот се најдоа *M-101* × *monticelli* (15 117 kg/ha), *monticelli* × *M-101* (13 933 kg/ha) и *aslı* (13 517 kg/ha), односно генотипови кои во првата година беа позиционирани во средниот дел од распределбата. Позитивна реакција, односно зголемување на приносот на слама во 2023 година, беше утврдена само кај девет генотипови. Најизразено зголемување имаа *damla CL* (+3 053

kg/ha) и *özgür CL* (+2 847 kg/ha), при што двата генотипа се поместија за 41 место нагоре. Ова покажува дека, и покрај општиот пад на приносот на слама, одделни генотипови реагирале спротивно и формирале поголема вегетативна биомаса во втората година. Најпостојан генотип беше *lemont*, кај кој вредностите беа речиси идентични во двете години, 7 003 kg/ha во 2022 и 7 017 kg/ha во 2023 година.

Ранговата споредба на генотипските средини од двете години покажа речиси целосно отсуство на повторливост на редоследот за приносот на слама, при што Spearman-овиот коефициент не беше статистички значаен (Табела 9). Овој резултат го вбројува приносот на слама во групата својства со многу ниска стабилност и покажува дека редоследот на генотиповите практично не се повторил меѓу 2022 и 2023 година. Поради тоа, изборот на генотипови врз основа на ова својство има ограничена сигурност. Истовремено, за приносот на слама е утврдена многу ниска херитабилност од 1,99 % и очекуван генетски напредок од само 0,81 % од средната вредност. Овие вредности укажуваат дека директната селекција за принос на слама во овој материјал би имала многу ограничена ефикасност. Ниската наследност, нискиот очекуван напредок и отсуството на стабилност меѓу годините покажуваат дека ова својство е силно зависно од условите на средината и дека има мала вредност како самостоен селекциски критериум.

Изразеното намалување на приносот на слама и неговата нестабилност меѓу годините се во согласност со Akay (2022), кој утврдил значајни разлики меѓу сортите ориз во приносот на слама и во нејзините квалитетни својства, како и со тоа дека овој показател е силно условен од условите на одгледување. Приносот на слама и односот меѓу зрното и вегетативната маса се предмет на анализа и во истражувањата на Shrestha et al. (2021), Tao et al. (2022), Gawdiya et al. (2023) и Yang et al. (2026).

Од селекциски аспект, приносот на слама треба да се разгледува како дополнителен показател, а не како главна цел на селекција. Повисокиот принос на слама може да биде корисен ако е придружен со висок принос на зрно и поволен жетвен индекс, но самостојно не претставува доказ за повисока економска продуктивност. Генотиповите кои комбинираат висок принос на зрно со умерен принос на слама имаат поголема практична вредност, бидејќи укажуваат на поефикасно пренасочување на асимилатите кон зрното. Наспроти тоа, генотиповите со висок принос на слама, но понизок принос на зрно, може да се карактеризираат со помала ефикасност во претворањето на вкупната биомаса во економски принос.

5.1.3.9. Жетвен индекс

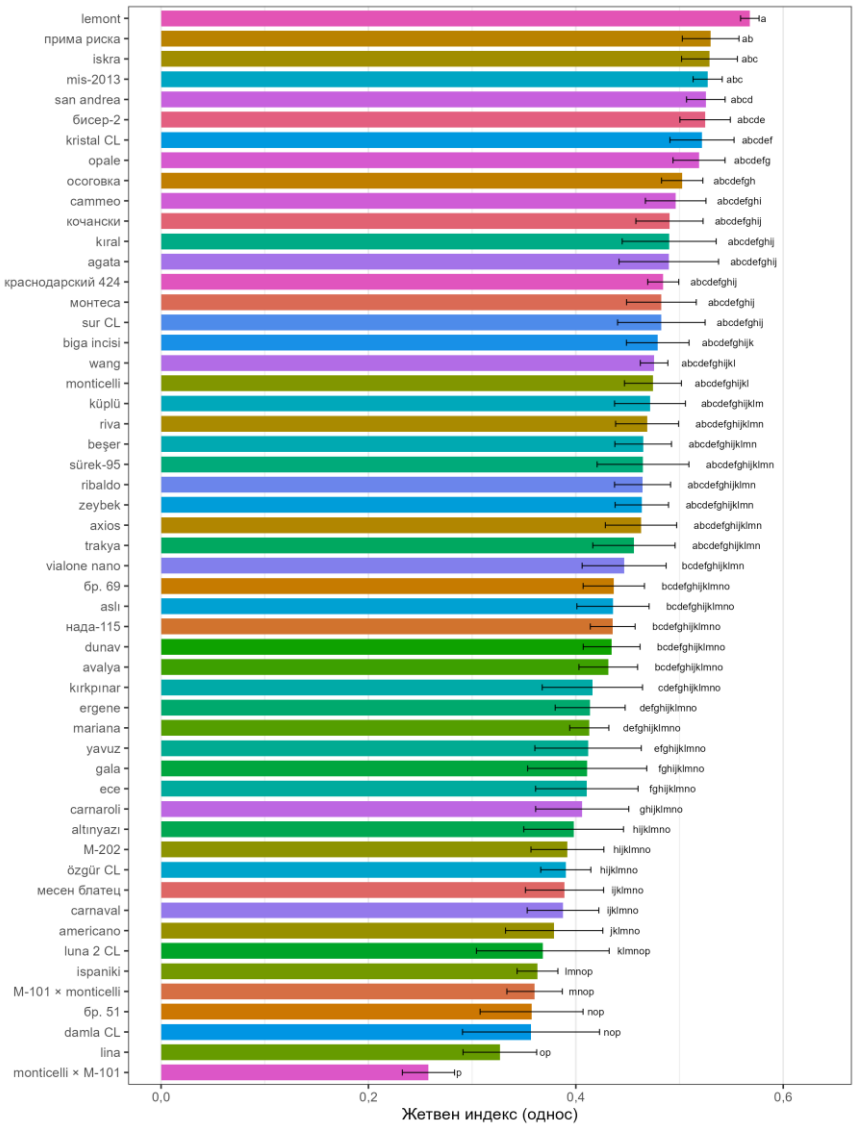
Жетвениот индекс претставува значаен показател за ефикасноста со која растението ја претвора вкупната надземна биомаса во економски принос, односно во зрно. Тој го изразува односот меѓу приносот на зрно и биолошкиот принос и затоа има посебна вредност при толкување на продуктивноста кај оризот. За разлика од приносот на зрно, кој ја покажува конечната производна вредност, жетвениот индекс укажува колку ефикасно генотипот ги насочува асимилатите кон генеративниот дел.

Во ова истражување, просечните двегодишни вредности за жетвениот индекс се движеа од 0,258 кај *monticelli* × *M-101* до 0,568 кај *lemont* (Графикон 19а). Опсегот од 0,310 покажува дека испитуваните генотипови значително се разликуваат според ефикасноста на распределба на биомасата. Ова својство е особено важно затоа што високата вкупна биомаса не мора секогаш да резултира со висок принос на зрно, доколку поголем дел од создадената маса останува во ламата.

Највисок просечен жетвен индекс беше утврден кај *lemont* (0,568), кој се издвојува како генотип со најголема ефикасност во насочување на биомасата кон зрното. Високи вредности беа забележани и кај *прима риска* (0,530), *iskra* (0,529), *mis-2013* (0,527), *san andrea* и *бисер-2* (по 0,525), *kristal CL* (0,522) и *opale* (0,519). Овие генотипови се карактеризираат со поволен однос меѓу приносот на зрно и вкупната надземна биомаса, што ги прави значајни од аспект на селекција за подобра продуктивна ефикасност.

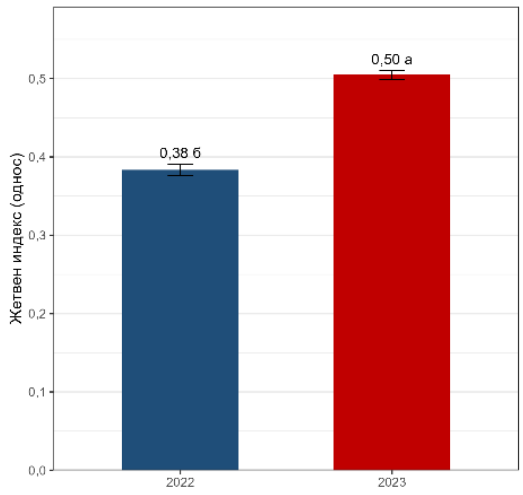
Најниска просечна вредност беше утврдена кај *monticelli* × *M-101* (0,258), што покажува дека кај овој генотип релативно мал дел од вкупната биомаса бил претворен во зрно. Ниски вредности имаа и *lina* (0,327), *damla CL* и *бр. 51* (по 0,357), *M-101* × *monticelli* (0,360), *ispaniki* (0,363), *luna CL* (0,368), *americano* (0,379) и *carnaval* (0,388). Кај овие генотипови пониският жетвен индекс укажува на помала ефикасност во трансформацијата на биомасата во економски принос, што може да биде резултат на повисок принос на слама, понизок принос на зрно или комбинација од двете.

Најголем дел од генотиповите имаа вредности во средниот интервал, од приближно 0,40 до 0,50.



Графикон 19а. Просечни вредности за жетвениот индекс кај испитуваните генотипови

На ниво на целиот испитуван материјал, просечната вредност за жетвениот индекс изнесуваше 0,383 во 2022 година и 0,505 во 2023 година (Графикон 19б), што претставува зголемување од 31,64 %. Разликата меѓу двете години беше статистички високозначајна ($p \leq 0,001$). Овој резултат е особено важен бидејќи во 2023 година беше утврден повисок принос на зрно и истовремено понизок принос на слама. Тоа укажува дека растенијата во 2023 година имале поефикасна распределба на биомасата кон зрното.



Графикон 19б. Просечни вредности за жетвениот индекс (однос) кај испитуваниот материјал во двете години

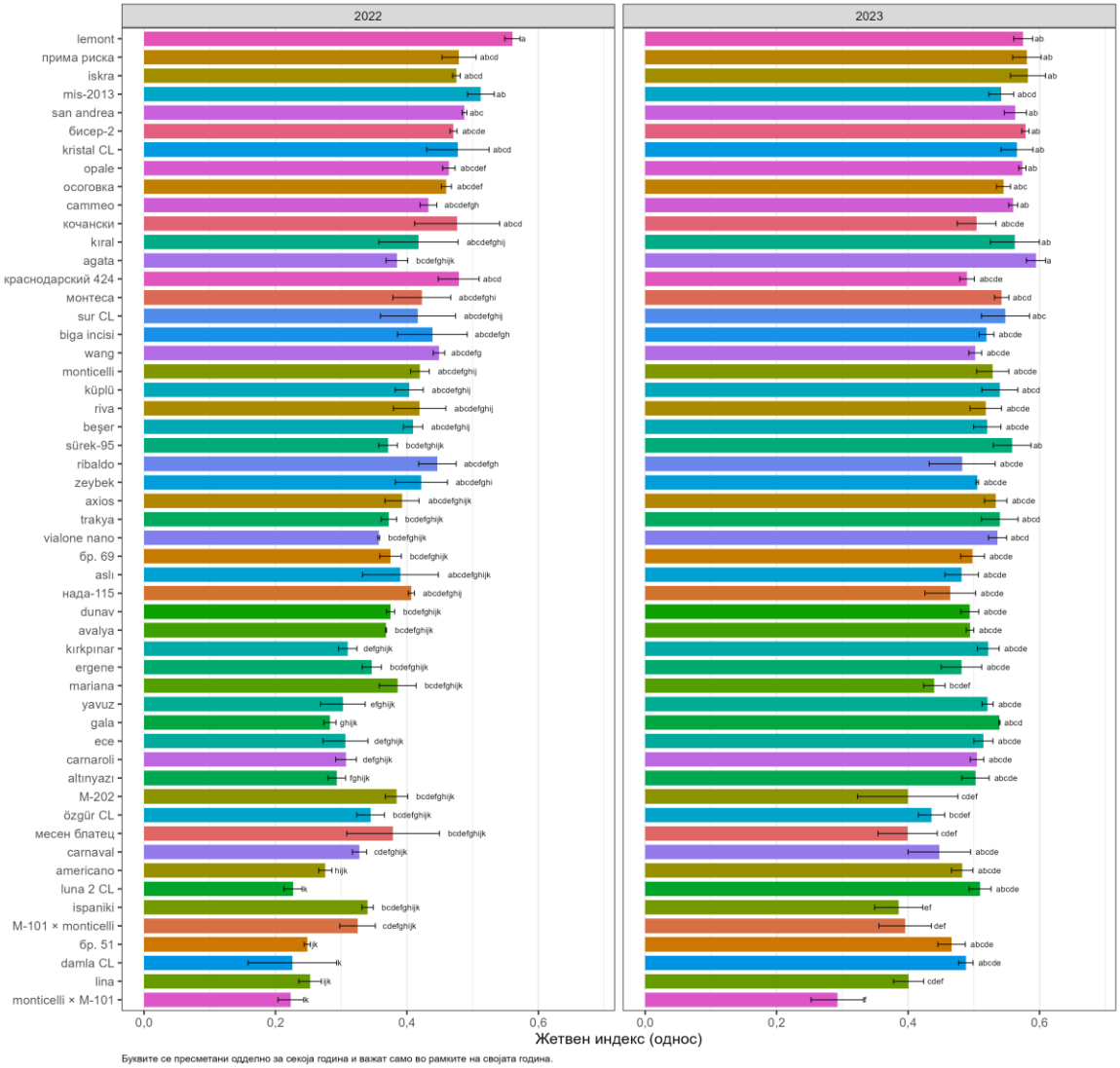
Зголемувањето на жетвениот индекс во 2023 година беше општо изразено кај целиот материјал, бидејќи сите 53 генотипови покажаа повисока вредност во споредба со 2022 година (Графикон 19в). Ова го издвојува жетвениот индекс од повеќето други производни својства, кај кои реакцијата на генотиповите беше различна по насока. Кај жетвениот индекс, годишниот ефект се манифестираше како заедничко зголемување кај сите генотипови, но со различен интензитет.

Најголем прираст беше утврден кај генотипот *luna CL*, кај кој жетвениот индекс се зголеми од 0,227 во 2022 година на 0,510 во 2023 година, што претставува зголемување од околу 125 %. Значително зголемување беше забележано и кај *damla CL* (+0,262) и *gala* (+0,256). Во однос на промената во редоследот, најизразено искачување имаше *gala*, со 29 места нагоре, потоа *agata* со 27 места и *luna CL* со 23 места. Овие промени покажуваат дека кај дел од генотиповите подобрувањето на жетвениот индекс во 2023 година било проследено и со значително подобрување на нивната релативна позиција.

Во 2022 година највисок жетвен индекс имаше *lemont* (0,560), што укажува дека овој генотип и во понеповолната година за економска распределба на биомасата имал висока ефикасност. Во 2023 година највисоки вредности имаа *agata* (0,595), *iskra* (0,582) и *прима риска* (0,581). Овие генотипови се издвојуваат како особено поволни во втората година, кога општото зголемување на жетвениот индекс било најизразено. Наспроти тоа, *monticelli × M-101* остана генотип со најниска вредност во двете години, со 0,223 во 2022 и 0,292 во 2023 година, што укажува на стабилно ниска ефикасност во распределбата на биомасата кон зрното.

Најмали зголемувања беа утврдени кај краснодарский 424 (+0,011), *lemont* (+0,015) и *M-202* (+0,015). Кај овие генотипови апсолутната промена беше мала, но нивното значење е различно. Кај *lemont* малото зголемување се должи на фактот што тој веќе имаше многу висок жетвен индекс во 2022 година, додека кај останатите генотипови малата промена укажува на послаба реакција кон подобрувањето на условите во 2023 година. Поради поголемото зголемување кај други генотипови, *краснодарский 424* се помести за 32 места надолу, *lemont* за 4 места, а *M-202* за 20 места.

Ранговата споредба на генотипските средини од двете години покажа умерена до висока повторливост на редоследот за жетвениот индекс, при што Spearman-овиот коефициент изнесуваше ρ = 0,558 (p ≤ 0,001; Табела 9). Херитабилноста изнесуваше 68,58 % и очекуваниот генетски напредок 19,44 % од средната вредност (потпоглавје 5.2). Високата херитабилност покажува дека дел од варијабилноста на ова својство е наследно условена, додека умереният генетски напредок укажува дека подобрувањето преку директна селекција е можно, но не толку изразено како кај својствата со висок GAM. Жетвениот индекс може да се смета за својство со подобра стабилност во споредба со приносот на слама и биолошкиот принос, но не и целосно независно од влијанието на годината и истиот има најголема вредност кога се користи заедно со приносот на зрно и приносните компоненти.



Графикон 19в. Просечни вредности за жетвениот индекс (однос) кај испитуваните генотипови по години

Значајното влијание на годината врз жетвениот индекс е во согласност со Shah et al. (2023), кои укажуваат дека годината и интеракцијата генотип × година можат значително да влијаат врз приносот и поврзаните својства кај оризот. Слично, Yang et al. (2026) истакнуваат дека компензациските односи меѓу вегетативната и

генеративната продукција имаат важна улога во формирањето на економскиот принос. Во ова истражување, зголемувањето на жетвениот индекс во 2023 година најверојатно е резултат на подобрено пренасочување на асимилатите кон зрното, при истовремено намалување на приносот на слама.

Жетвениот индекс како показател за продуктивна ефикасност е разгледуван и во истражувањата на Islam et al. (2019), Akay (2022), Tao et al. (2022), Gawdiya et al. (2023) и Yadav et al. (2024). Овие автори ја нагласуваат важноста на односот меѓу приносот на зрно и вкупната биомаса при процена на продуктивноста кај оризот. Во таа смисла, жетвениот индекс претставува корисен показател за селекција, особено кога целта е подобрување на ефикасноста на користење на биомасата.

Споредбата со претходни истражувања покажува дека добиените вредности се во согласност со резултатите на Anisuzzaman et al. (2022), кои утврдиле опсег од 0,408 до 0,506. *Beşer* et al. (2015), кои прикажале вредности од 21,30 до 47,5 %, додека Uzzaman et al. (2015) утврдиле опсег од 39,10 до 49,30 %. Во споредба со овие резултати, дел од генотиповите во ова истражување, особено *lemont, прима риска, iskra, mis-2013, san andrea, бисер-2, kristal CL* и *opale*, покажаа повисоки или споредливи вредности. Во оваа смисла, најголема практична вредност имаат генотиповите кои истовремено имаат висок принос на зрно и поволен жетвен индекс, како *прима риска*, *san andrea, бисер-2, opale, iskra* и дел од другите високорангирани генотипови. *Lemont* се издвојува со највисок жетвен индекс, но неговата производна вредност треба да се толкува заедно со апсолутниот принос на зрно, бидејќи високата ефикасност на распределба не секогаш значи и највисок економски принос. Од друга страна, генотиповите со низок жетвен индекс, како *monticelli × M-101, lina, damla CL* и *M-101 × monticelli*, имаат помала ефикасност во претворањето на биомасата во зрно и затоа се помалку поволни од аспект на економската продуктивност. Најзначајни за понатамошна селекција се генотиповите што комбинираат висок жетвен индекс со висок и стабилен принос на зрно.

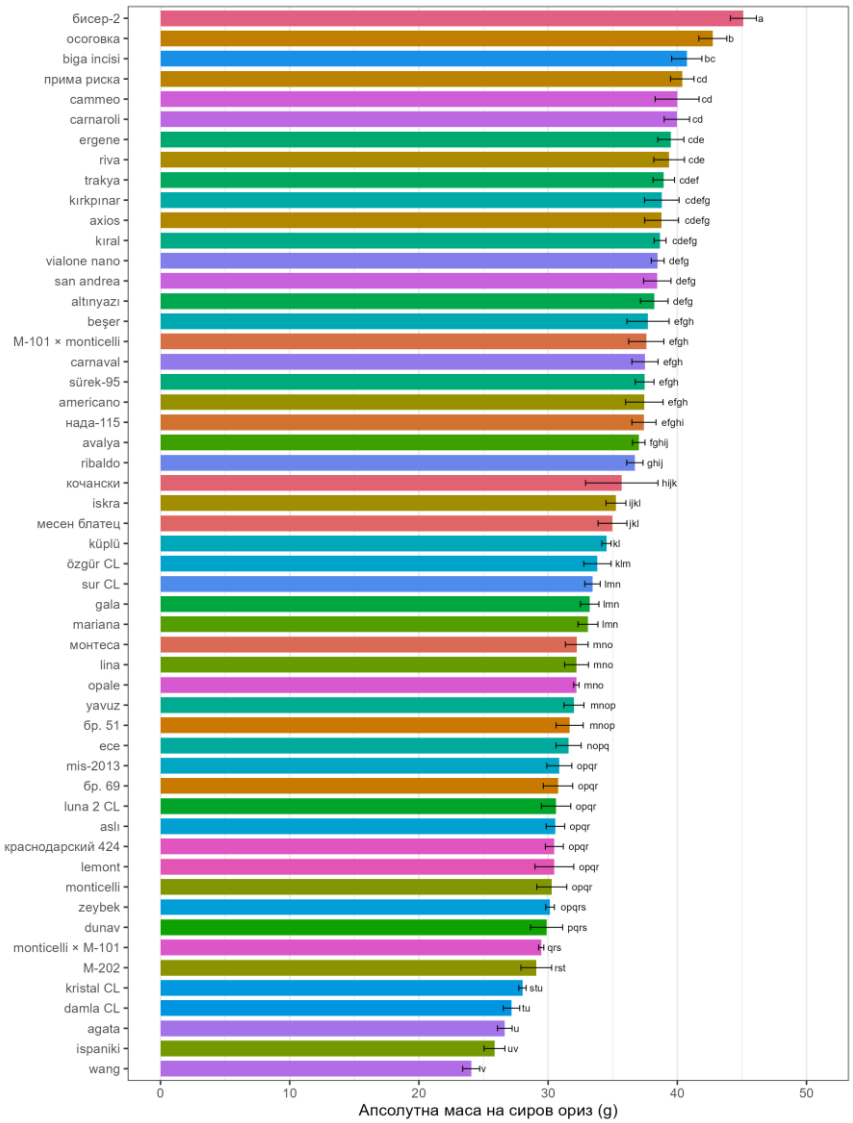
5.1.3.10. Апсолутна маса на сиров и на бел ориз

Апсолутната маса на зрното претставува значајно производно и технолошко својство, бидејќи ја одразува крупноста, исполнетоста и степенот на налевање на зрната кај оризот. Во ова истражување таа беше анализирана преку апсолутната маса на сиров и на бел ориз, со што се овозможува поцелосна процена на физичката структура на зрното пред и по технолошката обработка. За разлика од приносот на зрно, кој е резултат на заедничкото дејство на повеќе компоненти, апсолутната маса на зрното е повеќе поврзана со крупноста и исполнетоста на поединечното зрно и затоа има посебно значење при морфолошка, производна и технолошка карактеризација на генотиповите.

Масата на зрното се смета за релативно стабилно својство, но не е целосно независна од условите на одгледување. Иако во значајна мера е генетски условена, нејзиното изразување може да биде под влијание на агротехничките и еколошките фактори, особено во фазите на налевање и созревање на зрното. Недостигот на вода во завршниот дел од вегетацијата, како и прераното испуштање на водата од парцелите со ориз пред жетвата, може да доведе до послабо исполнети зрна и намалување на нивната маса.

Значењето на масата на зрното како показател за варијабилноста и квалитетот кај оризот е истакнато и во претходни истражувања. Li et al. (2010) ја издвојуваат тежината на зрното како едно од важните својства поврзани со варијабилноста кај

оризот, додека Joshi et al. (2007), Chakrabarty et al. (2012) и Mondal et al. (2014) ја користеле при карактеризација на сорти ориз. Слично, Gautam et al. (2025) и Modarresi (2026) ја нагласуваат нејзината вредност при оценување на локални форми и генотипови ориз. Во тој контекст, апсолутната маса на сировиот и на белиот ориз овозможува да се издвојат генотипови со покрупно, подобро исполнето и потенцијално технолошки поквалитетно зрно.

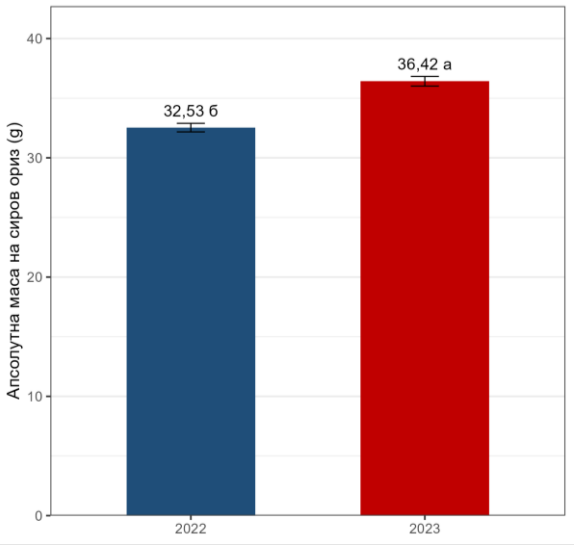


Графикон 20а. Просечни вредности за апсолутна маса на сиров ориз (g)

Кај апсолутната маса на сиров ориз беа утврдени статистички значајни разлики меѓу испитуваните генотипови. Највисока просечна вредност беше добиена кај *бисер-2* (44,9 g), кој се издвојува како генотип со најкрупно сирово зрно во анализираниот материјал (Графикон 20а). Високи просечни вредности беа забележани и кај *осоговка* (42,7 g), *biga incisi* (40,7 g), *прима риска* (40,4 g), *cammeo* (40,0 g), *carnaroli* (39,9 g), *ergene* (39,5 g), *riva* (39,4 g), *trakya* (38,9 g), *axios* и *kırkpınar* (по 38,8 g), *vialone nano* (38,5 g), *san andrea* (38,4 g), *beşer* (37,7 g) и *avalya* (37,0 g). Овие генотипови се

позиционираат во горниот дел од распределбата и претставуваат материјал со повисока апсолутна маса на сирово зрно.

Најниски просечни вредности за апсолутна маса на сиров ориз беа утврдени кај *wang* (24,0 g), *ispaniki* (25,8 g), *agata* (26,6 g), *damla CL* (27,2 g) и *kristal CL* (28,0 g). Генотипот *wang* се издвојува со најниска просечна вредност, што покажува дека, иако има висок приносен потенцијал, тој се карактеризира со поситно зрно. Ова е важно од селекциски аспект, бидејќи покажува дека висок принос и висока апсолутна маса на зрното не мора секогаш да се јавуваат заедно кај ист генотип. Останатите генотипови имаа средни вредности, најчесто во интервалот од околу 30 до 38 g, што укажува на континуирана варијабилност во крупноста на сировото зрно.



Графикон 20б. Просечни вредности за апсолутната маса на сиров ориз (g) кај испитуваниот материјал

Просечната вредност за апсолутната маса на сиров ориз кај целиот испитуван материјал изнесуваше 32,53 g во 2022 година и 36,42 g во 2023 година (Графикон 20б). Овој резултат покажува дека условите во 2023 година биле поповолни за формирање покрупно и подобро исполнето сирово зрно. Слична зависност на својствата на зрното од условите во годината е забележана и кај Gautam et al. (2025), при сеопфатна евалуација на локални форми ориз.

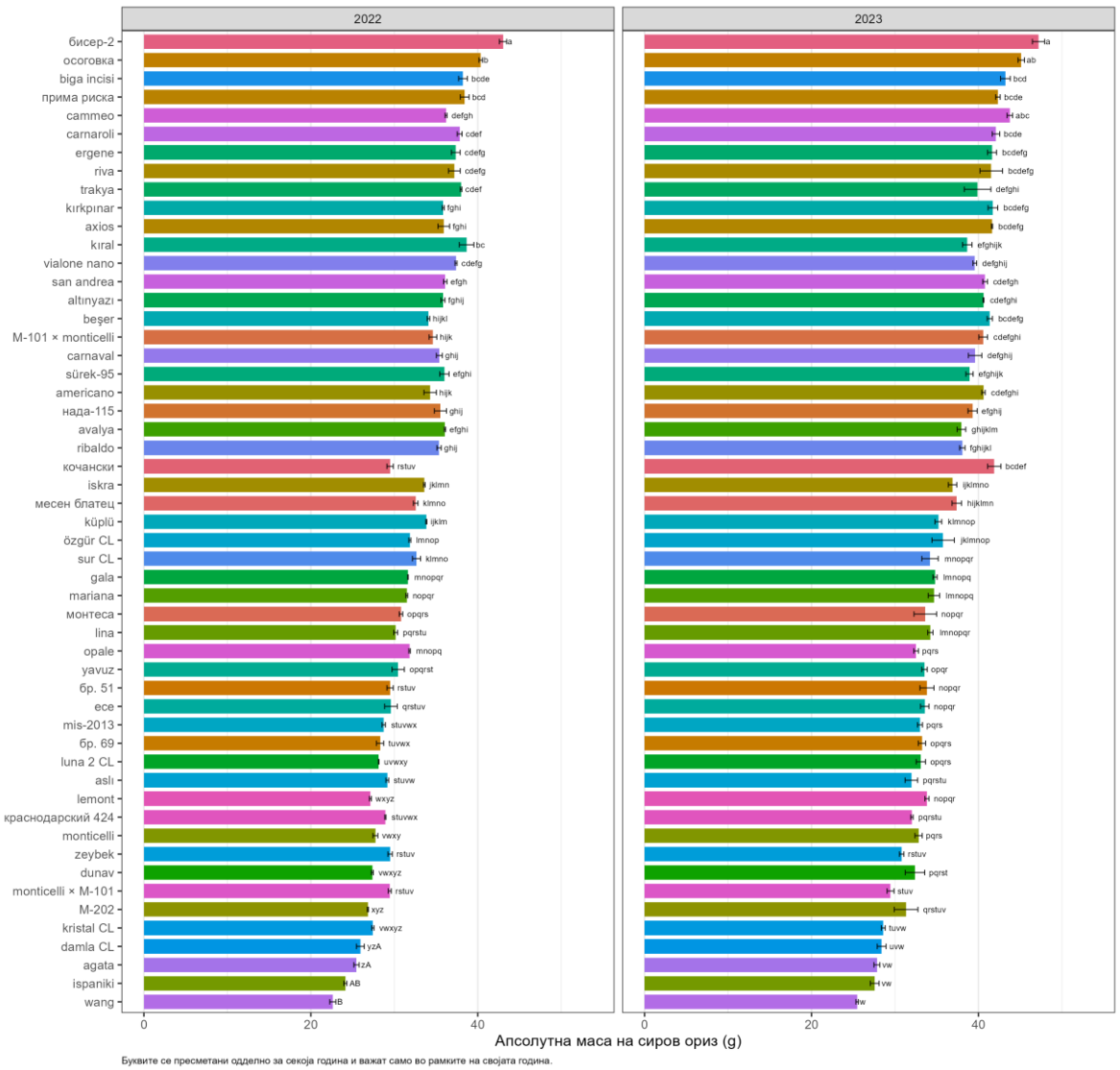
Приказот по години (Графикон 20в) покажува дека апсолутната маса на сировото зрно во 2023 година се зголемила кај 51 генотип, а кај ниту еден не беше забележано намалување. И покрај ова речиси општо зголемување, редоследот на генотиповите остана меѓу најстабилните во целото истражување. Тоа значи дека условите во 2023 година ја зголемиле апсолутната маса на зрното кај најголем дел од материјалот, но не го нарушиле суштински редоследот на генотиповите според крупноста.

Бисер-2 ја задржа првата позиција во двете години, со 43,0 g во 2022 и 47,2 g во 2023 година. Високи и стабилни вредности имаа и *осоговка*, со 40,4 g во 2022 и 45,1 g во 2023 година, додека во 2023 година во горниот дел од распределбата се издвоија и *cammeo* (43,8 g) и *biga incisi* (43,2 g). На спротивниот крај, *wang* (22,6 наспроти 25,5 g) и *ispaniki* (24,1 наспроти 27,6 g) останаа меѓу генотиповите со најниска апсолутна маса на сирово зрно во двете години.

Најголем прираст на апсолутната маса на сиров ориз беше утврден кај *кочански*, кај кој масата се зголеми за 12,4 g, односно за 42 %, што го искачи за 29 места во редоследот. Значаен прираст беше забележан и кај *beşer* (+7,3 g) и *lemont* (+6,7 g). Најмала промена, односно целосно идентични вредности во двете години, покажаа *kıral* и *monticelli* × *M-101*, со 38,7 g, односно 29,5 g. Овие резултати покажуваат дека, иако апсолутната маса на сировото зрно е релативно стабилно својство, кај одделни генотипови сепак може да се јави значаен прираст во поволни услови.

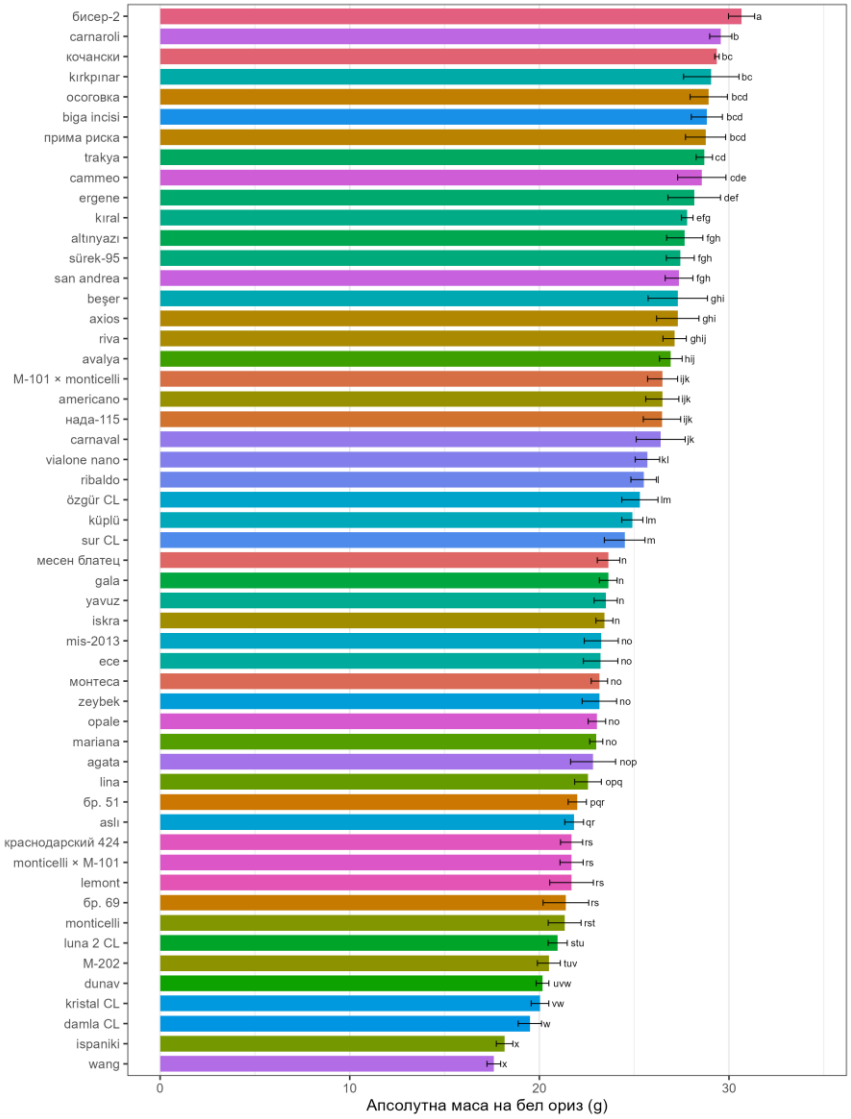
Ранговата споредба на генотипските средини од двете години покажа висока повторливост на редоследот за апсолутната маса на сиров ориз, при што Spearman-овиот коефициент изнесуваше $\rho = 0{,}884$ ($p \leq 0{,}001$; Табела 9). Ова значи дека генотиповите во голема мера ја задржале својата позиција во двете години, односно дека интеракцијата генотип × година кај ова својство главно се изразила преку промена на апсолутните вредности, а не преку суштинско преуредување на редоследот. Во потпоглавјето 5.2., за апсолутната маса на сиров ориз е утврдена херитабилност од 95,09 % и очекуван генетски напредок од 26,59 % од средната вредност, што укажува на висок селекциски потенцијал и на можност за релативно сигурен избор на генотипови со покрупно сирово зрно.

Крупноста на сировото зрно, изразена преку апсолутната маса, е разгледувана и во истражувањата на Zhou et al. (2019), Konak et al. (2021), Fazal et al. (2022), Yadav et al. (2024), Jeke et al. (2026) и Modarresi (2026). Ова својство го разгледуваат и Gautam et al. (2025), кои наведуваат дека својствата на квалитетот на зрното кај локалните форми ориз се одликуваат со поголема постојаност и потесен опсег на варирање во споредба со приносните својства, што е во согласност со високата стабилност утврдена во ова истражување.

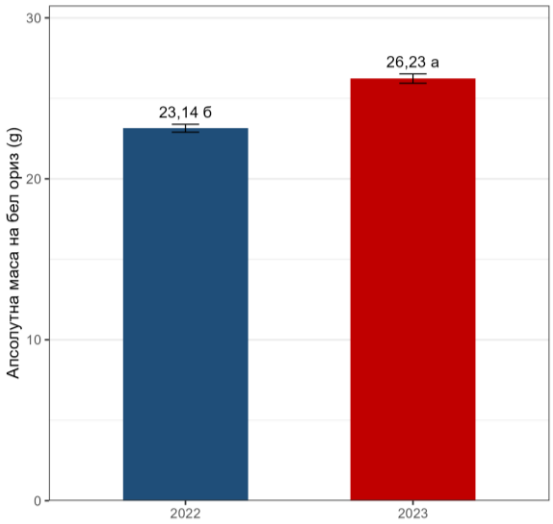


Графикон 20в. Просечни вредности за апсолутната маса на сиров ориз (g) кај испитуваните генотипови по години

Кај апсолутната маса на бел ориз, просечните вредности беа пониски во споредба со сировиот ориз, што е очекувано поради отстранување на плевите, трицте и дел од површинските слоеви на зрното при белењето. И покрај тоа, редоследот на генотиповите во голема мера ја следеше распределбата утврдена кај сировиот ориз (Графикон 21а). Највисока просечна вредност повторно беше утврдена кај *бисер-2* (30,7 g), што покажува дека овој генотип ја задржува високата маса на зрното и по технолошката обработка.



Графикон 21а. Просечни вредности за апсолутна маса на бел ориз (g)



Графикон 21б. Просечни вредности за апсолутната маса на бел ориз (g) кај испитуваниот материјал

Повисоки вредности за апсолутна маса на бел ориз беа утврдени и кај *carnaroli* (29,6 g), *кочански* (29,4 g), *kırkpınar* (29,1 g), *осоговка* (28,9 g), *biga incisi* и *прима риска* (по

28,8 g), *cammeo* (28,6 g), *ergene* (28,2 g), *san andrea* (27,4 g), *axios* и *beşer* (по 27,3 g), *riva* (27,1 g) и *vialone nano* (25,7 g). Овие генотипови се карактеризираат со релативно крупно бело зрно и претставуваат материјал со поволна физичка структура по белењето. Најниски просечни вредности за апсолутна маса на бел ориз беа добиени кај *wang* (17,6 g), *ispaniki* (18,2 g), *agata* (18,6 g), *damla CL* (19,5 g), *kristal CL* (20,0 g), *dunav* (20,2 g), *M-202* (20,5 g), *aslı* (20,6 g) и *luna CL* (21,0 g). Како и кај сировиот ориз, *wang* остана генотип со најниска маса на бело зрно, што ја потврдува стабилната појава на ситното зрно кај овој генотип. Кај овие генотипови пониската маса по белење покажува дека нивната помала крупност не е резултат само на фракциите што се отстрануваат при обработката, туку претставува карактеристика на самото зрно.

Просечната вредност за апсолутната маса на бел ориз кај целиот испитуван материјал изнесуваше 23,14 g во 2022 година и 26,23 g во 2023 година (Графикон 21б), што претставува зголемување од 13,34 %. Разликата меѓу годините беше високозначајна. Како и кај сировиот ориз, ова зголемување покажува дека во 2023 година биле формирани покрупни и подобро исполнети зрна, а разликата се задржала и по процесот на белење.

Приказот по години (Графикон 21в) покажува дека апсолутната маса на бел ориз се зголеми кај 51 генотип, додека намалување беше забележано само кај два генотипа. Оваа насока е речиси идентична со онаа кај сировиот ориз, што ја потврдува силната поврзаност меѓу двете својства. *Бисер-2* повторно се издвојуваше меѓу најкрупнозрните генотипови, со 29,1 g во 2022 и 32,2 g во 2023 година, но во 2023 година првото место го презеде *kırkpınar* со 32,3 g, зголемувајќи ја апсолутната маса на бел ориз за 6,5 g.

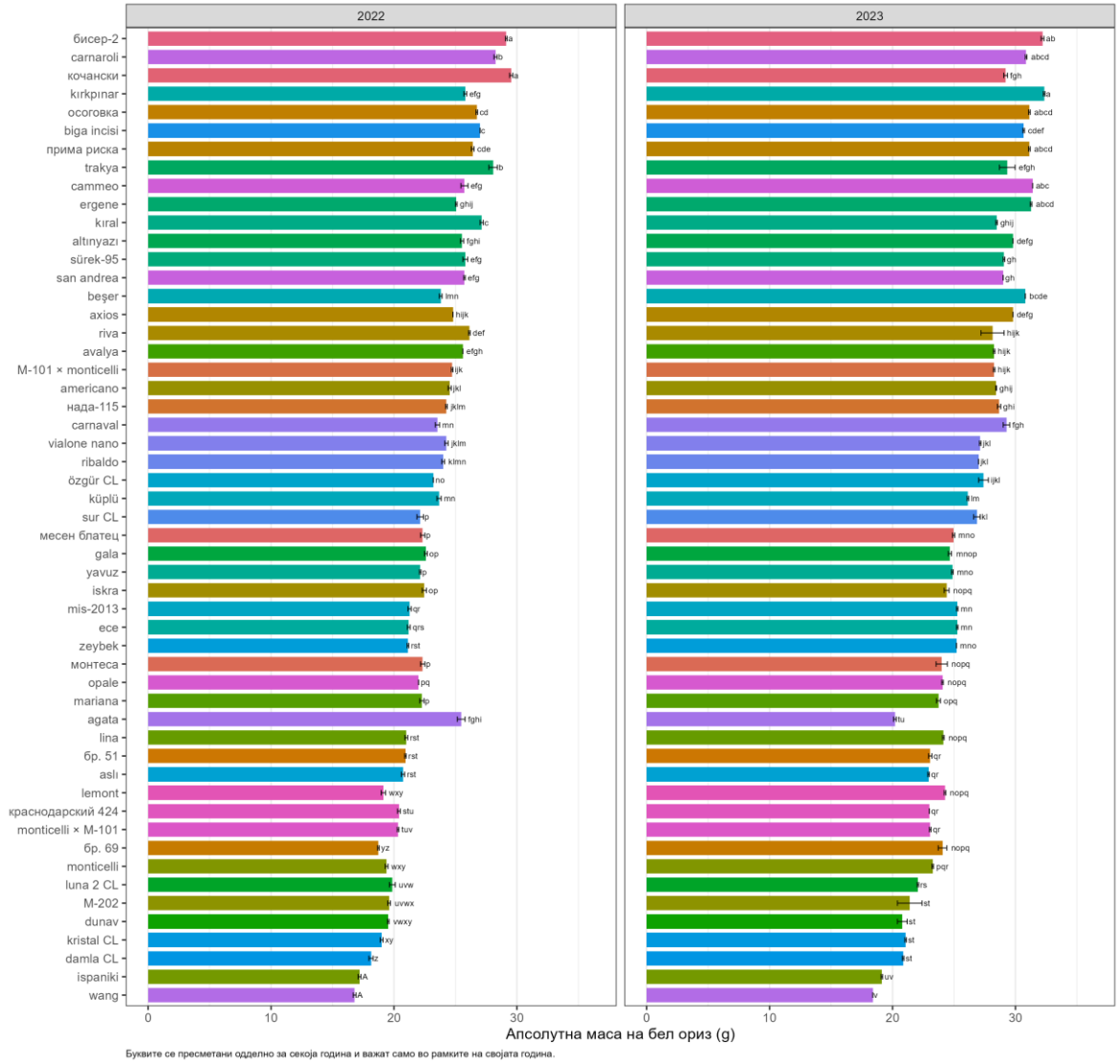
Најголем прираст на апсолутната маса на бел ориз беше утврден кај *beşer* (+7,0 g), проследен со поместување за 16 места нагоре. Значително зголемување беше забележано и кај *ergene* (+6,2 g) и *carnaval*. Единствено изразено намалување беше утврдено кај *agata*, кај која апсолутната маса на бел ориз се намали за 5,3 g, што ја спушти за 35 места и ја премести од средниот дел на распределбата во групата со поситно бело зрно. Во 2022 година најкрупно бело зрно имаше *кочански* (29,5 g), кој во 2023 година практично не се промени (29,2 g), но поради поголемиот прираст кај други генотипови се помести за 13 места надолу. Најниски вредности во двете години повторно имаа *wang* (16,8 наспроти 18,4 g) и *ispaniki* (17,2 наспроти 19,1 g).

Ранговата споредба на генотипските средини од двете години покажа висока стабилност и кај апсолутната маса на бел ориз, при што Spearman-овиот коефициент изнесуваше $\rho = 0{,}852$ ($p \leq 0{,}001$; Табела 9). Ова укажува дека редоследот на генотиповите според крупноста на белото зрно во голема мера се задржал меѓу двете сезони. Во потпоглавјето 5.2., за ова својство е утврдена херитабилност од 91,40 % и очекуван генетски напредок од 24,88 % од средната вредност. Ваквата комбинација на висока херитабилност, релативно висок генетски напредок и висока стабилност покажува дека апсолутната маса на бел ориз има значајна селекциска вредност.

За дискриминациската вредност на масата на зрното при карактеризацијата на локални сорти ориз известуваат и Fazal et al. (2022), кои ја издвоиле меѓу својствата со добра дискриминациска моќ. Масата на зрното пред и по белењето е анализирана и во истражувањата на Fazal et al. (2022), Gautam et al. (2025), Zhou et al. (2019), Virdi et al. (2019), Dzhamirze et al. (2021) и Jeke et al. (2026).

Споредбата меѓу апсолутната маса на сиров и на бел ориз покажува јасна усогласеност меѓу двете својства. Генотиповите со повисока маса на сиров ориз, како *бисер-2*,

осоговка, *biga incisi*, *прима риска*, *cammeo*, *carnaroli*, *ergene* и *riva*, генерално се задржуваат и меѓу генотиповите со повисока апсолутна маса на бел ориз. Наспроти тоа, *wang*, *ispaniki*, *agata*, *damla CL* и *kristal CL* се јавуваат меѓу генотиповите со пониски вредности кај двете својства. Оваа согласност покажува дека разликите во крупноста и исполнетоста на зрното во значителна мера се задржуваат и по технолошката обработка.



Графикон 21в. Просечни вредности за апсолутната маса на бел ориз (g) кај испитуваните генотипови по години

Добиените резултати се во согласност со претходните истражувања за масата на зрното кај оризот. Andreevska et al. (2019), при испитување турски сорти ориз во производни услови во Кочанскиот регион, утврдиле просечни вредности за апсолутна маса на сиров ориз од приближно 32 до 38 g. Andreevska et al. (2017), при анализа на домашни и интродуирани сорти ориз во Македонија, добиле вредности за апсолутна маса на сиров ориз од 26,4 до 42,4 g, додека кај белиот ориз вредностите се движеле од 18,4 до 30,0 g. Во споредба со овие податоци, вредностите добиени во ова истражување се во сличен или нешто поширок опсег, особено кај генотиповите со највисока маса на сиров ориз.

Споредбени вредности за масата на бел ориз се наведени и од Uzzaman et al. (2015), кои утврдиле опсег од 21,3 до 30,6 g, како и од Sajid et al. (2015), кај кои вредностите се движеле од 20,2 до 26,45 g. Поширок опсег е прикажан кај Barhate et al. (2021), од 10,06 до 31,43 g, со просечна вредност од 21,31 g. Овие споредбени податоци покажуваат дека испитуваниот материјал опфаќа генотипови со апсолутна маса на бел ориз во рамките на претходно објавените вредности, но и генотипови со особено високи вредности, како *бисер-2, carnaroli, кочански, kırkpınar, осоговка, biga incisi* и *прима риска*.

Од селекциски аспект, апсолутната маса на сиров и бел ориз има висока практична вредност бидејќи е релативно стабилна, наследна и лесно мерлива карактеристика. Генотиповите *бисер-2, осоговка, biga incisi, прима риска, cammeo, carnaroli, ergene, riva, кочански* и *kırkpınar* се издвојуваат како материјал со повисока маса на зрното и може да бидат значајни при селекција за покрупно и подобро исполнето зрно. Наспроти тоа, *wang, ispaniki, agata, damla CL* и *kristal CL* покажуваат пониски вредности, што не мора да ја намалува нивната производна вредност, но ги позиционира како генотипови со поситен тип на зрно.

5.1.3.11. Хектолитарска маса на сиров ориз

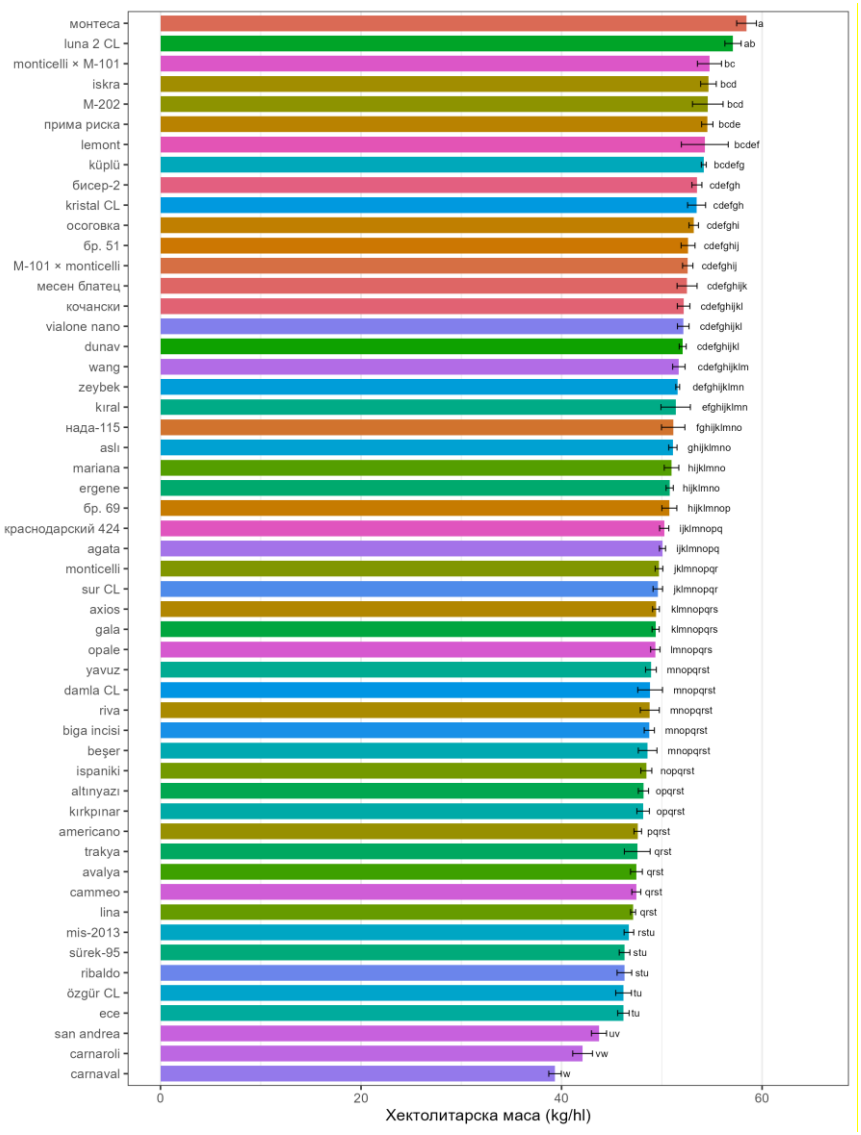
Хектолитарската маса претставува значаен физички и технолошки показател за квалитетот на зрното, бидејќи ја изразува масата на зрното во определен волумен, најчесто во kg/hl. Ова својство зависи од крупноста, обликот, исполнетоста и збиеноста на зрната, како и од присуството на празни, недоразвиени, оштетени или полесни зрна. Пониските вредности најчесто се поврзуваат со послабо исполнето зрно, поголем удел на полесни зрна или со понеповолна физичка структура на арпата. Затоа, хектолитарската маса има практично значење при оценување на физичкиот и технолошкиот квалитет на оризот, особено од аспект на складирањето, прометот и понатамошната преработка на зрното.

Во ова истражување, просечните вредности за хектолитарска маса кај испитуваните генотипови се движеа приближно од 39 до 58 kg/hl, што покажува изразена варијабилност во физичката структура на зрното (Графикон 22а). Највисока просечна вредност беше утврдена кај *монтеса* (58,5 kg/hl), која се издвојува како генотип со најголема маса на зрното по единица волумен. Високи вредности беа забележани и кај *luna CL* (57,1 kg/hl), *monticelli × M-101* (54,8 kg/hl), *iskra* и *M-202* (по 54,6 kg/hl), *прима риска* (54,5 kg/hl), *lemont* (54,3 kg/hl), *küplü* (54,2 kg/hl), *бисер-2* и *kristal CL* (по 53,5 kg/hl), како и кај *осоговка* (53,2 kg/hl). Вкупно 27 генотипови имаа вредности над 50 kg/hl, што покажува дека значителен дел од испитуваниот материјал се карактеризира со релативно висока хектолитарска маса.

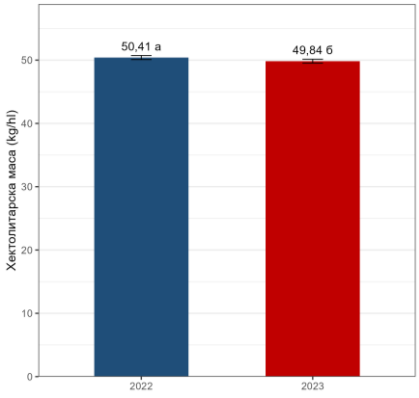
Најниска просечна хектолитарска маса беше утврдена кај генотипот *carnaval* (39,3 kg/hl). Ниски вредности беа забележани и кај *carnaroli* (42,1 kg/hl), *san andrea* (43,7 kg/hl), *ece* и *özgür CL* (по 46,2 kg/hl), *ribaldo* и *sürek-95* (по 46,3 kg/hl). Овие генотипови се карактеризираат со помала маса на зрното во определен волумен, што може да биде поврзано со послаба збиеност, различна форма на зрното или поголем удел на полесни зрна.

Добиените вредности се во согласност со резултатите на Mehraj et al. (2016), кои утврдиле хектолитарска маса кај неколку генотипови ориз од 45,6 до 58,8 kg/hl. Во споредба со нивните резултати, дел од генотиповите во ова истражување, особено *монтеса, luna CL, monticelli × M-101, M-202, прима риска, lemont* и *küplü*, се наоѓаат во горниот дел од наведениот опсег. Наспроти тоа, *carnaval, carnaroli* и *san andrea*

имаа вредности под или блиску до долната граница на овој опсег. Ова покажува дека испитуваната колекција содржи генотипови со различна физичка структура на зрното, што има значење при понатамошна процена на технолошкиот квалитет и селекциската вредност.



Графикон 22а. Просечни вредности за хектолитарска маса (kg/hl) кај испитуваните генотипови



Графикон 22б. Просечни вредности за хектолитарската маса (kg/hl) кај испитуваниот материјал во двете години

На ниво на целиот испитуван материјал, просечната вредност за хектолитарската маса изнесуваше 50,41 kg/hl во 2022 година и 49,84 kg/hl во 2023 година (Графикон 22б), што претставува намалување од 1,12 %. Иако оваа разлика е мала во апсолутна вредност, таа беше високозначајна ($p \leq 0,001$). Овој резултат покажува дека условите во годината имале значајно влијание врз изразувањето на хектолитарската маса, но дека тоа влијание било значително помало во споредба со својствата поврзани со приносот и биомасата.

Хектолитарската маса е единственото анализирано производно својство кај кое просечните вредности за двете години беа речиси изедначени. Ова ја издвојува од приносот на зрно, приносот на слама, биолошкиот принос и масата на продуктивните метлички, кај кои годишните разлики беа многу поизразени. Сепак, стабилноста на просечното ниво не значи дека сите генотипови реагирале подеднакво, бидејќи приказот по години покажува значајни поединечни промени кај дел од материјалот.

Приказот по години (Графикон 22в) овозможува да се согледа однесувањето на секој генотип во двете сезони. Најголема позитивна промена беше забележана кај *lemont,* кај кој хектолитарската маса се зголеми за 10,4 kg/hl. Овој генотип од средината на распределбата во 2022 година се искачи на прво место во 2023 година, со вредност од 59,5 kg/hl, поместувајќи се за 34 места нагоре. Оваа промена покажува дека кај одделни генотипови, и покрај општата стабилност на својството, може да се јави изразена реакција кон условите во конкретната година.

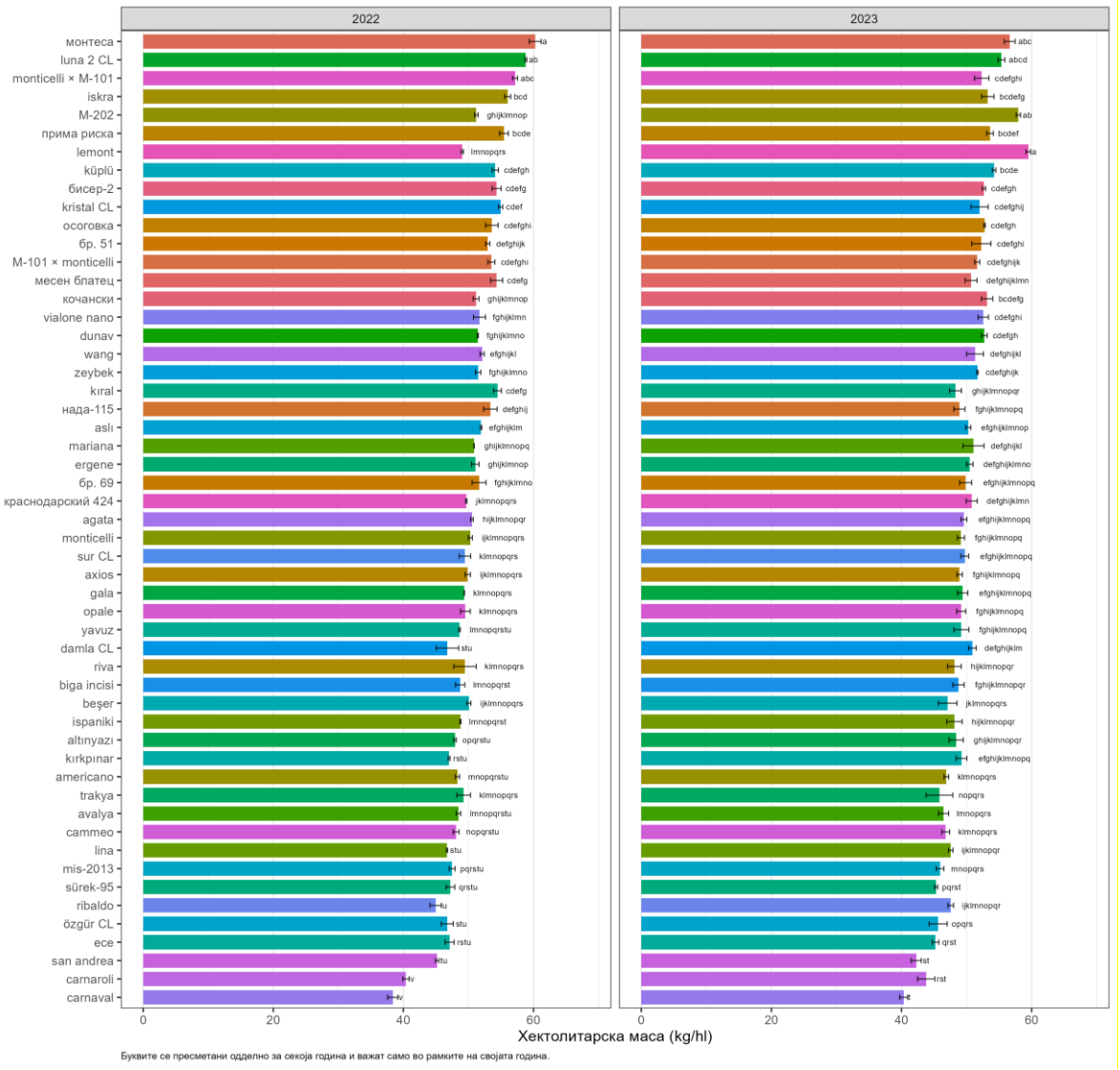
Во иста насока се движеа и *M-202*, со зголемување од 6,8 kg/hl и поместување за 19 места нагоре, како и *damla CL*, со зголемување од 4,1 kg/hl и искачување за 27 места. Овие генотипови покажаа подобрување на физичката структура на зрното во 2023 година, според хектолитарската маса. Спротивна реакција беше утврдена кај *kıral*, кој изгуби 6,2 kg/hl и се помести за 30 места надолу, како и кај *нада-115*, кај кој намалувањето изнесуваше 4,5 kg/hl, со пад од 21 место.

Монтеса беше генотип со највисока вредност во 2022 година, со 60,3 kg/hl, и остана меѓу водечките и во 2023 година, со 56,6 kg/hl. Ова ја издвојува како генотип со висока хектолитарска маса во двете сезони. Најниски вредности во двете години имаше *carnaval*, со 38,4 kg/hl во 2022 и 40,3 kg/hl во 2023 година, што укажува на стабилно ниска хектолитарска маса. Најмала промена меѓу годините покажаа *gala*, biga incisi и *küplü*, кај кои разликата беше помала од 0,1 kg/hl, што ги издвојува како генотипови со речиси непроменета вредност за ова својство.

Ранговата споредба на генотипските средини од двете години покажа висока повторливост на редоследот за хектолитарската маса, при што Spearman-овиот коефициент изнесуваше $\rho = 0,765$ ($p \leq 0,001$; Табела 9). Ова значи дека хектолитарската маса може да се смета за едно од постабилните својства во испитуваниот материјал. Комбинацијата на висока херитабилност (84,84 %) и релативно низок очекуван генетски напредок (12,39 %) покажува дека својството е во голема мера наследно и дека рангирањето на генотиповите е стабилно, но дека опсегот за подобрување преку селекција е умерено ограничен. Тоа е во согласност и со нискиот коефициент на варијација од 7,87 %, кој укажува дека, и покрај статистички значајните разлики, варирањето на ова својство е потесно во споредба со приносните показатели.

Ваквата комбинација од висока наследност, висока стабилност на редоследот и релативно помал генетски напредок е типична за физичките показатели на квалитетот на зрното. Хектолитарската маса има вредност како стабилен дескриптор за

физичкиот квалитет на зрното, но не треба да се очекуваат големи промени по еден циклус селекција.



Графикон 22в. Просечни вредности за хектолитарската маса (kg/hl) кај испитуваните генотипови по години

Ваквата постојаност на просечното ниво, при истовремени поединечни промени кај дел од генотиповите, е во согласност и со Bao (2019), кој укажува дека физичките показатели на зрното кај оризот се под силно влијание на генетскиот материјал, но можат да бидат подложни на влијание на условите пред жетвата. Физичките показатели на зрното, меѓу кои и масата по единица волумен, се анализирани и кај Bao (2019), Virdi et al. (2019), Zhou et al. (2019), Dzhamirze et al. (2021) и Gautam et al. (2025).

Од селекциски аспект, хектолитарската маса има значење како дополнителен показател за физичкиот и технолошкиот квалитет на зрното. Генотиповите со високи и стабилни вредности, како *монтеса*, *luna CL*, *M-202*, *прима риска*, *lemont*, *küplü*, *бисер-2*, *kristal CL* и *осоговка*, може да бидат корисни при избор на материјал со подобра маса на зрното по единица волумен. Сепак, бидејќи генетскиот напредок за ова својство е понизок во споредба со дел од другите производни показатели, неговата

селекциска вредност е најголема кога се користи во комбинација со апсолутната маса на зрното, рандманот, процентот на цели зрна и приносот на зрно.

5.1.4. Варијабилност на технолошки својства

Покрај производниот потенцијал, квалитетот на зрното кај оризот се оценува и преку рандманот, односно преку количината и структурата на фракциите што се добиваат при преработката на сировиот ориз. Технолошките својства овозможуваат да се процени колкав дел од арпата се трансформира во пазарно вреден бел ориз, како и колкав е уделот на споредните фракции што се добиваат во процесот на обработка. Затоа, тие имаат посебно значење при оценување на практичната вредност на генотиповите, бидејќи не го одразуваат само приносот, туку и квалитетот и можноста за искористување на добиениот производ.

Според Меѓународниот институт за истражување на оризот (IRRI), при оптимално спроведен процес на белење се добиваат околу 20 % лушпа, 8 – 12 % трици, во зависност од степенот на белење, и 68 – 72 % бел ориз, во зависност од сортата (IRRI Rice Knowledge Bank, Milling and processing). Односот меѓу овие фракции зависи од сортата, физичката состојба на зрното и интензитетот на обработката. Во тој контекст, технолошките својства претставуваат важен дел од целокупната фенотипска карактеризација, особено кога целта е издвојување генотипови со поволен рандман, низок удел на кршени зрна и стабилен квалитет при преработка.

5.1.4.1. Анализа на добиените фракции по белењето на сировиот ориз

Според резултатите од анализата на варијанса прикажани во Табела 8, генотипот, годината и интеракцијата генотип × година имаа високозначајно влијание врз сите испитувани технолошки својства, односно врз уделот на цели зрна бел ориз, кршени зрна, лушпа и трици. Ова покажува дека рандманот и структурата на фракциите не се условени само од генотипската основа, туку значително се менуваат и под влијание на условите во годината на производство.

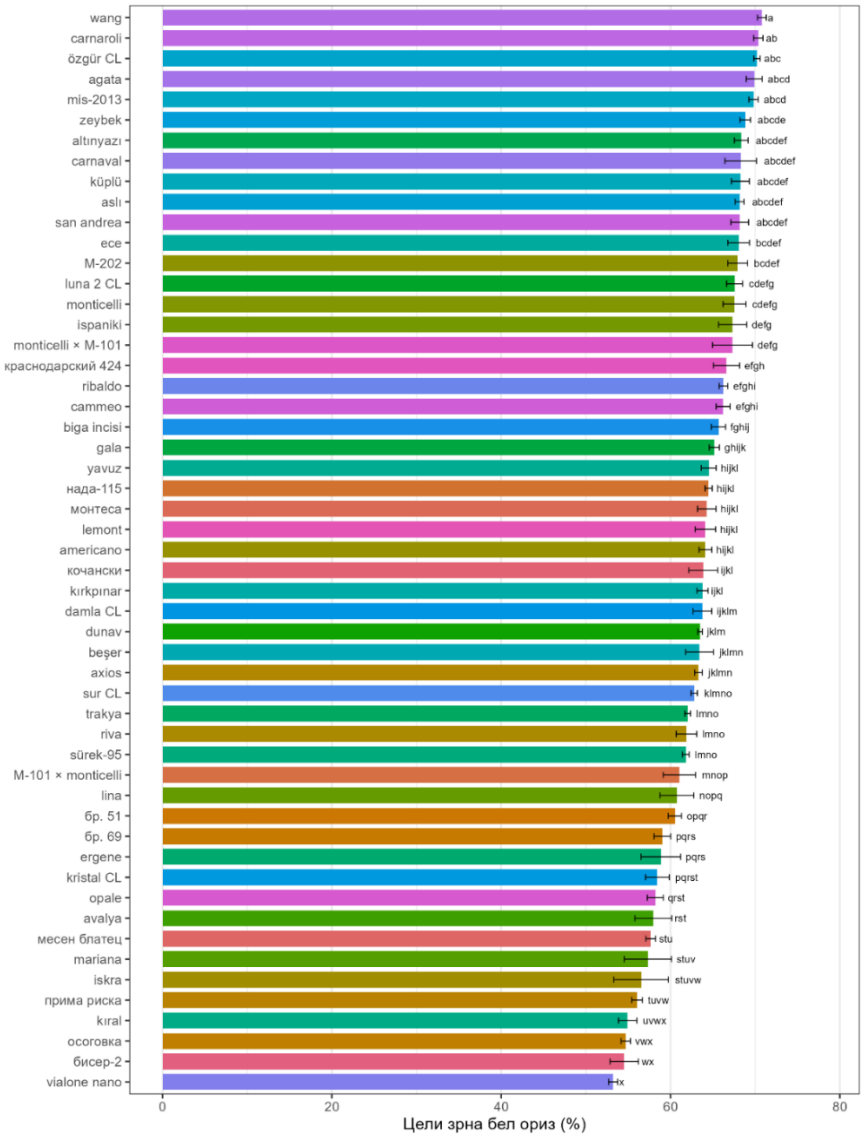
Табела 8. Анализа на варијанса на технолошките својства - фракции по белењето на сировиот ориз (арпа)

Извори на варијабилност	Степен на слобода	Средина на квадрати			
		Цели зрна (%)	Кршени зрна (%)	Лушпа (%)	Трици (%)
Повторување	2	25,08 ***	3,07 **	17,45 ***	7,91 ***
Година (А)	1	764,62 ***	15,85 ***	577,67 ***	57,74 ***
Генотип (Б)	52	135,44 ***	83,72 ***	9,49 ***	17,86 ***
А х Б	52	29,14 ***	18,19 ***	11,33 ***	7,11 ***
Грешка	210	1,33	0,45	0,65	0,95

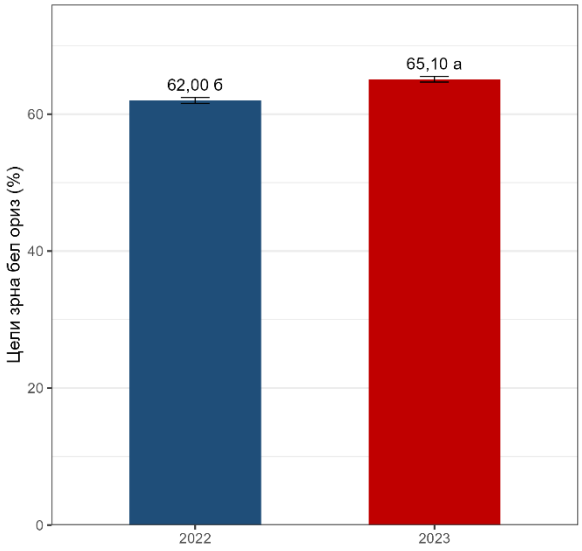
Добиените резултати се во согласност со Sanchez et al. (2023), кои кај широка колекција генотипови ориз утврдиле значајно влијание на генотипот и интеракцијата година × генотип врз процентот на цели зрна. Значењето на рандманот на цели зрна како технолошки показател е потврдено и од Maneesha et al. (2024), кои кај хибриди ориз утврдиле значајна варијабилност во рандманот на цели зрна и во својствата на квалитетот на зрното.

Кај процентот на цели зрна бел ориз беа утврдени јасни разлики меѓу испитуваните генотипови. Највисока просечна вредност беше утврдена кај *wang* (70,9 %), по што следуваа *carnaroli* (70,4 %), *özgür CL* (70,2 %), *agata* (70,0 %), *mis-2013* (69,8 %), *zeybek* (68,8 %), *altınyazı* (68,3 %), како и *carnaval*, *san andrea* и *aslı*, со по 68,2 % (Графикон 23а). Овие генотипови се издвојуваат со повисок рандман на цели зрна и претставуваат материјал со подобра технолошка искористливост при обработката.

Најниска просечна вредност за процент на цели зрна бел ориз беше забележана кај *vialone nano* (53,3 %), а ниски вредности беа утврдени и кај *бисер-2* (54,5 %), *осоговка* (54,7 %), *kıral* (54,8 %), *прима риска* (56,1 %), *iskra* (56,5 %), *mariana* (57,3 %) и *месен блатец* (57,6 %). Кај овие генотипови пониските удел на цели зрна укажува на помалку поволен рандман и потенцијално поголеми загуби при технолошката обработка. Разликата меѓу највисоката и најниската просечна вредност изнесува 17,6 %, што има значајна практична вредност од аспект на преработката и пазарниот квалитет.



Графикон 23а. Просечни вредности за процент на цели зрна бел ориз кај испитуваните генотипови



Графикон 23б. Просечни вредности за процентот на цели зрна бел ориз кај испитуваниот материјал во двете години

Просечната вредност за уделот на цели зрна бел ориз кај целиот испитуван материјал изнесуваше 62,00 % во 2022 година и 65,10 % во 2023 година (Графикон 23б), што претставува зголемување од 5,00 %. Разликата меѓу двете години беше високозначајна ($p \leq 0,001$), во согласност со ефектот на годината утврден во анализата на варијанса (Табела 8). Ова покажува дека условите во 2023 година биле поповолни за добивање повисок удел на цели зрна при белењето. Ваквото варирање е во согласност со Gautam et al. (2025), кои укажуваат дека технолошките показатели на зрното се условени и од условите во годината на производство.

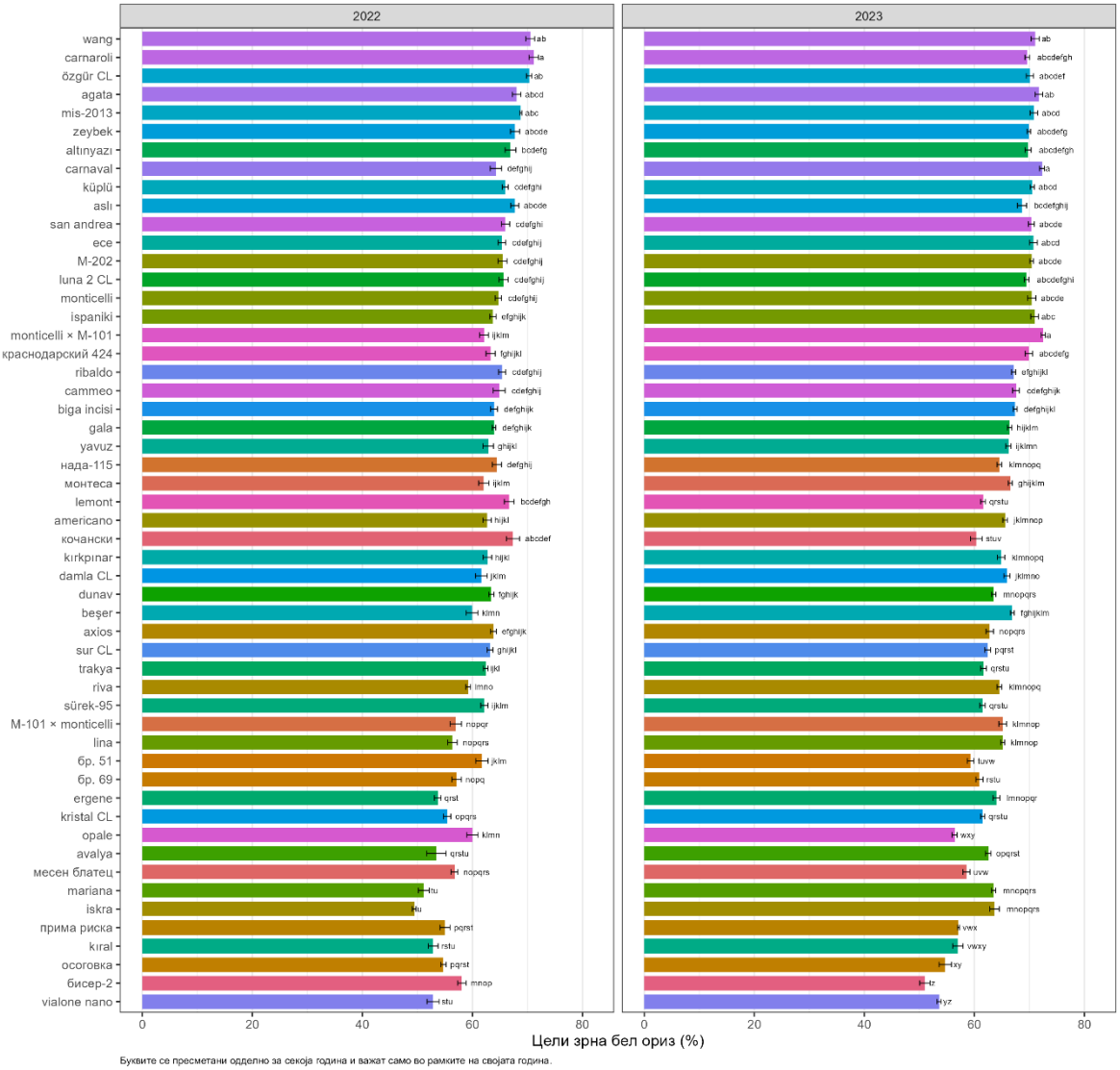
Приказот по години (Графикон 23в) покажува дека рандманот на цели зрна се подобри кај 41 генотип, додека кај 12 беше забележано намалување. Најголемо подобрување постигна *iskra*, кај која уделот на цели зрна се зголеми од 49,4 % во 2022 година, што беше најниска вредност во колекцијата, на 63,7 % во 2023 година. Тоа претставува прираст од 14,3 % и поместување за 19 места нагоре. Слична позитивна реакција беше забележана кај *mariana* (+12,3 %, 16 места нагоре) и *monticelli* x *M-101* (+10,4 %), кој со 72,5 % го зазеде првото место во 2023 година и се искачи за 32 места.

Најголемо намалување на уделот на цели зрна беше забележано кај *бисер-2* (-7,1 %), *кочански* (-7,0 %, 37 места надолу) и *lemont* (-5,1 %, 31 место надолу). Во 2022 година највисок рандман имаа *carnaroli* (71,1%) и *wang* (70,5%), при што *wang* остана единствениот генотип што се задржа во самиот врв и во 2023 година, со 71,1 %. Најпостојани вредности имаа *осоговка*, со 54,7 % во двете години, и *нада-115*. Овие резултати покажуваат дека кај дел од генотиповите уделот на цели зрна е релативно стабилен, додека кај други силно се менува под влијание на сезоната.

Ранговата споредба на генотипските средини од двете години покажа умерена повторливост на редоследот за уделот на цели зрна бел ориз, при што Spearman-овиот коефициент изнесуваше $\rho = 0,668$ ($p \leq 0,001$, Табела 9). Ова значи дека редоследот на генотиповите главно се задржал меѓу годините, но не бил целосно повторлив. Во потпоглавјето 5.2. за ова својство е утврдена херитабилност од 78,48 % и очекуван генетски напредок од 12,09 % од средната вредност. Ваквата комбинација укажува дека уделот на цели зрна има значајна генетска основа и умерена селекциска вредност, но поради умерената стабилност конечниот избор на генотипови со поволен рандман треба да се потврди во повеќе сезони.

Ваквата размена на позиции кај рандманот на цели зрна е во согласност со Maneesha et al. (2024), кои кај хибриди ориз утврдиле значајна варијабилност во рандманот и во својствата на квалитетот на зрното. Рандманот на цели зрна како технолошки

показател е разгледуван и во истражувањата на Bao (2019), Virdi et al. (2019), Zhou et al. (2019), Dzhamirze et al. (2021), Chen et al. (2023) и Samonte et al. (2024).



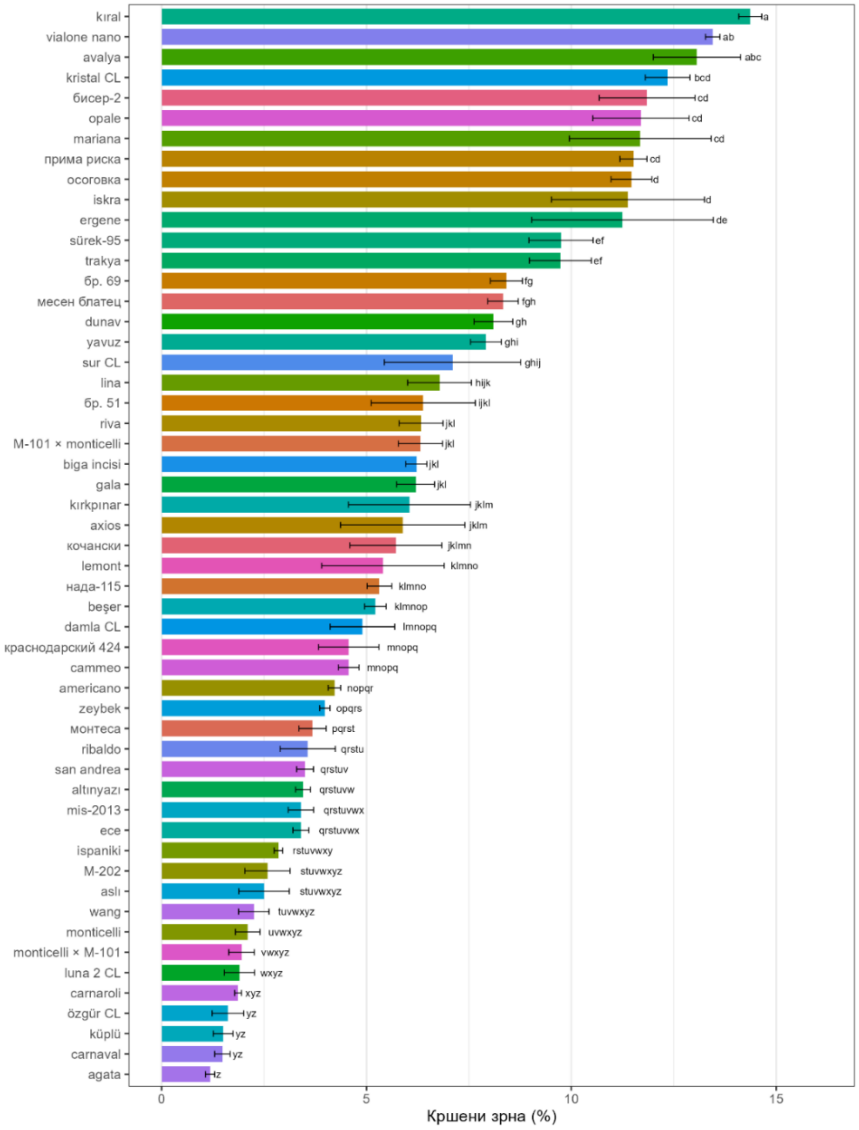
Графикон 23в. Просечни вредности за процентот на цели зрна бел ориз кај испитуваните генотипови по години

За разлика од уделот на цели зрна, процентот на кршени зрна претставува неповолна фракција при технолошката обработка, бидејќи неговото зголемување ја намалува пазарната вредност на финалниот производ. Затоа, генотиповите со низок удел на кршени зрна и висок удел на цели зрна се сметаат за технолошки поповолни.

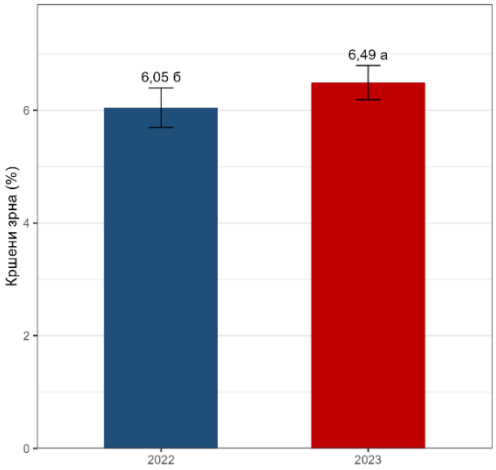
Кај испитуваните генотипови беше утврдена изразена варијабилност во процентот на кршени зрна (Графикон 24а). Највисока просечна вредност беше утврдена кај *kıral* (14,4 %), по што следуваа *vialone nano* (13,4 %), *avalya* (13,1 %), *kristal CL* (12,3 %), *бисер-2* (11,9 %), *mariana* и *opale* (по 11,7 %), *прима риска* и *осоговка* (по 11,5 %), *iskra* (11,4 %) и *ergene* (11,2 %). Овие генотипови се издвојуваат со поголем удел на скршени зрна, што укажува на помала отпорност на зрното при лупење и белење.

Најниска просечна вредност за кршен ориз беше забележана кај *agata* (1,2 %), а ниски вредности имаа и *carnaval* и *küplü* (по 1,5 %), *özgür CL* (1,6 %), *luna CL*, *carnaroli* и

monticelli × *M-101* (по 1,9 %), *monticelli* (2,1 %), *wang* (2,2 %) и *aslı* (2,5 %). Овие генотипови се технолошки поповолни бидејќи поголем дел од зрната остануваат цели по процесот на преработка. Особено значајни се *wang*, *özgür CL*, *agata* и *carnaroli*, бидејќи комбинираат висок удел на цели зрна со низок процент на кршен ориз.



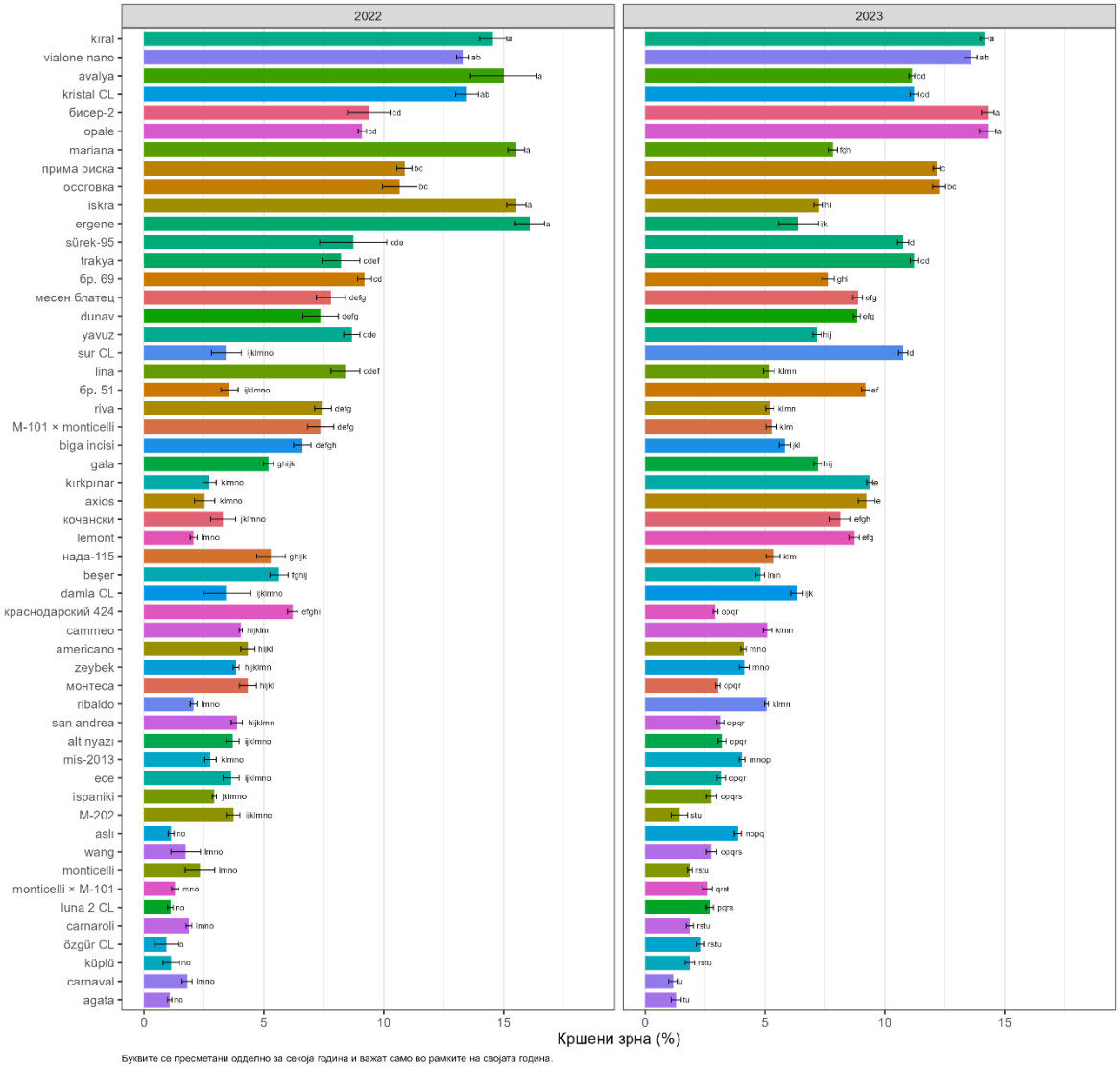
Графикон 24а. Просечни вредности за процент на кршени зрна ориз кај испитуваните генотипови



Графикон 24б. Просечни вредности за процентот на кршени зрна кај испитуваниот материјал во двете години

Просечната вредност за уделот на кршени зрна кај целиот испитуван материјал изнесуваше 6,05 % во 2022 година и 6,49 % во 2023 година (Графикон 24б), што претставува зголемување од 7,39 %. Иако зголемувањето е релативно мало во апсолутна вредност, разликата меѓу двете години беше високозначајна ($p \leq 0,001$), во согласност со ефектот на годината утврден во анализата на варијанса (Табела 8). Овој резултат покажува дека кршливоста на зрното била под влијание на условите во годината, но просечното ниво останало во релативно тесен опсег.

Приказот по години (Графикон 24в) покажува дека кај уделот на кршени зрна интеракцијата генотип × година имала речиси симетричен карактер: 29 генотипови го зголемија, а 24 го намалија уделот на кршен ориз. Притоа, кај дел од генотиповите беше забележана јасна размена на позиции меѓу технолошки поволните и неповолните групи.



Графикон 24в. Просечни вредности за процентот на кршени зрна кај испитуваните генотипови по години

Во 2022 година најмногу искршени зрна имаа *ergene* (16,1 %), *iskra* (15,5 %) и *mariana* (15,5 %), но токму овие генотипови во 2023 година го намалија уделот за 9,7, 8,3, односно 7,7 % и се поместија за околу дваесет места надолу. Наспроти тоа, *sur CL*, *axios*, *lemont* и *kırkpınar* го зголемија уделот на кршени зрна за 6,6 % до 7,3 % и се искачија за 26 до 28 места, со што се преместија од технолошки поволна кон технолошки понеповолна група. Во 2023 година највисоки вредности за ова својство имаа *opale* и *бисер-2*, со по 14,3 %, и *kıral* со 14,2 %. Најниски вредности во двете години задржаа *agata*, со 1,1 % во 2022 и 1,3 % во 2023 година, и *carnaroli*, кој со идентични 1,9 % во двете години беше најстабилен генотип за ова својство. Овие два генотипа се особено значајни од аспект на технолошкиот квалитет, бидејќи покажуваат ниска кршливост и висока повторливост на вредностите.

Со Spearman-ов коефициент $\rho = 0{,}685$ ($p \leq 0{,}001$, Табела 9), генотипските средини од двете години покажаа умерена стабилност за уделот на кршени зрна. Во потпоглавјето 5.2 за ова својство е утврдена херитабилност од 78,28 % и очекуван генетски напредок од 96,08 % од средната вредност. Високиот генетски напредок овде не треба да се

толкува како пожелно зголемување на својството, туку како можност за селекција во насока на намалување на кршливоста. Затоа, генотиповите со стабилно низок удел на кршени зрна, особено *agata* и *carnaroli*, имаат висока практична вредност за селекција на подобар технолошки квалитет.

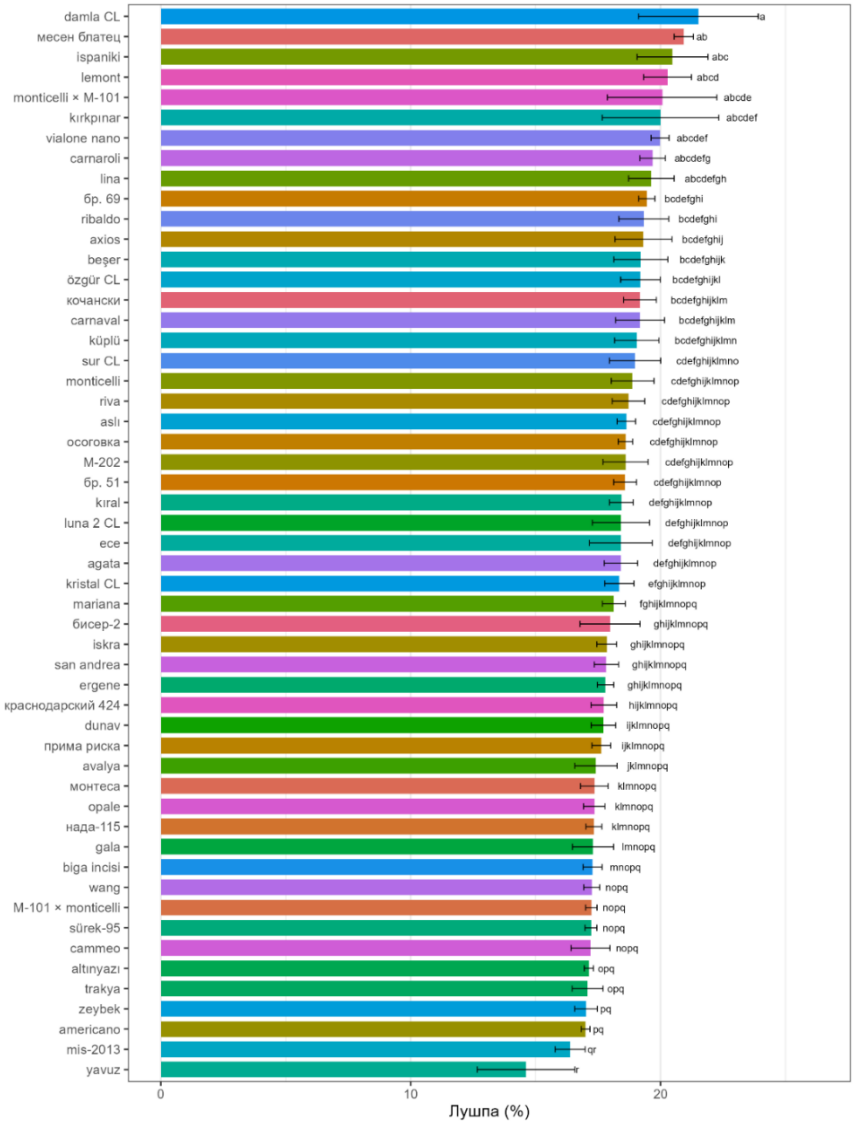
Симетричната размена меѓу двата краја на распределбата е во согласност со Bao (2019), кој укажува дека кршливоста на зрното зависи од заедничкото дејство на сортата, условите во периодот на созревање и физичката состојба на зрното во моментот на белење. Кршливоста на зрното при белење и уделот на кршени зрна се предмет на анализа и кај Virdi et al. (2019), Bao (2019), Samonte et al. (2024), Chen et al. (2023), Maneesha et al. (2024) и Dzhamirze et al. (2021).

Лушпата претставува споредна фракција што се отстранува при преработката на арпата и затоа има директно значење за рандманот на бел ориз. Повисокиот удел на лушпа значи дека помал дел од сировото зрно останува достапен за добивање бел ориз и други корисни фракции по обработката. Поради тоа, понискиот удел на лушпа може да се смета за поповолен, доколку е проследен со висок удел на цели зрна и низок процент на кршен ориз.

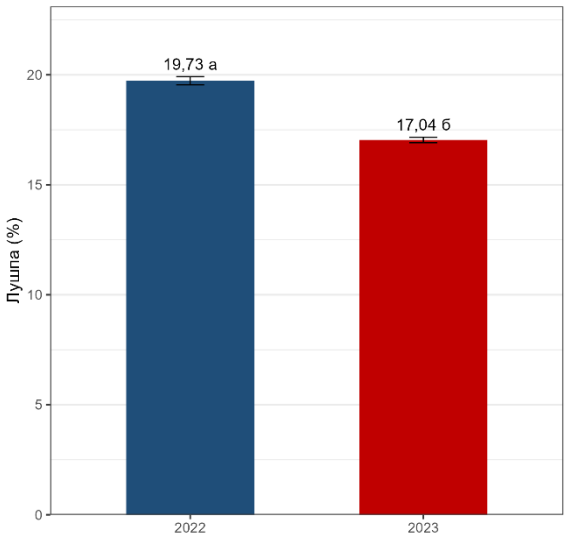
Кај испитуваните генотипови, најголем просечен удел на лушпа беше забележан кај *damla CL* (21,5 %). Вредности над 20 % беа утврдени и кај *месен блатец* (20,9 %), *ispaniki* (20,5 %), *lemont* (20,3 %), *monticelli × M-101* (20,1 %), како и кај *kırkpınar* и *vialone nano*, со по 20,0 % (Графикон 25а). Овие генотипови имаат повисок удел на лушпа, што од аспект на рандманот може да биде помалку поволно.

Најниска просечна вредност за удел на лушпа беше добиена кај генотипот *yavuz* (14,6 %). Ниски вредности беа утврдени и кај *mis-2013* (16,4 %), *dunav* (16,7 %), *americano* и *zeybek* (по 17,0 %), како и кај *trakya* и *altınyazı* (по 17,1 %). Овие генотипови имаат помал удел на лушпа во споредба со останатиот материјал, што може да биде поволно за рандманот, особено ако истовремено имаат висок процент на цели зрна.

Просечната вредност за уделот на лушпа кај целиот испитуван материјал изнесуваше 19,73 % во 2022 година и 17,04 % во 2023 година (Графикон 25б), што претставува намалување од 13,66 %. Разликата меѓу двете години беше високозначајна ($p \leq 0,001$), во согласност со ефектот на годината утврден во анализата на варијанса (Табела 8). Ова намалување е во согласност со зголемениот удел на цели зрна во 2023 година и покажува дека во таа година структурата на фракциите била поповолна од аспект на технолошка искористливост. Варирањето на фракциите по белењето меѓу годините е во согласност со Gautam et al. (2025), кои укажуваат дека технолошките показатели на зрното се условени и од условите во годината на производство.



Графикон 25а. Просечни вредности за процент на лушпа кај испитуваните генотипови



Графикон 25б. Просечни вредности за процентот на лушпа кај испитуваниот материјал во двете години

Приказот по години (Графикон 25в) покажува дека уделот на лушпа бил едно од својствата со најизразено преуредување на редоследот меѓу генотиповите. Кај 50 генотипови уделот на лушпа се намали, а само кај три се зголеми. Поради ваквата речиси општа насока на промена, генотиповите што не го следеле овој тренд автоматски се поместиле кон горниот дел на распределбата.



Графикон 25в. Просечни вредности за процентот на лушпа кај испитуваните генотипови по години

Најголема промена беше забележана кај *бисер-2*, кој во 2022 година имаше најнизок удел на лушпа, 15,6 %, а во 2023 година го зголеми на 20,4 %. Тоа претставува зголемување од 4,8 % и поместување за 51 место нагоре. Слично се однесуваа *монтеса* (+1,9 %, 44 места нагоре) и *M-101* × *monticelli* (+0,3 %, 35 места нагоре). Најголемо намалување беше утврдено кај *damla CL* (-10,3 %), *kırkpınar* (-10,1 %, 50 места надолу) и *monticelli* × *M-101* (-9,6 %, 47 места надолу), односно кај генотиповите што во 2022 година имаа највисок удел на лушпа.

Во 2023 година највисок удел на лушпа имаше *месен блатец* (20,5 %), а најнизок *yavuz* (10,3 %). Најмала промена покажаа *осоговка* и *M-101* × *monticelli*, кај кои разликата меѓу годините беше под 0,3 %. И покрај ваквите поединечни стабилни вредности, вкупниот редослед на генотиповите за ова својство беше многу нестабилен.

Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од двете години изнесуваше ρ = 0,056 и не беше статистички значајна (Табела 9), што го вбројува уделот на лушпа во групата својства со ниска стабилност. Ова значи дека редоследот на генотиповите речиси воопшто не се повторил меѓу 2022 и 2023 година.

Кај ова својство генотипската варијанса беше негативна, поради што херитабилноста не беше проценлива. Ниската повторливост меѓу годините претставува независна потврда дека уделот на лушпа во овој материјал е силно зависен од интеракцијата генотип × година и има ограничена вредност како самостоен селекциски критериум.

Дека уделот на лушпа е меѓу технолошките показатели со најслаба повторливост меѓу годините е во согласност со Gautam et al. (2025), кои укажуваат дека дел од показателите на преработката се силно условени од годината на производство. До слични констатации дошле и Bao (2019), Zhou et al. (2019), Dzhamirze et al. (2021) и Chen et al. (2023).

Процентот на трици претставува фракција што се добива при белењето на оризот и е поврзана со периферните слоеви на зрното. Од технолошки аспект, умереният удел на трици е очекуван, но неговото зголемување може да го намали уделот на бел ориз. Затоа, ова својство треба да се разгледува заедно со уделот на цели зрна, кршени зрна и лушпа, а не изолирано.

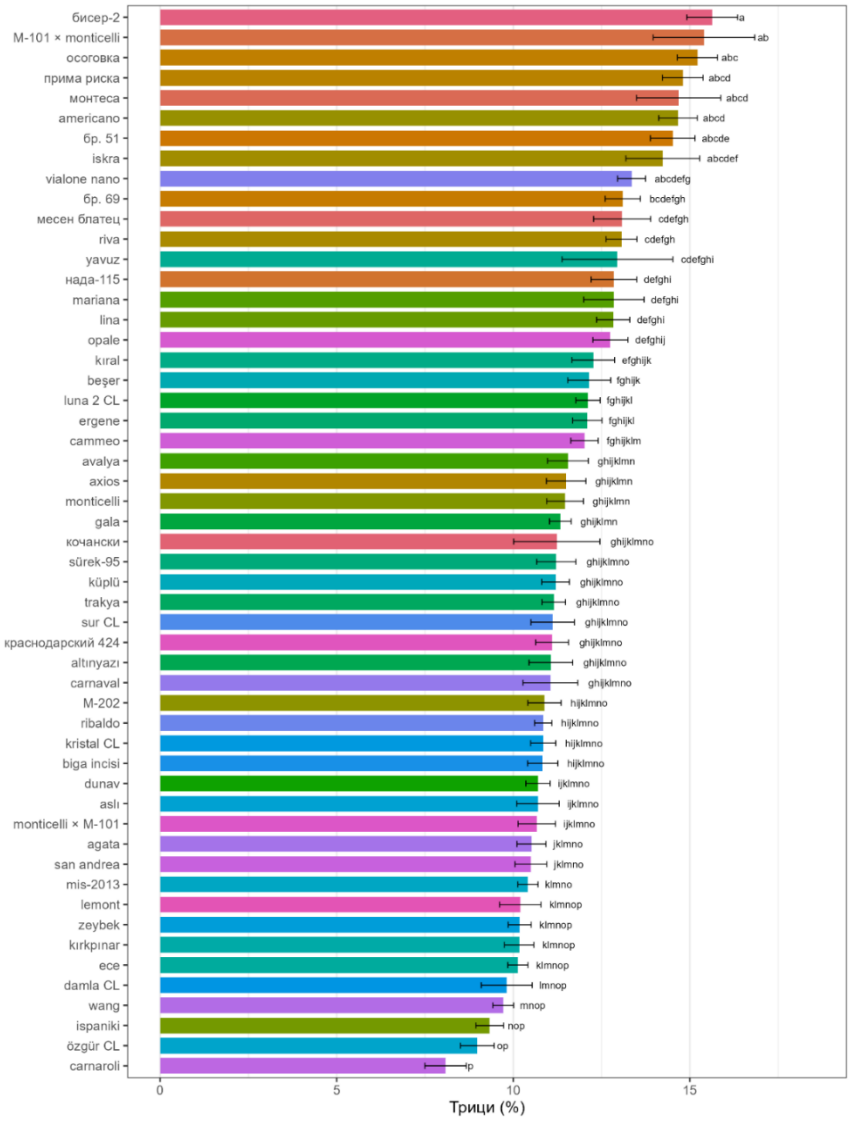
Кај испитуваните генотипови процентот на трици се движеше од 8,1 % до 15,6 % (Графикон 26а), што покажува различна застапеност на оваа фракција во анализираниот материјал. Највисока просечна вредност беше утврдена кај *бисер-2* (15,6 %), по што следуваа *M-101 × monticelli* (15,4 %), *осоговка* (15,2 %), *прима риска* (14,8 %), *монтеса* и *americano* (по 14,6 %), *бр. 51* (14,5 %) и *iskra* (14,3 %). Овие генотипови се издвојуваат со поголем удел на трици, што може да биде поврзано со поголема застапеност на периферните слоеви на зрното или со различна реакција на зрното при белење.

Најниска просечна вредност (8,1 %) за уделот на трици беше утврдена кај *carnaroli*. Ниски просечни вредности беа забележани и кај *özgür CL* (9,0 %), *ispaniki* (9,3 %), *wang* (9,7 %), *damla CL* (9,8%), *ece* (10,1 %), како и кај *zeybek*, *kırkpınar* и *lemont*, со по 10,2 %. Генотиповите со понизок удел на трици може да имаат поволен технолошки профил доколку истовремено задржуваат висок удел на цели зрна и низок процент на кршен ориз. Таков однос особено се забележува кај *wang*, *özgür CL*, *carnaroli* и *zeybek*.

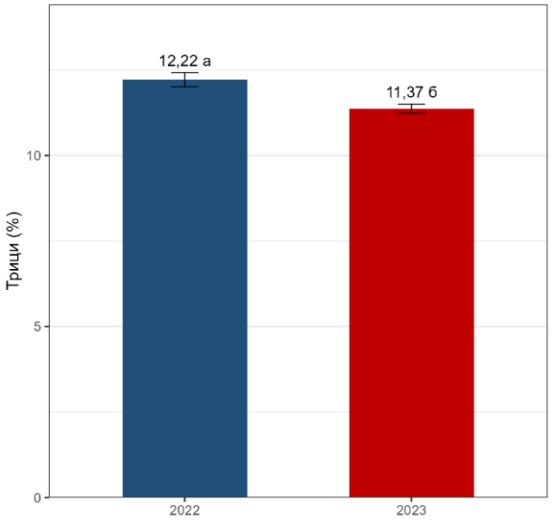
Просечната вредност за уделот на трици кај целиот испитуван материјал изнесуваше 12,22 % во 2022 година и 11,37 % во 2023 година (Графикон 26б), што претставува намалување од 6,97 %. Разликата меѓу годините беше статистички високозначајна ($p \leq 0{,}001$), во согласност со ефектот на годината утврден во анализата на варијанса (Табела 8). Ова намалување, заедно со понискиот удел на лушпа и повисокиот удел на цели зрна во 2023 година, покажува дека во таа година структурата на фракциите била поповолна. Варирањето на фракциите по белењето меѓу годините е во согласност со Gautam et al. (2025), кои укажуваат дека технолошките показатели на зрното се условени и од условите во годината на производство.

Приказот по години (Графикон 26в) покажува дека уделот на трици се намали кај 39 генотипови, но неколку изразени исклучоци го преуредија горниот дел од распределбата. Најголем пораст беше забележан кај *yavuz*, кај кој уделот на трици се зголеми од 9,5 % во 2022 година на 16,4 % во 2023 година. Тоа претставува зголемување од 6,9 %, односно 72 %, со поместување за 46 места нагоре и заземање

на првото место во 2023 година. Слично реагираше и *кочански*, со зголемување од 4,7 % и поместување за 45 места нагоре, како и *damla CL*, со зголемување од 3,2 % и 28 места нагоре.



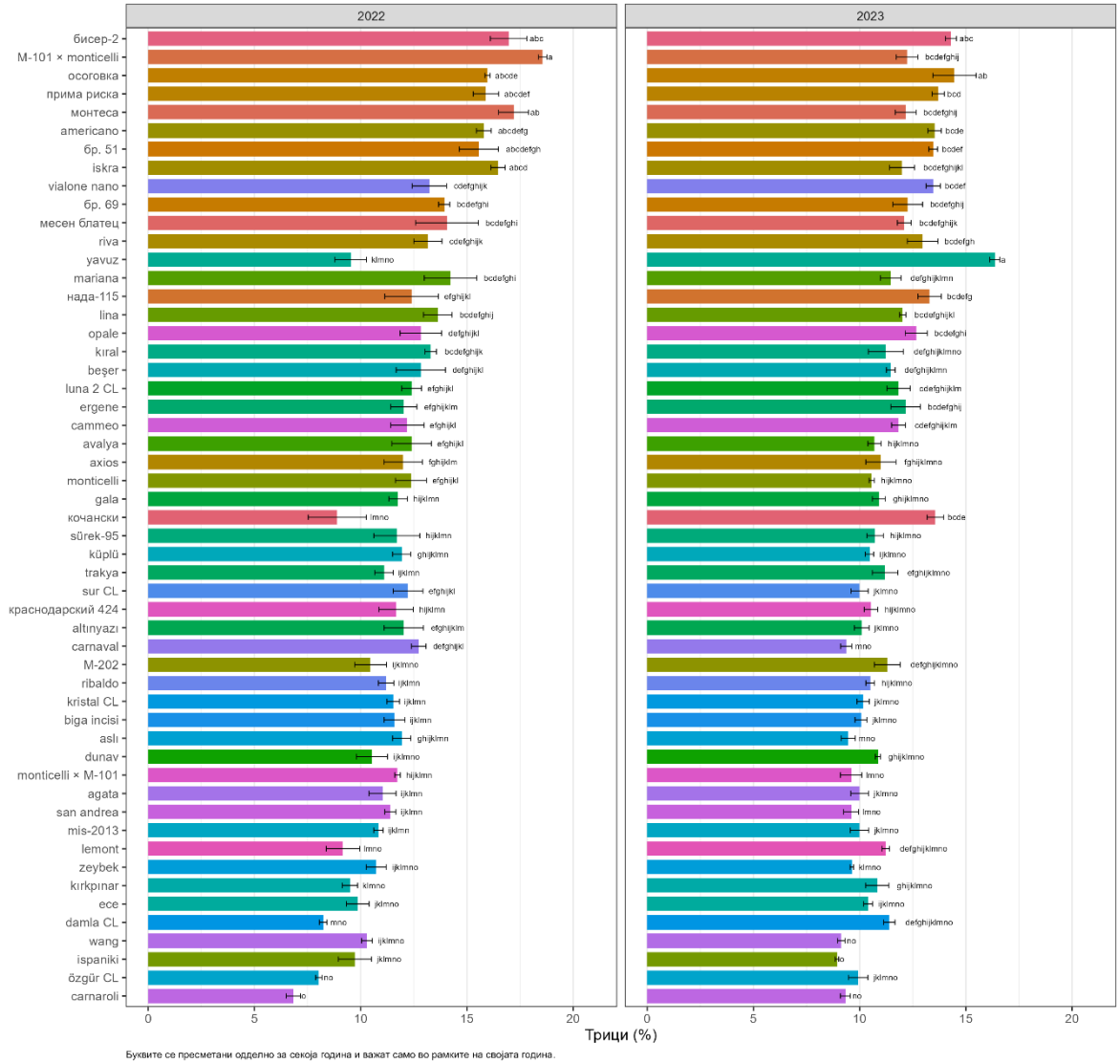
Графикон 26а. Просечни вредности за процент на трици кај испитуваните генотипови



Графикон 26б. Просечни вредности за процентот на трици кај испитуваниот материјал во двете години

Најголемо намалување на уделот на трици беше забележано кај *M-101* × *monticelli* (-6,3 %) и *монтеса* (-5,0 %), кои во 2022 година беа на врвот со 18,6 %, односно 17,2 %, како и кај *iskra* (-4,5 %). Во 2023 година најнизок удел на трици имаа *ispaniki* (8,9 %) и *wang* (9,1 %). Најрамномерни вредности меѓу двете години покажаа *trakya* (11,1 наспроти 11,2 %), *ergene* и *opale*, кај кои разликата не надмина 0,2 %.

Ранговата споредба на генотипските средини од двете години покажа умерена стабилност за уделот на трици (Spearman-ов коефициент $\rho = 0{,}562$, $p \leq 0{,}001$, Табела 9). Во потпоглавјето 5.2. за ова својство е утврдена херитабилност од 60,21 % и очекуван генетски напредок од 18,14 % од средната вредност. Овие вредности укажуваат на умерен селекциски потенцијал.



Графикон 26в. Просечни вредности за процентот на трици кај испитуваните генотипови по години.

Изразените поединечни отстапувања кај уделот на трици се во согласност со Bao (2019), Virdi et al. (2019), Zhou et al. (2019), Chen et al. (2023), Samonte et al. (2024) и Gautam et al. (2025), кои истакнуваат дека дебелината на периферните слоеви на зрното и нивното отстранување при белењето значително варираат меѓу сортите и меѓу годините.

Сумирано, најповолен однос на фракциите по белењето покажаа *agata*, *özgür CL*, *carnaroli*, *wang* и *zeybek*, кои комбинираат висок удел на цели зрна со низок процент на кршен ориз. Овие генотипови може да се издвојат како технолошки поповолни за преработка, бидејќи обезбедуваат поголем удел на пазарно повредната фракција и помали загуби преку кршење на зрната. Дополнително, кај *carnaroli*, *özgür CL*, *wang* и *zeybek* беше забележан и понизок удел на трици, додека *zeybek* се издвојува и со понизок удел на лушпа.

Наспроти нив, *vialone nano*, *бисер-2*, *осоговка*, *kıral*, *прима риска*, *iskra* и *mariana* имаа понизок удел на цели зрна и повисок процент на кршен ориз, што укажува на помалку поволен рандмански профил. Овие резултати покажуваат дека технолошката вредност

на генотиповите треба да се оценува преку заедничко разгледување на сите фракции, а не само преку еден показател. Најповолни за преработка се генотиповите кои истовремено имаат висок удел на цели зрна, низок удел на кршен ориз и умерен до низок удел на споредните фракции. Andreevska et al. (2017) при анализа на домашни и интродуирани сорти ориз во Македонија утврдиле удел на цели зрна од 39,0 до 63,9 %, кршени зрна од 3,6 до 20,7 %, трици од 11,0 до 19,9 % и лушпа од 17,9 до 22,15 %. Во однос на тие податоци, дел од генотиповите во ова истражување покажуваат повисок удел на цели зрна, што укажува на поволна технолошка вредност на дел од испитуваниот материјал.

5.2. Параметри на варијабилност, наследност и селекциски потенцијал кај квантитативните својства

По анализата на просечните вредности, опсегот на варирање и реакцијата на генотиповите по години, во ова поглавје се разгледани параметрите што овозможуваат подлабока процена на природата на утврдената варијабилност. За таа цел беа анализирани коефициентот на варијација, генотипскиот и фенотипскиот коефициент на варијација, херитабилноста во поширока смисла и очекуваниот генетски напредок како процент од средната вредност.

Овие параметри имаат посебно значење за селекцијата на растенијата, бидејќи овозможуваат да се процени дали разликите меѓу генотиповите произлегуваат, главно, од нивната генетска основа или се во поголема мера условени од факторите на средината. Истовремено, тие овозможуваат издвојување на својства кај кои директната селекција може да биде поефикасна, како и својства кај кои фенотипската вредност треба да се толкува повнимателно и да се потврди во повеќе години.

Проценките во ова истражување се засноваат на очекуваните средини на квадрати од двофакторијалниот модел со генотип и година, при што генотипската варијанса е ослободена од компонентата на интеракцијата. Овој пристап е методолошки посоодветен од процена врз едноставно обединети податоци, бидејќи овозможува појасно разграничување на генотипската варијабилност од варирањето предизвикано од годината и од интеракцијата генотип × година. Сепак, кај својствата со изразена интеракција генотип × година, проценката на генотипската варијанса може да стане нестабилна, а кај дел од својствата и негативна. Затоа добиените вредности треба да се толкуваат како ориентациски проценки, валидни за конкретните услови на испитување, односно за две години и една локација.

Ваквото ограничување е важно при интерпретацијата на селекцискиот потенцијал. Modarresi (2026) укажува дека кај локални генотипови ориз проценките на херитабилноста и генетскиот напредок може значително да вариратат во зависност од бројот на средини вклучени во анализата, додека, Singh Yadav et al. (2024) нагласуваат дека високата херитабилност има практична селекциска вредност само кога е придружена со соодветно висок генетски напредок. Поради тоа, во ова поглавје параметрите не се толкуваат изолирано, туку збирно, со цел да се добие пореална процена на селекциската вредност на секое својство.

5.2.1. Коефициент на варијација кај квантитативните својства

Коефициентот на варијација претставува показател за релативниот степен на фенотипска варијабилност и овозможува споредба меѓу својства изразени во различни мерни единици. Во ова истражување, CV беше користен како почетен показател за ширината на фенотипската варијација кај анализираните квантитативни својства кај

оризот. Добиените вредности, прикажани на Графикон 27, покажуваат дека испитуваните својства значително се разликуваат според степенот на варирање.

Најизразена варијабилност беше утврдена кај бројот на непродуктивни метлички/m², со CV = 115,05 %. Оваа исклучително висока вредност укажува на многу широк опсег на фенотипско варирање меѓу генотиповите за ова својство. Високи вредности беа утврдени и кај уделот на кршен ориз (CV = 65,93 %) и кај бројот на непродуктивни зрна во метличка (CV = 49,48 %). Кај овие својства високата варијабилност не се толкува како пожелна насока на селекција, туку како можност за издвојување генотипови со пониски и поповолни вредности, особено за непродуктивните компоненти и кршливоста на зрното.

За уделот на кршен ориз, Adjah et al. (2020) утврдиле нешто пониска вредност за CV од 49,84 % кај 100 примероци ориз. Иако оваа вредност е пониска од добиената во ова истражување, и двата резултати потврдуваат дека кршењето на зрната при обработка може да покаже изразена варијабилност меѓу генотиповите. Тоа ја нагласува потребата уделот на кршен ориз да се вклучи како важен технолошки показател при оценување на квалитетот на зрното.

Кај производните својства беше утврден умерен до повисок степен на варијабилност. Во оваа група спаѓаат приносот на слама (CV = 35,61 %), масата на продуктивните зрна во метличка (CV = 32,02 %), масата на метличка (CV = 29,84 %), бројот на продуктивни зрна во метличка (CV = 27,13 %), приносот на зрно (CV = 26,65 %), масата на продуктивните метлички (CV = 26,13 %), бројот на продуктивни метлички/m² (CV = 24,76 %), биолошкиот принос (CV = 24,34 %) и жетвениот индекс (CV = 22,61 %). Овие вредности покажуваат дека производните показатели имаат поширок опсег на фенотипска варијација во споредба со фенолошките својства, што е очекувано бидејќи станува збор за комплексни квантитативни својства зависни од повеќе компоненти на растот, развојот и формирањето на приносот.

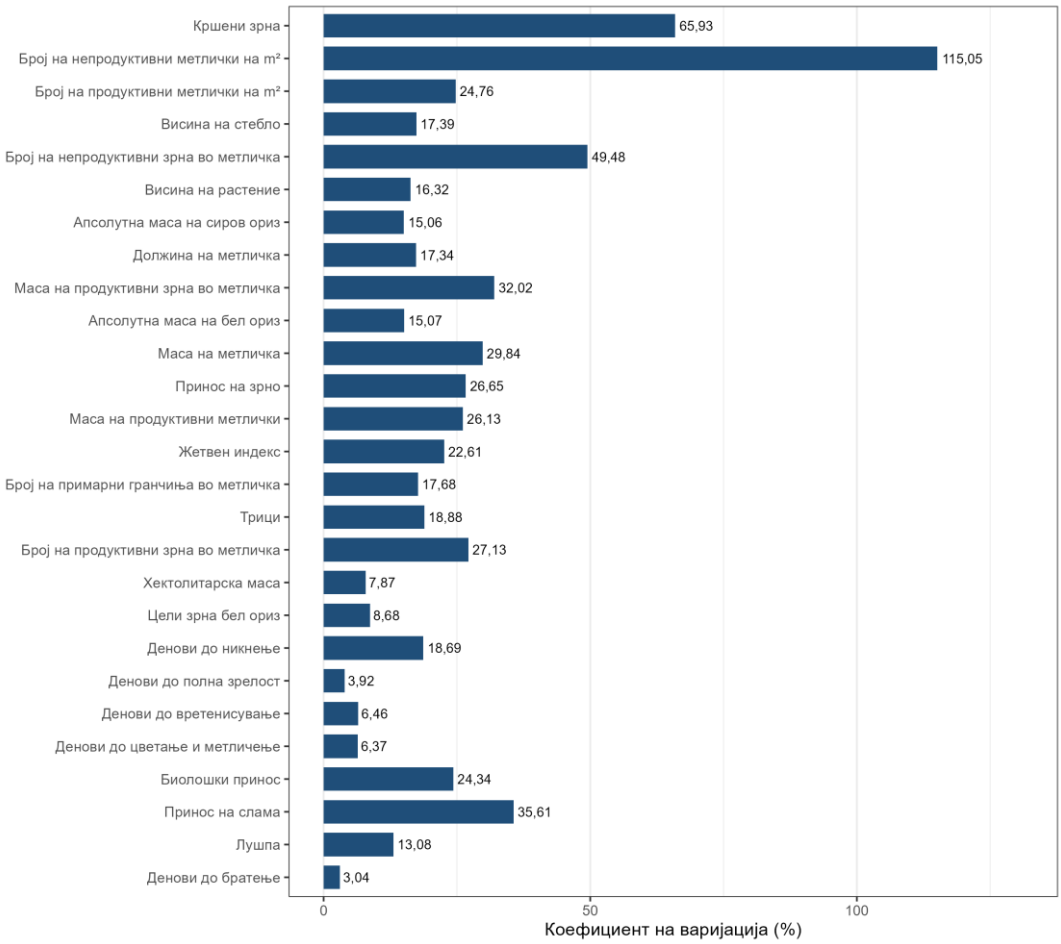
Добиената варијабилност за приносот на зрно е блиска со резултатите на Devkota et al. (2023), кои утврдиле CV = 28,4 %, и Khanal et al. (2025), со CV = 22,48 %. Нешто пониска вредност за истото својство (CV = 19,84 %) е наведена од *Beşer* et al. (2015). Овие споредбени податоци потврдуваат дека приносот на зрно кај оризот најчесто покажува умерена до повисока варијабилност, што е разбирливо бидејќи претставува интегрален показател зависен од повеќе приносни компоненти и од условите на средината.

За приносот на слама, Khanal et al. (2025) прикажале CV = 24,04 %, што е пониско од вредноста добиена во ова истражување, но сепак укажува на значајна варијабилност за истото својство. Кај истите автори, масата на метличка имала CV = 13,06 %, што е значително пониско од добиената вредност во ова истражување. Варирањето кај бројот на продуктивни метлички/m² може да се спореди и со резултатите на *Beşer* et al. (2015), кои утврдиле CV = 12,73 %, како и со добиената вредност за биолошки принос (CV = 17,72 %). Повисоките вредности добиени во ова истражување укажуваат на поширока фенотипска варијабилност на испитуваниот материјал и на поголеми можности за издвојување генотипови со различен производен потенцијал.

Пониски вредности на коефициентот на варијација беа утврдени кај дел од морфолошките, технолошките и фенолошките својства. Во оваа група спаѓаат висината на растението (CV = 16,32 %), должината на метличката (CV = 17,34 %), апсолутната маса на сиров ориз (CV = 15,06%), апсолутната маса на бел ориз (CV = 15,07 %), уделот на цели зрна бел ориз (CV = 8,68 %) и хектолитарската маса (CV =

7,87 %). Овие вредности покажуваат дека физичките и технолошките својства на зрното, особено уделот на цели зрна и хектолитарската маса, варираат во потесен опсег во споредба со производните показатели.

За висината на растението, Devkota et al. (2023) наведуваат CV = 4,0 %, Khanal et al. (2025) CV = 6,99 %, а Beşer et al. (2015) CV = 5,82 %. Овие вредности се пониски од добиената вредност во ова истражување, но го потврдуваат општиот заклучок дека висината на растението најчесто покажува пониска до умерена варијабилност. За должината на метличката, Devkota et al. (2023) утврдиле CV = 4,2 %, Khanal et al. (2025) CV = 6,65 %, а Beşer et al. (2015) CV = 6,71 %. Во ова истражување вредноста е повисока, што укажува на поширока морфолошка разновидност на испитуваните генотипови.



Графикон 27. Коефициент на варијација кај квантитативните својства

За апсолутната маса на зрното, Devkota et al. (2023) прикажале CV = 8,9 %, Khanal et al. (2025) CV = 8,91 %, а Beşer et al. (2015) CV = 4,63 %. Во однос на уделот на цели зрна бел ориз, Beşer et al. (2015) утврдиле CV = 12,53 % за принос на цели зрна бел ориз, за разлика од Adjah et al. (2020) кај кои ова својство имало CV = 22,63 %. Во ова истражување, уделот на цели зрна имаше пониска вредност, CV = 8,68 %, што покажува дека ова технолошко својство било релативно постабилно во анализираниот материјал.

Најниски вредности на CV беа утврдени кај фенолошките својства, како бројот на денови до вретенисување (CV = 6,46 %), бројот на денови до метличење и цветање (CV = 6,37 %), бројот на денови до полна зрелост (CV = 3,92 %) и бројот на денови до братење (CV = 3,04 %). Ниската варијабилност кај овие својства укажува на релативно изедначена развојна динамика кај испитуваните генотипови, односно на помал опсег на фенотипско варирање во времетраењето на основните развојни фази.

За бројот на денови до полна зрелост, директна споредба може да се направи со Devkota et al. (2023), кои за број на денови до 85 % зрелост утврдиле CV = 2,8 %, како и со *Beşer* et al. (2015), кај кои ова својство имало CV = 1,02%. Овие вредности се блиски со добиената вредност за полна зрелост во ова истражување (CV = 3,92 %) и потврдуваат дека ова истото најчесто се одликува со ниска варијабилност.

Во целина, резултатите покажуваат дека степенот на фенотипска варијабилност зависи од природата на својството. Фенолошките својства, особено бројот на денови до зрелост, покажуваат најниска варијабилност. Морфолошките својства како висина на растение и должина на метличка имаат ниска до умерена варијабилност, додека производните својства, како принос на зрно, принос на слама, број на продуктивни метлички/m², маса на метличка и биолошки принос, покажуваат поголем степен на варирање. Ваквата распределба покажува дека испитуваниот материјал поседува значајна фенотипска варијабилност кај повеќе важни својства за селекција кај оризот.

5.2.2. Генотипски и фенотипски коефициент на варијација

Генотипскиот и фенотипскиот коефициент на варијација овозможуваат да се направи разлика меѓу наследниот и вкупниот фенотипски дел од варијабилноста. Додека GCV го прикажува релативниот обем на генотипската варијација, PCV ја опфаќа вкупната фенотипска варијација, односно генетската компонента заедно со влијанието на средината. Затоа споредбата меѓу овие два параметра е важна за процена на тоа колку фенотипската експресија на својството ја одразува реалната генетска варијабилност.

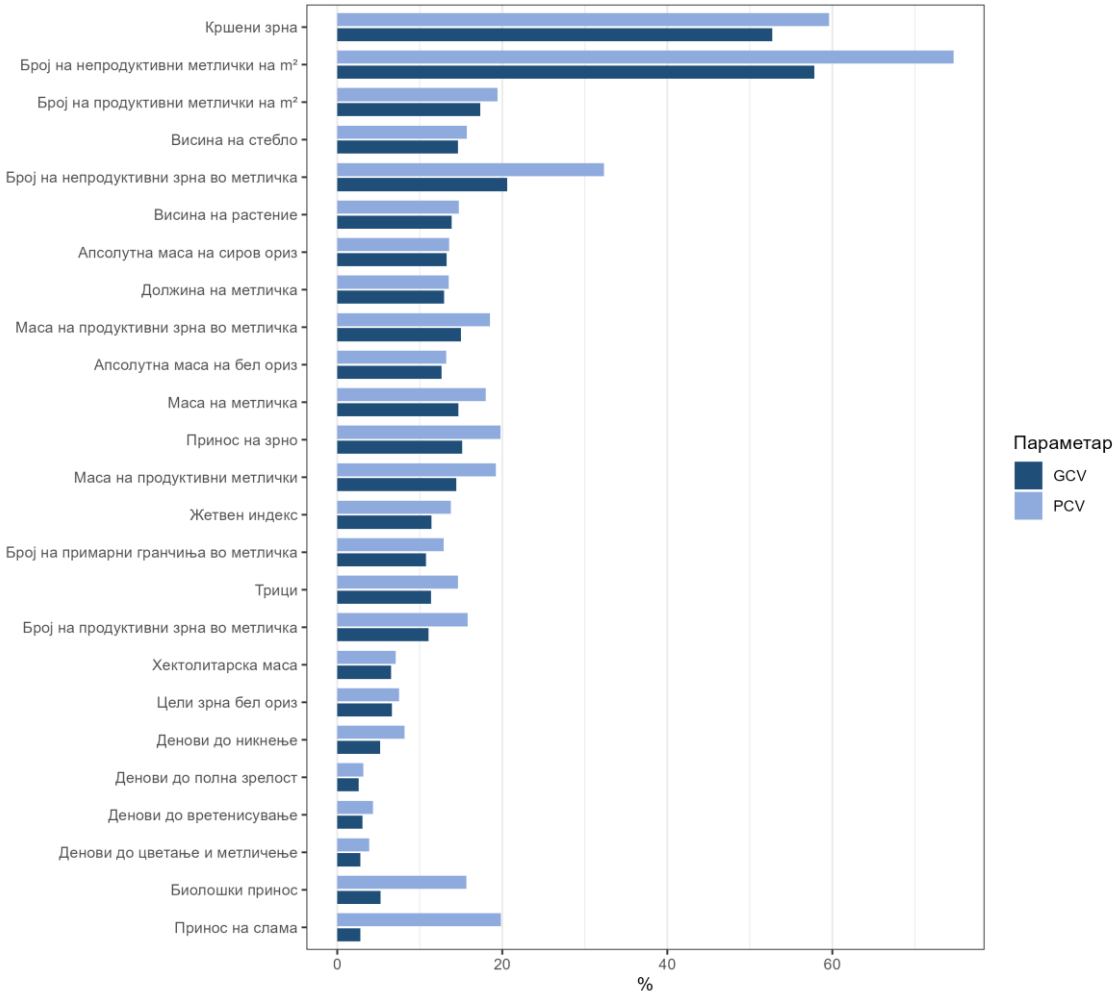
Варијабилноста претставува основен предуслов за успешна селекциска програма, бидејќи изборот на супериорни генотипови е можен само ако во испитуваниот материјал постои доволен опсег на генетско варирање. Според Teja et al. (2023), степенот на генетска варијабилност кај избраните генотипови има важна улога во проценката на нивниот селекциски потенцијал, бидејќи поголемата наследна варијација овозможува поширок можности за избор и подобрување на посакуваните својства.

Во ова истражување, кај сите анализирани својства фенотипскиот коефициент на варијација беше повисок од генотипскиот коефициент на варијација. Тоа покажува дека, покрај генетската компонента, во фенотипската експресија на својствата одредено влијание имале и условите на средината. Сепак, кај дел од својствата разликата меѓу GCV и PCV беше мала, што укажува дека фенотипската варијација во поголема мера ја одразува генотипската варијабилност и дека овие својства се пососодветни за фенотипска селекција.

Најнизок степен на генетска и фенотипска варијабилност беше утврден кај фенолошките својства, и тоа кај бројот на денови до полна зрелост (GCV = 2,60 %; PCV = 3,14 %), бројот на денови до вретенисување (GCV = 3,04 %; PCV = 4,31 %), бројот на денови до метличење и цветање (GCV = 2,78 %; PCV = 3,89 %) и бројот на денови до никнење (GCV = 5,17 %; PCV = 8,14 %) (Графикон 28). Ниските вредности на двата коефициента покажуваат дека времетраењето на основните развојни фази

имало помал опсег на генотипско и фенотипско варирање, односно дека развојната динамика на испитуваните генотипови била релативно изедначена.

Слични резултати се прикажани од Adhikari et al. (2018), кај кои деновите до цветање имале GCV = 5,34 % и PCV = 5,68 %, а деновите до зрелост GCV = 4,22 % и PCV = 4,76 %. Ниска варијабилност за денови до зрелост утврдиле и Devkota et al. (2023), со GCV = 4,98 % и PCV = 5,72 %, додека Khanal et al. (2025) за денови до цветање прикажале блиски вредности на GCV и PCV, 6,99 % и 7,07 %, соодветно. Овие податоци ја потврдуваат релативната стабилност на фенолошките својства во споредба со производните показатели.



Графикон 28. Генетски и фенотипски коефициент на варијација по својства

Ниска до умерена варијабилност беше утврдена кај дел од морфолошките и технолошките својства. Уделот на цели зрна бел ориз (GCV = 6,62 %; PCV = 7,48 %) и хектолитарската маса (GCV = 6,53 %; PCV = 7,09 %) имаа ниски вредности. Умерени вредности беа добиени кај апсолутната маса на бел ориз (GCV = 12,63 %; PCV = 13,21 %), апсолутната маса на сиров ориз (GCV = 13,24 %; PCV = 13,57 %), должината на метличката (GCV = 12,97 %; PCV = 13,52 %), уделот на трици (GCV = 11,35 %; PCV = 14,63 %), висината на растението (GCV = 13,87 %; PCV = 14,75 %) и висината на стеблото (GCV = 14,64 %; PCV = 15,68 %).

Кај должината на метличката, добиената вредност е блиска со резултатите на Devkota et al. (2023), кои за истото својство прикажале GCV = 14,70 % и PCV = 15,29 %, додека Khanal et al. (2025) утврдиле пониски вредности, GCV = 7,47 % и PCV = 8,40 %. За висината на растението, Devkota et al. (2023) прикажале GCV = 12,25 % и PCV = 12,87 %, што е блиско до вредностите добиени во ова истражување. Во однос на уделот на цели зрна бел ориз, Adjah et al. (2020) констатирале GCV = 11,2 % и PCV = 25,3 %; во споредба со тие резултати, добиената PCV вредност во ова истражување е значително пониска.

Кај производните својства беше утврдена умерена варијабилност, но со различен однос меѓу GCV и PCV. Биолошкиот принос имаше GCV = 5,25 % и PCV = 15,64 %, бројот на продуктивни зрна во метличка GCV = 11,07 % и PCV = 15,80 %, масата на метличка GCV = 14,70 % и PCV = 17,98 %, масата на продуктивните зрна во метличка GCV = 14,98 % и PCV = 18,53 %, масата на продуктивните метлички GCV = 14,44 % и PCV = 19,23 %, бројот на продуктивни метлички/m² GCV = 17,31 % и PCV = 19,43 %, приносот на зрно GCV = 15,14 % и PCV = 19,77 %, жетвениот индекс GCV = 11,39 % и PCV = 13,76 %, а приносот на слама GCV = 2,80 % и PCV = 19,81 %.

Овие вредности покажуваат дека производните својства имаат поголема варијабилност во споредба со фенолошките, што е очекувано бидејќи претставуваат комплексни квантитативни показатели зависни од повеќе компоненти на растот и приносот. Сепак, разликата меѓу GCV и PCV не беше еднаква кај сите производни својства. Кај бројот на продуктивни метлички/m², масата на метличка, масата на продуктивните зрна, приносот на зрно и масата на продуктивните метлички, разликата беше умерена, што укажува на присуство на генотипска варијабилност со селекциско значење. Наспроти тоа, кај биолошкиот принос и особено кај приносот на слама, PCV беше многу повисок од GCV, што покажува дека фенотипската експресија на овие својства во голема мера била под влијание на средината.

Слична варијабилност за масата на метличка прикажале Khanal et al. (2025), со GCV = 16,79 % и PCV = 18,41 %. За приносот на слама истите автори утврдиле GCV = 16,65 % и PCV = 21,44 %. За бројот на продуктивни метлички/m², Adhikari et al. (2018) прикажале GCV = 9,01 % и PCV = 20,95 %, додека за бројот на продуктивни зрна во метличка GCV = 8,48 % и PCV = 22,45 %. Овие споредби покажуваат дека односот меѓу генотипската и фенотипската варијација кај производните својства може значително да се менува во зависност од генетскиот материјалот, средината и начинот на испитување.

Највисоки вредности на фенотипскиот коефициент на варијација, придружени со различен степен на генотипска варијабилност, беа утврдени кај бројот на непродуктивни зрна во метличка (GCV = 20,61 %; PCV = 32,33 %), уделот на кршен ориз (GCV = 52,72 %; PCV = 59,58 %) и бројот на непродуктивни метлички/m² (GCV = 57,83 %; PCV = 74,71 %). Кај уделот на кршен ориз и бројот на непродуктивни метлички/m² високите вредности и на двата коефициента покажуваат дека изразената фенотипска варијабилност во значителна мера е поврзана со генотипската варијабилност. Високата варијабилност кај уделот на кршен ориз е во согласност со Adjah et al. (2020), кои за процент на кршени зрна ориз утврдиле GCV = 20,9 % и PCV = 54,0 %.

Особено високите вредности на GCV и PCV кај бројот на непродуктивни метлички/m² и бројот на непродуктивни зрна во метличка треба да се толкуваат внимателно. Тие не означуваат пожелна варијабилност, туку покажуваат дека постои широк опсег меѓу

генотиповите и можност за селекција во насока на нивно намалување. Кај ваквите показатели селекцискатa цел е намалување на непродуктивните компоненти, бидејќи тие можат негативно да влијаат врз ефикасноста на формирањето на приносот.

Имајќи ги предвид горенаведените резултати, GCV и PCV претставуваат важна почетна основа за процена на варијабилноста, но нивното селекциско значење треба да се толкува заедно со херитабилноста, генетскиот напредок и стабилноста на својствата меѓу годините.

5.2.3. Херитабилност во поширока смисла

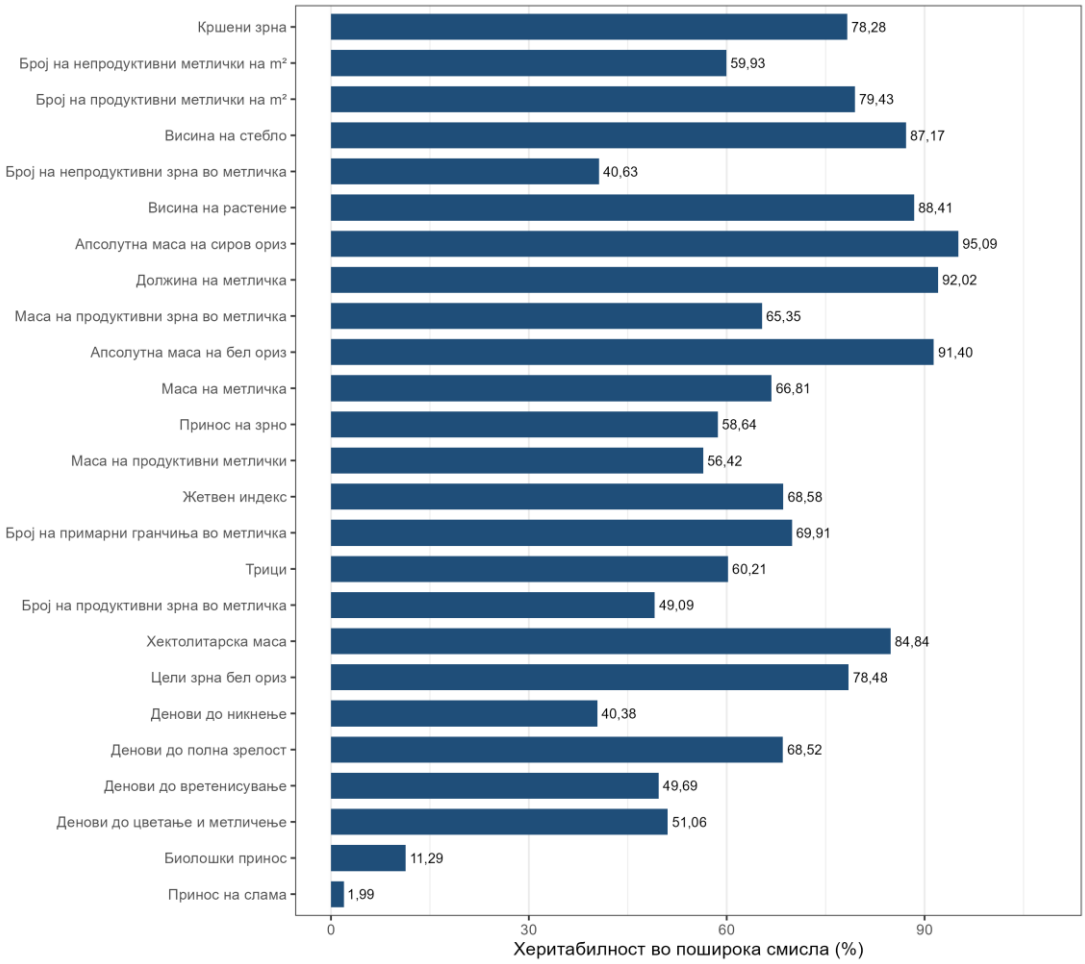
Херитабилноста во поширока смисла претставува однос меѓу генотипската и фенотипската варијанса и покажува колкав дел од вкупната фенотипска варијабилност на едно својство се должи на генетските фактори. Во поширока смисла, H^2 ги опфаќа сите генетски ефекти (адитивни, доминантни и епистатски) и затоа дава општа процена на наследната условеност на својството. Во согласност со класификацијата применета кај Islam et al. (2015), вредностите за херитабилност се толкуваат како ниски (<30 %), умерени (30 – 60 %) и високи (>60 %).

Проценката на херитабилноста има значење во селекцијата, бидејќи овозможува да се согледа во која мера фенотипските разлики меѓу генотиповите се условени од наследни фактори, а во која мера од влијанието на надворешната средина. Повисоките вредности на H^2 укажуваат дека фенотипскиот израз на својството во поголема мера го одразува генотипот, поради што изборот врз основа на фенотипот може да биде посигурен. Сепак, кај комплексните полигенски својства, како приносот на зрно, херитабилноста често е пониска или умерена, бидејќи тие се контролирани од поголем број гени и се под силно влијание на факторите на надворешната средина (Xing & Zhang, 2010; Modarresi, 2026).

Од податоците прикажани на Графикон 29 може да се забележи широк распон на вредностите за H^2, од 1,99 % до 95,09 %. Овој распон покажува дека анализираните својства значително се разликуваат според степенот на генетска контрола и според чувствителноста кон факторите на средината.

Највисока херитабилност беше утврдена кај апсолутната маса на сиров ориз (95,09 %), должината на метличката (92,02 %), апсолутната маса на бел ориз (91,40 %), висината на растението (88,41 %) и висината на стеблото (87,17 %). Високите вредности кај овие својства покажуваат дека нивната фенотипска експресија во голема мера е условена од генетските разлики меѓу испитуваните генотипови. Поради тоа, тие може да се сметаат за релативно стабилни својства и погодни показатели за фенотипска селекција.

Висока херитабилност беше добиена и кај хектолитарската маса (84,84 %), бројот на продуктивни метлички/m² (79,43 %), уделот на цели зрна бел ориз (78,48 %), уделот на кршен ориз (78,28 %), бројот на примарни гранчиња во метличка (69,91 %), жетвениот индекс (68,58 %), бројот на денови до полна зрелост (68,52 %), масата на метличката (66,81 %), масата на продуктивни зрна во метличка (65,35 %) и уделот на трици (60,21 %). Овие резултати покажуваат дека дел од продуктивните и технолошките својства, како и одделни фенолошки својства, имаат значајна генетска компонента во вкупната варијабилност. Кај овие својства, селекцијата врз основа на фенотипот може да биде поефикасна, особено доколку е придружена со процена на генетскиот напредок и стабилноста на својствата во различни години.



Графикон 29. Херитабилност во поширока смисла H² (%)

Умерена херитабилност беше утврдена кај бројот на непродуктивни метлички/m² (59,93 %), приносот на зрно (58,64 %), масата на продуктивни метлички (56,42 %), бројот на денови до метличење и цветање (51,06 %), бројот на денови до вретенисување (49,69 %), бројот на продуктивни зрна во метличка (49,09 %), бројот на непродуктивни зрна во метличка (40,63 %) и бројот на денови до никнење (40,38 %). Кај овие својства фенотипската варијабилност е резултат и на генетски и на влијанија на условите на средината. Тоа значи дека директната селекција може да биде корисна, но треба да се спроведува со поголема претпазливост и да се потврдува преку повеќегодишни податоци.

Посебно внимание заслужува приносот на зрно, кај кој беше утврдена умерена херитабилност од 58,64 %. Ова покажува дека приносот има значајна генетска компонента, но истовремено е силно зависен од условите на годината и од повеќе меѓусебно поврзани компоненти. Затоа, приносот на зрно не треба да се користи како единствен селекциски критериум, туку заедно со неговите компоненти, стабилноста на генотиповите и корелациските односи.

Најниски вредности на херитабилност беа забележани кај приносот на слама (1,99 %) и биолошкиот принос (11,29 %). Овие ниски вредности покажуваат дека кај наведените својства фенотипската варијација во поголема мера била условена од условите на средината, годината на испитување, физиолошката состојба на

растенијата и интеракцијата генотип × година отколку од стабилни генотипски разлики. Поради тоа, директната селекција само врз основа на фенотипот за овие својства би била помалку сигурна.

Споредбата со литературните податоци покажува дека високата херитабилност на морфолошките својства, особено висината на растението и должината на метличката, е во согласност со резултатите на повеќе автори. Akinwale et al. (2011) утврдиле висока херитабилност за висина на растение (72,40 %) и умерена за должина на метличка (53,60 %), додека Russinga et al. (2020) забележале висока херитабилност за висина на растение (90,60 %) и должина на метличка (72,20 %). Наспроти тоа, Adhikari et al. (2018) добиле пониски вредности за висина на растение (43,00 %) и должина на метличка (39,00 %), што покажува дека степенот на херитабилност може да варира во зависност од испитуваниот генетски материјал, бројот на генотипови и условите на одгледување.

За својствата поврзани со масата на зрното, литературните податоци најчесто се однесуваат на апсолутната маса, која може да се користи како показател за стабилноста на масата на зрното. Висока херитабилност за апсолутната маса детектирале Islam et al. (2015) и Nirmaladevi et al. (2015), додека Russinga et al. (2020) утврдиле умерена херитабилност од 51,10 %. Akinwale et al. (2011), пак, пријавиле ниска вредност за херитабилност на апсолутната маса (21,70 %). Овие разлики покажуваат дека масата на зрното кај оризот често има значајна генетска основа, но нејзината херитабилност може да биде различно изразена во зависност од генотипската структура на материјалот и влијанието на средината.

Akinwale et al. (2011) констатирале висока херитабилност за маса на метличка (68,10 %) и број на зрна во метличка (70,50 %), додека Russinga et al. (2020) добиле вредности од 80,40 % за продуктивни зрна во метличка, 58,10 % за непродуктивни зрна во метличка и 55,70 % за принос по растение. Islam et al. (2015) утврдиле висока херитабилност за број на исполнети зрна во метличка (78,19 %) и принос на зрно (62,76 %). Од друга страна, Adhikari et al. (2018) прикажале пониски вредности за број на продуктивни зрна во метличка (14,00 %) и принос на зрно (23,00 %). Ова потврдува дека приносот и дел од неговите компоненти се комплексни својства, кај кои херитабилноста силно зависи од условите на средината и од интеракцијата генотип × средина.

Кај фенолошките својства, најголем дел од авторите констатираат умерени до високи вредности на херитабилност. Akinwale et al. (2011) утврдиле 95,10 % за денови до метличење и 92,10 % за денови до зрелост, додека Islam et al. (2015) добиле 87,61 % за број на денови до 50 % цветање и 81,81 % за број на денови до зрелост. Adhikari et al. (2018) забележале 88,00 % за број на денови до цветање и 79,00 % за број на денови до зрелост. Ваквите резултати покажуваат дека фенолошките својства кај оризот често имаат значајна генетска контрола, но нивната експресија може да биде изменета од температурата, датумот на сеидба и должината на вегетацискиот период.

Во однос на технолошките својства, Nirmaladevi et al. (2015) детектирале висока херитабилност за уделот на цели зрна бел ориз (89,00 %). Тоа е во согласност со добиената вредност во ова истражување и потврдува дека дел од технолошките својства на зрното имаат изразена генетска компонента и може да бидат важни критериуми при селекцијата на генотипови со подобар квалитет на преработка.

Затоа, својствата со високи вредности на H^2 може да се користат како посигурни селекциски критериуми, додека кај својствата со ниска и умерена херитабилност е

потребна повеќегодишна проверка и заедничко толкување со други агрономски показатели.

5.2.4. Очекуван генетски напредок (GAM)

Очекуваниот генетски напредок претставува показател за можниот напредок на одредено својство при селекција, изразен како процент од неговата средна вредност. За разлика од херитабилноста, која покажува колкав дел од фенотипската варијабилност е генетски условена, GAM ја прикажува практичната можност за подобрување на својството преку избор на супериорни генотипови.

Овој параметар најчесто се толкува заедно со херитабилноста. Високата херитабилност, доколку е придружена со висок генетски напредок, укажува на поголемо учество на адитивните генетски ефекти и на поголема ефикасност на директната селекција. Наспроти тоа, висока херитабилност со низок или умерен GAM покажува дека својството е наследно, но дека очекуваниот напредок преку селекција може да биде ограничен. Вредностите за GAM беа толкувани според класификацијата применета кај Alemu et al. (2017), според која вредности од 0 – 10 % се сметаат за ниски, 10 – 20 % за умерени, а ≥20 % за високи.

Од податоците прикажани на Графикон 30 може да се забележи широк распон на вредностите за очекуваниот генетски напредок, од 0,81 % кај приносот на слама до 96,08 % кај уделот на кршен ориз. Ваквиот распон покажува дека анализираните својства имаат различен селекциски потенцијал и дека кај дел од нив може да се очекува значително подобрување преку избор на генотипови со поволни вредности.

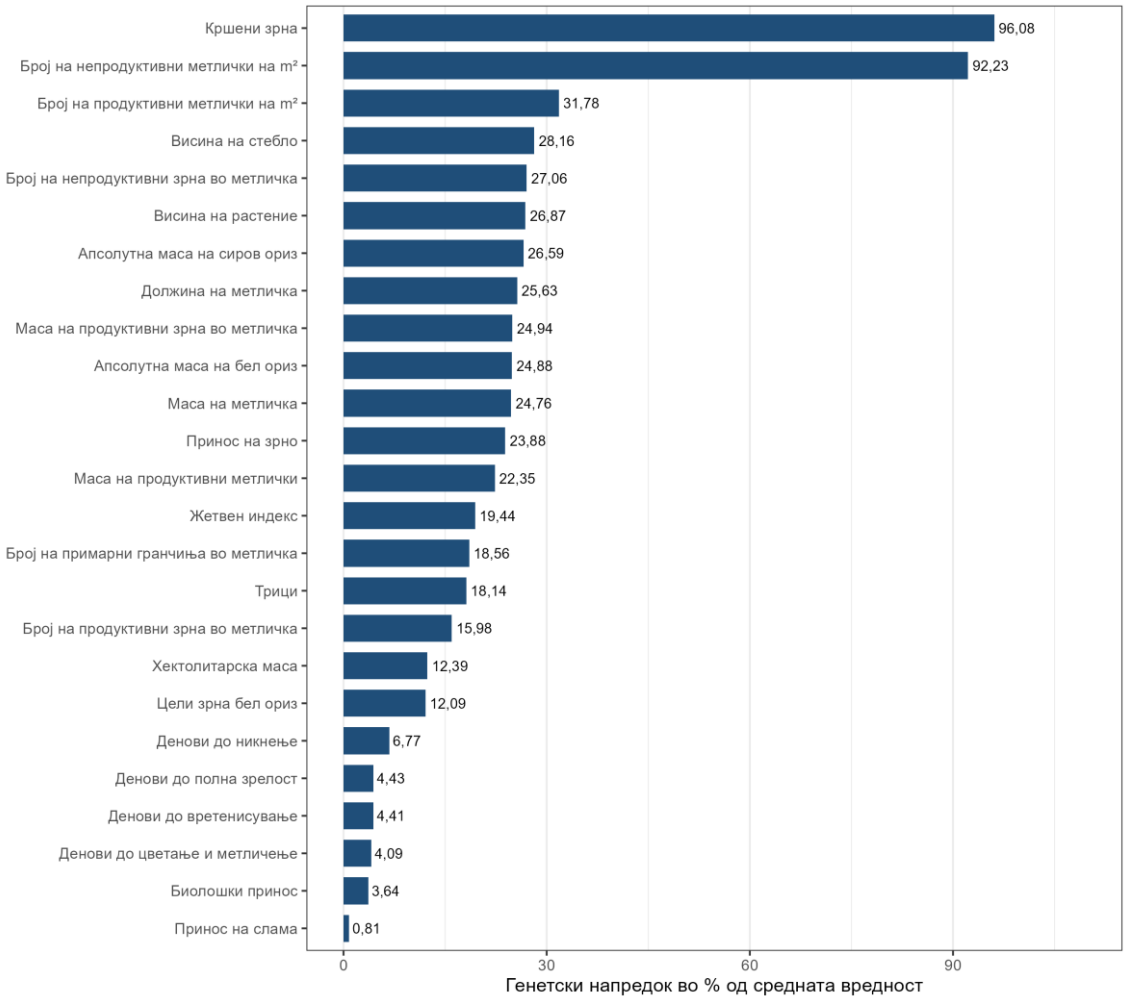
Највисоки вредности за GAM беа утврдени кај уделот на кршен ориз (96,08 %) и бројот на непродуктивни метлички на m² (92,23 %). Кај овие две својства високата вредност не треба да се толкува како пожелна насока на селекција, туку како показател за широк опсег на генотипска варијација. Практично, тоа значи дека постои можност за селекција во насока на намалување на кршливоста на зрното и намалување на бројот на непродуктивни метлички.

Висок генетски напредок беше утврден и кај бројот на продуктивни метлички на m² (31,78 %), висината на стеблото (28,16 %), бројот на непродуктивни зрна во метличка (27,06 %), висината на растението (26,87 %), апсолутната маса на сиров ориз (26,59 %), должината на метличката (25,63 %), масата на продуктивните зрна во метличка (24,94 %), апсолутната маса на бел ориз (24,88 %), масата на метличката (24,76 %), приносот на зрно (23,88 %) и масата на продуктивните метлички (22,35 %). Овие својства се издвојуваат како показатели со повисок потенцијал за подобрување преку селекција.

Посебно значајни се својствата кај кои високиот GAM е придружен со висока херитабилност. Такви се апсолутната маса на сиров ориз, должината на метличката, апсолутната маса на бел ориз, висината на растението и висината на стеблото. Оваа комбинација покажува дека разликите меѓу генотиповите за овие својства се во голема мера наследно условени и дека директната селекција може да биде релативно ефикасна.

Висок GAM беше утврден и кај приносот на зрно (23,88 %) и масата на продуктивните метлички (22,35 %), но кај нив херитабилноста беше умерена. Тоа покажува дека овие својства имаат селекциски потенцијал, но изборот треба да се темели на повеќегодишни резултати и на заедничко толкување со стабилноста и корелациите со

другите компоненти на приносот. Кај приносот на зрно ова е особено важно, бидејќи станува збор за комплексно својство под силно влијание на условите на средината.



Графикон 30. Генетски напредок во % од средната вредност (GAM)

Умерени вредности за GAM беа утврдени кај жетвениот индекс (19,44 %), бројот на примарни гранчиња во метличка (18,56 %), уделот на трици (18,14 %), бројот на продуктивни зрна во метличка (15,98 %), хектолитарската маса (12,39 %) и уделот на цели зрна бел ориз (12,09 %). Овие својства покажуваат среден селекциски потенцијал, што значи дека нивното подобрување преку директна селекција е можно, но очекуваниот напредок би бил поограничен во споредба со својствата со висок GAM.

Најниски вредности за GAM беа забележани кај бројот на денови до никнење (6,77 %), бројот на денови до полна зрелост (4,43 %), бројот на денови до вретенисување (4,41 %), бројот на денови до метличење и цветање (4,09 %), биолошкиот принос (3,64 %) и приносот на слама (0,81 %). Ниските вредности покажуваат дека кај овие својства очекуваниот напредок преку директна селекција е ограничен. Кај фенолошките својства тоа е поврзано со нивниот низок генотипски коефициент на варијација, додека кај биолошкиот принос и приносот на слама главна причина е силното влијание на средината и ниската херитабилност.

Вредностите за очекуваниот генетски напредок за дел од испитуваните својства се во согласност со резултатите од други истражувања кај ориз. За приносот на зрно беше утврден GAM од 23,88 %, што е повисоко од вредностите наведени кај Bitew (2016) и Adhikari et al. (2018), кои за ова својство добиле GAM од 11,28 %, односно 11,98 %. Кај висината на растението, добиената вредност од 26,87 % е блиска до резултатите на Kumar et al. (2025), кај кои GAM = 24,69 %, како и до вредноста од 26,37 % утврдена кај Paikra et al. (2021).

Кај должината на метличката, добиената вредност од 25,63 % е повисока од вредностите наведени кај Bitew (2016), Russinga et al. (2020) и Kumar et al. (2025), кои за истото својство прикажале 6,58 %, 16,32 % и 16,72 %, соодветно. Во однос на апсолутната маса на сиров ориз, добиениот GAM од 26,59 % е повисок од вредноста од 10,22 % кај Bitew (2016) и 21,36 % кај Russinga et al. (2020). Спротивно на тоа, значително повисоки вредности во споредба со достапните литературни податоци беа утврдени кај уделот на кршен ориз и кај бројот на непродуктивни метлички/m². Кај двете својства високиот GAM произлегува од исклучително високиот генотипски коефициент на варијација (52,72 % и 57,83 %, соодветно), односно од многу широкиот опсег меѓу генотиповите. Затоа овие вредности не треба да се толкуваат како показател за пожелно зголемување, туку како можност за селекција во насока на намалување на неповолните компоненти.

Во целина, најголем селекциски потенцијал кај испитуваните генотипови ориз имаат бројот на продуктивни метлички/m², висината на стеблото и растението, апсолутната маса на зрното, должината на метличката, масата на метличката, масата на продуктивните зрна и приносот на зрно. Најсигурни селекциски критериуми се оние кај кои висок генетски напредок е придружен со висока херитабилност и стабилна повторливост меѓу годините. Кај својствата со висок GAM, но неповолна селекциска насока, како кршени зрна и непродуктивни метлички, селекцијата треба да биде насочена кон нивно намалување.

5.2.5. Стабилност на генотипските разлики меѓу годините

Анализата на варијанса покажа дека интеракцијата генотип × година е високозначајна кај речиси сите испитувани квантитативни својства. Сепак, самата значајност на интеракцијата не ја објаснува нејзината природа. Таа може да произлегува од промена на размерот, кога генотиповите реагираат во иста насока, но со различен интензитет, или од промена на рангот, кога редоследот на генотиповите се менува од една во друга година. Само вториот тип на интеракција претставува сериозна пречка за селекцијата, бидејќи значи дека изборот направен во една сезона не мора да се потврди во следната.

За да се разграничи оваа разлика, беше пресметана Spearman-овата корелација на рангови меѓу генотипските средини од 2022 и 2023 година, одделно за секое својство (Табела 9). Високата вредност на коефициентот покажува дека редоследот на генотиповите се повторува меѓу годините, односно дека интеракцијата главно се изразува преку промена на апсолутните вредности. Ниската вредност, пак, покажува дека редоследот се менува и дека изборот на генотипови врз основа на една година е помалку сигурен.

Просечната вредност на Spearman-овиот коефициент за сите анализирани својства изнесуваше 0,458. Според степенот на стабилност, својствата беа распоредени во три групи: шест својства со висока стабилност ($\rho > 0,70$), десет својства со умерена стабилност ($0,40 < \rho \leq 0,70$) и единаесет својства со ниска стабилност ($\rho \leq 0,40$). Оваа

распределба покажува дека стабилноста на генотипските разлики не е еднаква кај сите својства, туку зависи од нивната биолошка и агрономска природа.

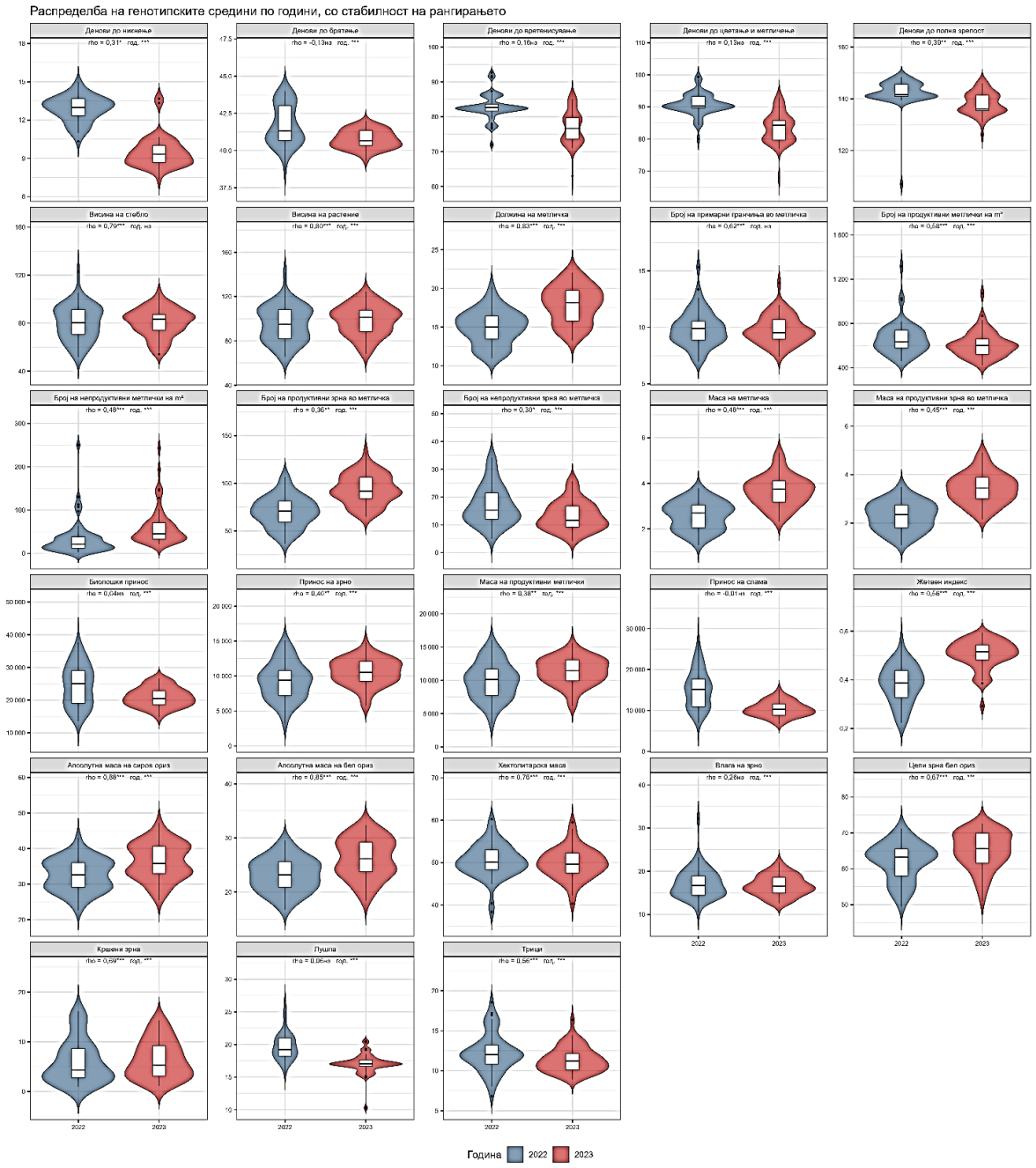
Табела 9. Стабилност на генотипските разлики меѓу двете години на испитување

Својство	Просек 2022	Просек 2023	Промена (%)	ρ	Значај-ност	Стабил-ност
Денови до никнење	12,88	9,51	-26,2	0,306	*	ниска
Денови до братење	41,70	40,75	-2,3	-0,127	нз	ниска
Денови до вретенисување	82,88	76,94	-7,2	0,158	нз	ниска
Денови до метличење и цветање	90,83	83,43	-8,1	0,127	нз	ниска
Денови до полна зрелост	142,47	138,19	-3,0	0,391	**	ниска
Висина на стебло	80,36	80,52	+0,2	0,785	***	висока
Висина на растение	95,33	98,46	+3,3	0,800	***	висока
Должина на метличка	14,97	17,94	+19,9	0,830	***	висока
Број на примарни гранчиња во метличка	9,89	9,81	-0,8	0,617	***	умерена
Број на продуктивни метлички на m²	665,43	611,01	-8,2	0,576	***	умерена
Број на непродуктивни метлички на m²	34,75	62,52	+79,9	0,478	***	умерена
Број на продуктивни зрна во метличка	70,17	93,81	+33,7	0,355	**	ниска
Број на непродуктивни зрна во метличка	17,08	13,20	-22,7	0,301	*	ниска
Маса на метличка	2,59	3,67	+41,9	0,477	***	умерена
Маса на продуктивни зрна во метличка	2,29	3,43	+49,9	0,452	***	умерена
Биолошки принос	24553,90	20939,87	-14,7	0,039	нз	ниска
Принос на зрно	9307,30	10570,31	+13,6	0,405	**	умерена
Маса на продуктивни метлички	9952,89	11358,43	+14,1	0,385	**	ниска
Принос на слама	15246,60	10369,56	-32,0	-0,010	нз	ниска
Жетвен индекс	0,38	0,50	+31,6	0,558	***	умерена
Апсолутна маса на сиров ориз	32,53	36,42	+11,9	0,884	***	висока
Апсолутна маса на бел ориз	23,14	26,23	+13,3	0,852	***	висока
Хектолитарска маса	50,41	49,84	-1,1	0,765	***	висока
Цели зрна бел ориз	62,00	65,10	+5,0	0,668	***	умерена
Кршени зрна	6,05	6,49	+7,4	0,685	***	умерена
Лушпа	19,73	17,04	-13,7	0,056	нз	ниска
Трици	12,22	11,37	-7,0	0,562	***	умерена

Највисока стабилност покажаа апсолутната маса на сиров ориз (ρ = 0,884***), апсолутната маса на бел ориз (ρ = 0,852***), должината на метличката (ρ = 0,830***), висината на растението (ρ = 0,800***), висината на стеблото (ρ = 0,785***) и хектолитарската маса (ρ = 0,765***). Кај овие својства редоследот на генотиповите во голема мера се задржа меѓу двете години, што значи дека изборот направен врз основа на една сезона би имал поголема веројатност да остане валиден и во следната. Овие својства воедно се карактеризираат и со висока херитабилност, што ја потврдува нивната поголема генетска стабилност.

Умерена стабилност беше утврдена кај дел од продуктивните и технолошките својства, меѓу кои спаѓаат приносот на зрно, бројот на продуктивни метлички/m², уделот на цели зрна, уделот на кршени зрна, уделот на трици и други својства со делумно повторлив редослед меѓу годините. Кај овие својства изборот врз основа на една година може да даде корисна информација, но не е доволно сигурен за конечна

селекциска одлука. Потребна е повеќегодишна проверка, особено кај генотиповите што покажуваат изразено поместување во рангот.



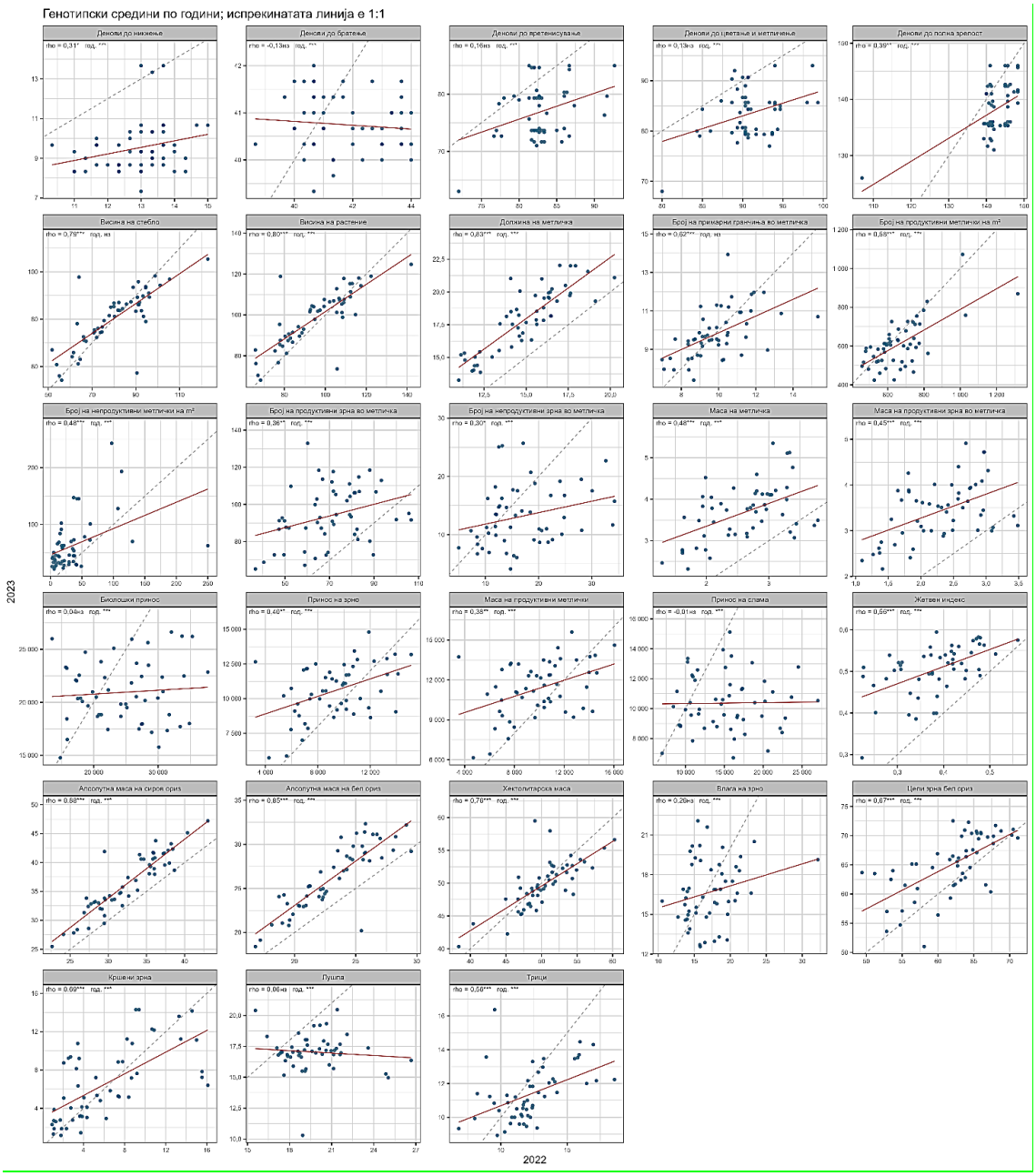
Графикон 31. Распределба на генотипските средини по години за секое својство

Најниска стабилност беше утврдена кај фенолошките својства и кај дел од приносните показатели. Кај бројот на денови до братење коефициентот беше негативен (ρ = -0,127), кај бројот на денови до метличење и цветање изнесуваше 0,127, а кај бројот на денови до вретенисување 0,158, при што ниту една од овие вредности не беше статистички значајна.

Слично, приносот на слама (ρ = -0,010), биолошкиот принос (ρ = 0,039) и уделот на лушпа (ρ = 0,056) не покажаа значајна поврзаност меѓу двете години. Кај овие својства

ефектот на годината беше значаен, но редоследот на генотиповите практично не се повтори.

Ваквите резултати се во согласност со проценките на херитабилноста. Својствата со коефициент над 0,70 се главно истите својства кај кои херитабилноста е над 76 %, додека својствата со коефициент близу нула се оние кај кои генотипската варијанса беше негативна или многу ниска, како уделот на лушпа, бројот на денови до братење, приносот на слама и биолошкиот принос. На тој начин, анализата на стабилност ја надополнува интерпретацијата на генетските параметри и покажува кај кои својства фенотипските разлики меѓу генотиповите се повторливи, а кај кои се силно зависни од годината.



Графикон 32. Генотипски средини во 2022 наспроти 2023 година за секое својство. Испрекинатата линија е дијагоналата 1:1, а полната е регресиона права. Отстапувањето на точките од дијагоналата ја покажува промената на рангот меѓу двете години.

Практичната последица од оваа анализа е јасна. Селекцијата за крупност на зрното, висина на растението, висина на стеблото, должина на метличката и хектолитарска маса може да се спроведува со поголема сигурност, бидејќи овие својства покажаа висока повторливост на рангот. Наспроти тоа, селекцијата за раностасност, биолошки принос, принос на слама и удел на лушпа не треба да се темели на резултати од една сезона, бидејќи кај нив редоследот на генотиповите меѓу годините е нестабилен.

Употребата на корелација на рангови меѓу средините од одделни години претставува корисен пристап за разграничување на интеракцијата од типот „промена на размер“ (Графикон 31) од интеракцијата од типот „промена на ранг“ (Графикон 32). Ова разграничување е важно затоа што само промената на ранг директно ја намалува сигурноста на селекциската одлука. Значајноста на ваквото толкување е потврдена и кај Shah et al. (2023), кои во двегодишен оглед со генотипови ориз утврдиле високозначајна интеракција генотип × година кај приносот и поврзаните својства и заклучиле дека изборот на генотипови мора да се потврди во повеќе сезони.

5.3. Генетски и фенотипски корелации помеѓу квантитативните својства

По проценатa на варијабилноста, наследноста и очекуваниот генетски напредок, корелациската анализа беше применета со цел да се утврди меѓусебната поврзаност меѓу квантитативните својства и да се издвојат показатели со потенцијална вредност како индиректни селекциски критериуми. Ова е особено важно кај приносот на зрно, бидејќи тој претставува комплексно својство, условено од повеќе компоненти на растот, развојот, продуктивниот склоп и технолошката структура на зрното.

Според Goswami et al. (2023), фенотипската корелација ја одразува видливата поврзаност меѓу својствата, под влијание и на генетската основа и на условите на средината, додека генетската корелација ја покажува наследната поврзаност меѓу нив (Lodhi et al., 2023). Поради тоа, споредбата меѓу фенотипските (*rph*) и генетските (*rg*) коефициенти овозможува попрецизно толкување на природата на утврдените односи. При интерпретацијата треба да се има предвид дека дел од генетските коефициенти (Графикон 33), пресметани од компонентите на коваријанса, излегоа надвор од можниот интервал од -1 до +1. Таквите вредности се означени со крстче на графичкиот приказ и не се толкуваат како точни коефициенти, туку како нестабилни проценки поврзани со мала генотипска варијанса, силна интеракција генотип х година или ограничен број години на испитување.

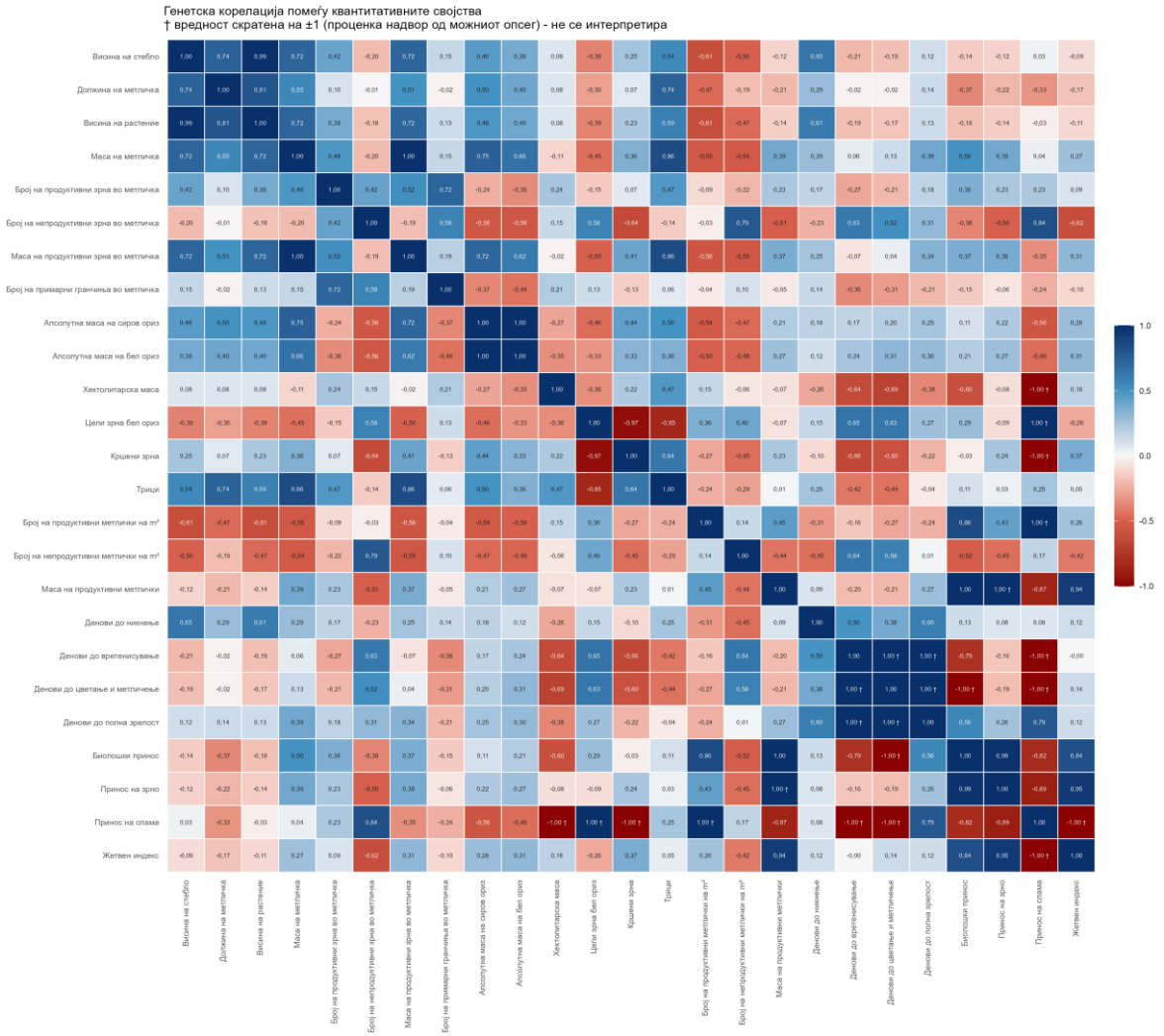
Приносот на зрно, просечно за двете години, беше најсилно и високозначајно позитивно поврзан со масата на продуктивните метлички (*rph* = 1,00***), биолошкиот принос (*rph* = 0,72***) и жетвениот индекс (*rph* = 0,68***) (Графикон 34). Коефициентот rph = 1,00, прикажан со две децимали, означува речиси совршена поврзаност, а не еднаквост на вредностите на двете својства. Позитивната врска со биолошкиот принос и жетвениот индекс покажува дека повисокиот принос бил поврзан и со поголема вкупна надземна продукција и со поефикасно насочување на биомасата кон зрното.

Значајна позитивна поврзаност со приносот на зрно беше утврдена и кај бројот на продуктивни метлички на m² (*rph* = 0,44**; *rg* = 0,43), масата на продуктивните зрна во метличка (*rph* = 0,36**; *rg* = 0,38), масата на метличката (*rph* = 0,36**; *rg* = 0,39) и бројот на продуктивни зрна во метличка (*rph* = 0,29*; *rg* = 0,23). Овие корелации покажуваат дека приносот се формира преку комбинација од продуктивен склоп и продуктивност на поединечната метличка. Сепак, умерениот интензитет на овие односи укажува дека ниту една компонента сама по себе не го определува приносот

целосно, туку најповолни се генотиповите што комбинираат доволен број продуктивни метлички со добра исполнетост и маса на зрната.

Од неповолните показатели, приносот на зрно беше во значајна негативна корелација со уделот на лушпа (*rph* = -0,54***), бројот на непродуктивни метлички на m² (*rph* = -0,45***; *rg* = -0,45) и бројот на непродуктивни зрна во метличка (*rph* = -0,27*; *rg* = -0,50). Овие односи покажуваат дека зголемувањето на непродуктивните компоненти и повисокиот удел на лушпа се поврзани со понизок принос. Негативната корелација со уделот на лушпа е особено интересна, бидејќи укажува дека дел од поприносните генотипови имале и поповолна рандманска структура.

Кај приносот на слама беше утврден контраст меѓу генетската и фенотипската корелација со приносот на зрно. Генетската корелација беше високо негативна (*rg* = -0,89), додека фенотипската беше позитивна, но незначајна (*rph* = 0,24). Овој резултат покажува дека висок принос на слама не мора да биде добар показател за висок принос на зрно и дека распределбата на биомасата треба да се толкува преку жетвениот индекс. Ваквите разлики меѓу генетските и фенотипските корелации може да произлезат од спротивно дејство на наследната основа и условите на средината (Goswami et al., 2023; Lodhi et al., 2023).



Графикон 33. Генетска корелација помеѓу анализираните квантитативни својства, пресметана од компонентите на коваријанса

Меѓу морфолошките својства, висината на растението беше силно позитивно поврзана со должината на метличката (*rg* = 0,81; *rph* = 0,79***), масата на метличката (*rg* = 0,72; *rph* = 0,60***) и масата на продуктивните зрна во метличка (*rg* = 0,71; *rph* = 0,59***). Овие резултати покажуваат дека повисоките генотипови најчесто имале подолги и потешки метлички и поголема маса на продуктивните зрна. Слични позитивни односи меѓу висината на растението, должината и масата на метличката се наведени и кај Devi et al. (2022) и Teja et al. (2023).

Сепак, висината на растението беше негативно поврзана со бројот на продуктивни метлички на m² (*rg* = -0,61; *rph* = -0,51***). Овој однос укажува на можен морфолошко-продуктивен компромис, односно повисоките генотипови формирале потешки метлички, но најчесто помал број продуктивни метлички по единица површина. Ова е важно за селекцијата, бидејќи покажува дека изборот не треба да се насочува само кон повисоки растенија или потешки метлички, туку кон оптимална комбинација меѓу бројот на метлички и продуктивноста на поединечната метличка. Слична негативна поврзаност меѓу висината на растението и бројот на продуктивни метлички е наведена и кај Devi et al. (2022).

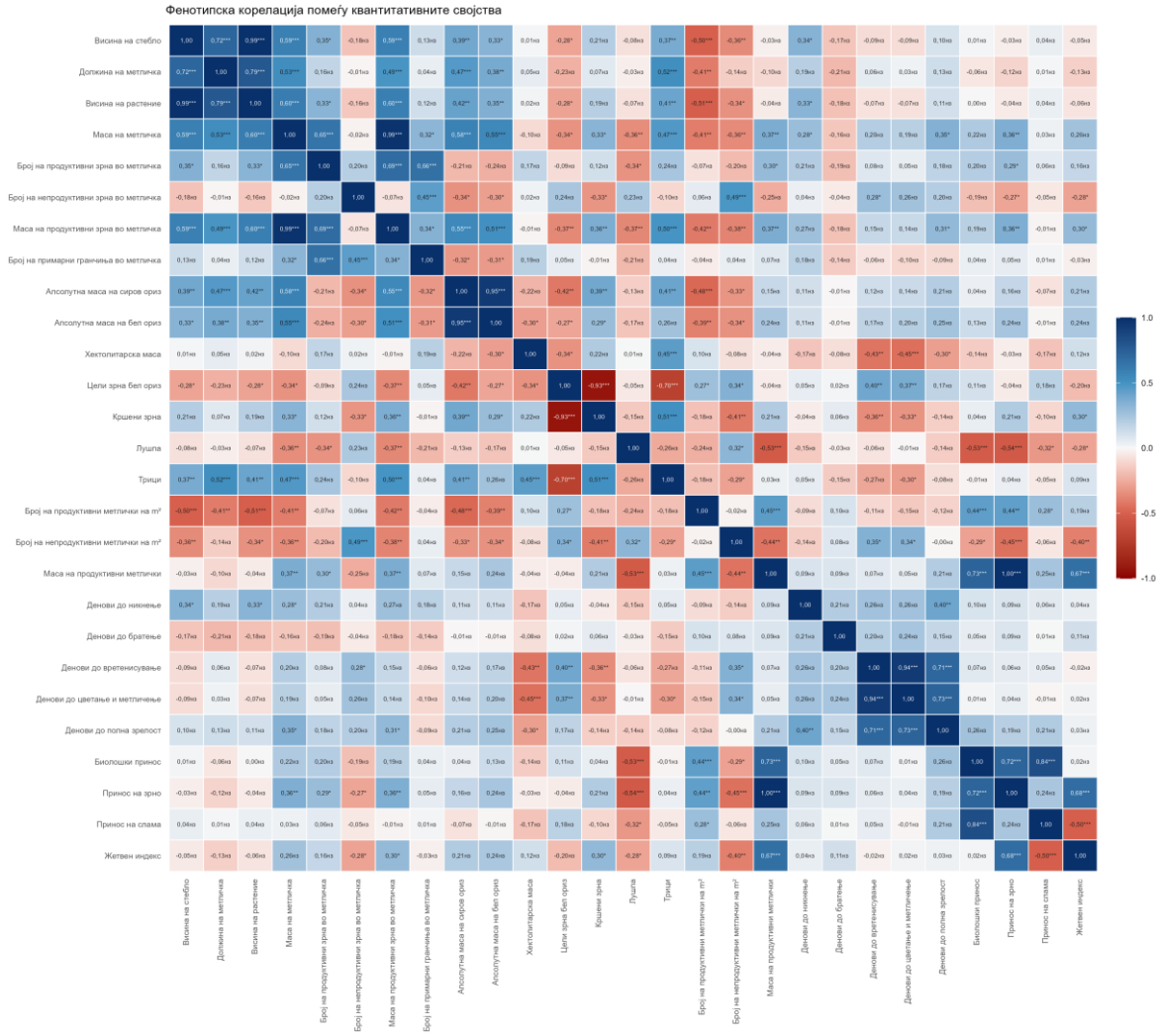
Масата на метличката беше речиси целосно поврзана со масата на продуктивните зрна во метличка (*rg* = 0,99; *rph* = 0,99***), што е очекувано бидејќи продуктивните зрна се главна компонента на вкупната маса на метличката. Масата на метличката беше позитивно поврзана и со апсолутната маса на сиров ориз (*rg* = 0,75; *rph* = 0,58***), апсолутната маса на бел ориз (*rg* = 0,66; *rph* = 0,55***) и должината на метличката (*rg* = 0,55; *rph* = 0,53***). Од друга страна, таа беше во негативна корелација со бројот на продуктивни метлички (*rg* = -0,55; *rph* = -0,41**) и со бројот на непродуктивни метлички (*rg* = -0,54; *rph* = -0,36**). Овие односи дополнително го потврдуваат компензацискиот однос меѓу масата на поединечната метличка и бројот на метлички по единица површина.

Кај фенолошките својства, најсилни и најдоследни беа корелациите меѓу самите развојни фази. Бројот на денови до метличење и цветање беше во многу силна позитивна фенотипска корелација со бројот на денови до вретенисување (*rph* = 0,94***) и со бројот на денови до полна зрелост (*rph* = 0,73***). Ова е очекувано, бидејќи станува збор за последователни фази од ист развоен циклус. Слична поврзаност меѓу фенолошките својства е наведена и од Lakshmi et al. (2014) и Shyamalee & Ranawake (2024).

Фенолошките својства не покажаа стабилна и силна поврзаност со приносот на зрно. Тоа значи дека кај испитуваните генотипови раностасноста или подоцнежниот развој сами по себе не го определувале приносниот потенцијал. Од фенолошките односи со други својства, значајна беше позитивната корелација меѓу бројот на денови до метличење и цветање и уделот на цели зрна бел ориз (*rph* = 0,37**), како и негативната корелација со уделот на трици (*rph* = -0,30*). Ова укажува дека подоцнежното метличење и цветање било поврзано со нешто поповолен технолошки профил, но овие односи се умерени и не треба да се користат како самостојни селекциски критериуми.

Отсуството на јасна поврзаност меѓу фенолошките својства и приносот треба да се толкува во контекст на нивната ниска повторливост меѓу годините. Во претходната анализа беше утврдено дека дел од фенолошките показатели имаат ниски или незначајни Spearman-ови коефициенти меѓу 2022 и 2023 година. Кога редоследот на генотиповите за едно својство не е стабилен, нестабилни може да бидат и неговите корелации со другите својства. Затоа, не може со сигурност да се заклучи дека

должината на вегетацискиот период директно го определува приносот. При селекција за повисок принос најголема вредност имаат генотиповите што комбинираат добар продуктивен склоп, потешка и добро исполнета метличка, висок жетвен индекс и низок удел на непродуктивни компоненти.



Графикон 34. Фенотипска корелација помеѓу анализираните квантитативни својства

5.4. Path-анализа на директните ефекти врз масата на продуктивните зрна во метличка

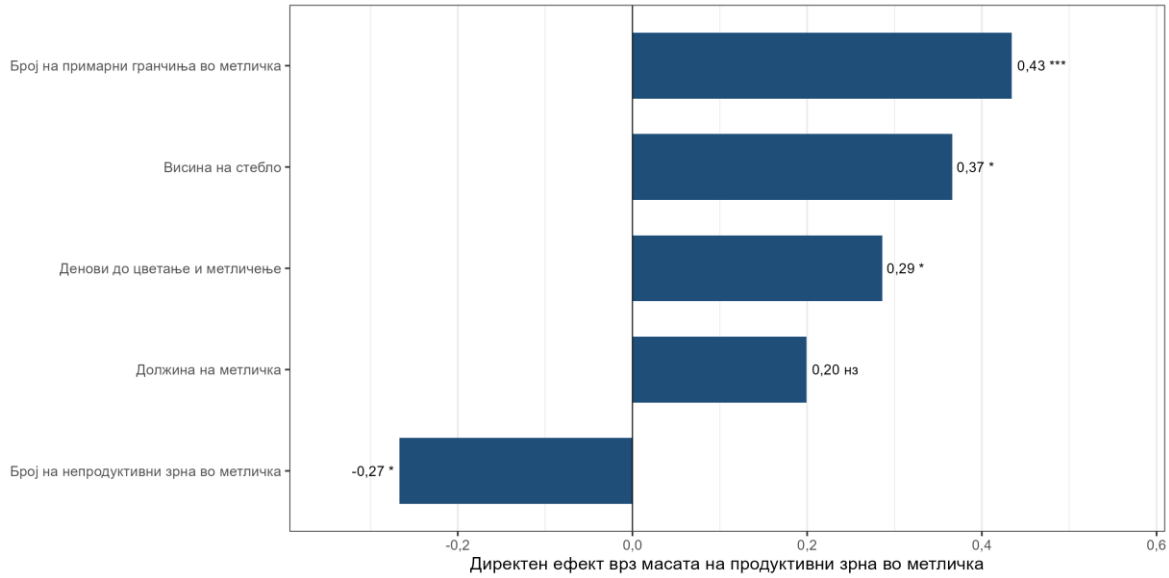
Со цел подетално да се објасни природата на поврзаноста меѓу компонентите на продуктивноста на метличката, покрај корелациската анализа беше применета и path анализа. Коефициентите на корелација ја прикажуваат вкупната меѓусебна поврзаност на својствата, но не овозможуваат разграничување дали таа произлегува од директен ефект или е резултат на индиректно дејство преку други својства. Предикторите беа избрани врз основа на агрономска релевантност, а не според значајноста на нивната корелација со зависната променлива (маса на продуктивни зрна во метличка). Масата на метличката и апсолутната маса на зрното беа исклучени, бидејќи дефиниционски ја содржат зависната променлива (Графикон 35).

Најизразен позитивен директен ефект врз масата на продуктивните зрна во метличка има бројот на примарни гранчиња во метличка (P = 0,434***). Тоа укажува дека разгранетоста на метличката е непосредниот морфолошки чинител што најмногу ја определува нејзината продуктивност, бидејќи бројот на примарни гранчиња го определува просторот за формирање и полнење на зрната. Вкупната корелација на ова својство со зависната променлива е пониска (r = 0,342), што значи дека дел од неговото дејство е маскиран од спротивно насочени индиректни ефекти.

Позитивен и значаен директен ефект беше утврден и кај висината на стеблото (P = 0,366*). Повисоките растенија располагаат со поголема вегетативна маса и подолг период на транслокација на асимилатите кон метличката, што се одразува врз масата на продуктивните зрна. Ова својство има и највисока вкупна корелација со зависната променлива (r = 0,588).

Значаен позитивен директен ефект покажа и бројот на денови до метличење и цветање (P = 0,286*), иако неговата вкупна корелација со зависната променлива е ниска и незначајна (r = 0,145). Ваквиот однос е показател дека дејството на ова својство е маскирано од индиректни ефекти со спротивен знак (индиректен дел -0,141). Практично, при еднакви останати услови подолгиот период до цветањето остава повеќе време за полнење на зрната, но истовремено е поврзан со други својства што дејствуваат во спротивна насока.

Единствениот значаен негативен директен ефект беше утврден кај бројот на непродуктивни зрна во метличка (P = -0,267*). Тоа е и логички очекувано, бидејќи секое неисполнето зрно го намалува уделот на продуктивна маса во метличката. Вкупната корелација на ова својство со зависната променлива е практично нула (r = -0,065), што значи дека неговото вистинско дејство станува видливо дури откако ќе се исклучи влијанието на останатите својства во моделот.



Графикон 35. Фенотипска path-анализа на директните ефекти врз масата на продуктивните зрна во метличка

Должината на метличката покажа позитивен, но незначаен директен ефект (P = 0,199 нз), и покрај високата вкупна корелација со зависната променлива (r = 0,491***). Најголемиот дел од таа поврзаност е индиректен (0,292) и се остварува преку висината на стеблото и преку бројот на примарни гранчиња. Тоа покажува дека подолгата метличка сама по себе не значи и потешка продуктивна маса, туку дека нејзиниот ефект се реализира преку разгранетоста и преку општата развиеност на растението.

Во литературата резултатите за овие односи се разликуваат, што главно произлегува од различниот избор на зависна променлива и на предиктори. Saleh et al. (2020) и Shyamalee & Ranawake (2024) работеле со приносот на зрно како зависна променлива и утврдиле позитивен директен ефект на бројот на продуктивни зрна во метличка. Во повеќе анализи на патеки кај ориз должината на метличката покажува мал директен ефект врз приносот на зрно (Kumari & Parmar, 2020), што е во согласност со добиениот незначаен ефект во ова истражување, додека Alshugeairy et al. (2023) наведуваат дека ефектот на должината на метличката може да варира во зависност од генетскиот материјал и од структурата на моделот.

Во целина, резултатите од path анализата покажуваат дека продуктивноста на метличката кај испитуваниот материјал е директно определена првенствено од бројот на примарни гранчиња и од висината на стеблото, а негативно од бројот на непродуктивни зрна. Според тоа, селекцијата насочена кон подобра разгранетост на метличката и кон намалување на уделот на неисполнети зрна има поголеми изгледи за успех отколку селекцијата заснована само на должината на метличката, чиј ефект е претежно индиректен.

5.5. Анализа на главни компоненти кај квантитативните својства

За утврдување на својствата што најмногу придонесуваат кон вкупната фенотипска варијабилност кај испитуваните генотипови ориз беше применета анализа на главни компоненти (PCA). Оваа анализа овозможува повеќедимензионалниот сет на квантитативни својства да се сведе на помал број главни компоненти, при што се задржува најголемиот дел од информацијата за варијабилноста на материјалот. На тој начин се добива појасна слика за тоа кои групи својства најмногу ја определуваат фенотипската диференцијација на генотиповите.

Во ова истражување беа издвоени седум главни компоненти со сопствена вредност поголема од 1, кои заедно објаснуваат 81,90 % од вкупната варијабилност. Ваквиот висок процент на кумулативно објаснета варијанса покажува дека најголемиот дел од фенотипската разновидност кај испитуваниот материјал може да се објасни преку ограничен број независни компоненти. Тоа истовремено укажува дека варијабилноста не е резултат на едно изолирано својство, туку произлегува од заедничкото дејство на повеќе фенолошки, морфолошки, производни и технолошки показатели.

Првата главна компонента (PC1) објаснува 24,33 % од вкупната варијабилност кај испитуваните генотипови (Табела 10). Највисоки позитивни оптоварувања во оваа компонента имаа масата на продуктивните зрна во метличка (0,350), масата на метличката (0,348), висината на растението (0,280), висината на стеблото (0,276), апсолутната маса на сиров ориз (0,270), апсолутната маса на бел ориз (0,249), уделот на трици (0,240) и должината на метличката (0,232). Негативни оптоварувања имаа бројот на непродуктивни метлички на m² (-0,233) и уделот на цели зрна бел ориз (-0,209). Ваквата структура покажува дека PC1 главно ја одразува варијабилноста поврзана со морфолошката развиеност на растението, масата на метличката и крупноста на зрното.

Втората главна компонента (PC2) објаснува 15,69 % од вкупната варијабилност и има поизразен приносен карактер. Највисоки позитивни оптоварувања во оваа компонента имаа масата на продуктивните метлички (0,358), приносот на зрно (0,356), биолошкиот принос (0,352), бројот на продуктивни метлички на m² (0,264), бројот на денови до вретенисување (0,241) и бројот на денови до полна зрелост (0,241), додека негативно оптоварување имаше уделот на лушпа (-0,243). Ова покажува дека PC2 ја одразува варијабилноста поврзана со продуктивниот склоп, вкупната надземна биомаса и конечниот принос на зрно.

Третата главна компонента (PC3) објаснува 14,42 % од вкупната варијабилност и има јасно фенолошко значење. Највисоки позитивни оптоварувања имаа бројот на денови до метличење и цветање (0,383), бројот на денови до вретенисување (0,378) и бројот на денови до полна зрелост (0,298), додека негативно оптоварување имаше бројот на продуктивни метлички на m² (-0,261). Оваа компонента ги разграничува раностасните од подоцностасните генотипови и покажува дека фенолошката динамика претставува посебен извор на варијабилност во анализираниот материјал.

Четвртата главна компонента (PC4) објаснува 10,55 % од вкупната варијабилност. Најизразени негативни оптоварувања имаа бројот на примарни гранчиња во метличка (-0,483) и бројот на продуктивни зрна во метличка (-0,450), а позитивни — апсолутната маса на бел ориз (0,358) и апсолутната маса на сиров ориз (0,350). PC4 ги разграничува генотиповите според бројот на гранчиња и продуктивни зрна во метличката, од една страна, и апсолутната маса на зрното, од друга страна.

Петтата главна компонента (PC5) објаснува 7,61 % од варијабилноста. Најизразени негативни оптоварувања имаа масата на слама (-0,552) и жетвениот индекс (-0,453), додека највисокото позитивно оптоварување имаше биолошкиот принос (0,352). Оваа компонента ја одразува варијабилноста поврзана со надземната биомаса и жетвениот индекс.

Шестата главна компонента (PC6) објаснува 4,88 % од варијабилноста. Уделот на цели зрна бел ориз имаше најизразено негативно оптоварување (-0,396), а уделот на кршени зрна - најизразено позитивно оптоварување (0,355). Затоа PC6 првенствено ја одразува разликата во уделот на цели и кршени зрна по белењето.

Седмата главна компонента (PC7) објаснува 4,44 % од варијабилноста. Во неа доминираа позитивните оптоварувања на бројот на денови до поникнување (0,592) и бројот на денови до братење (0,591). Оваа компонента ја издвојува варијабилноста во времетраењето на почетните фази од развојот, која не е нагласена во фенолошката компонента PC3.

Поставеноста на бројот на продуктивни метлички во спротивна насока од фенолошките показатели во PC3 покажува дека кај дел од материјалот подоцнежниот развој не бил придружен со поголем број продуктивни метлички. Овој резултат е во согласност со претходната корелациска анализа, каде што фенолошките својства не покажаа стабилна и силна поврзаност со приносот на зрно. Затоа PC3 има вредност главно за разграничување на развојниот тип на генотиповите, а не како директен показател за приносниот потенцијал.

Gour et al. (2017) и Chandraker et al. (2024) детектирале по шест главни компоненти, кои објаснуваат различен процент од варијабилноста на испитуваните својства. Ова потврдува дека кај оризот фенотипската варијабилност најчесто произлегува од заедничкото дејство на повеќе агроморфолошки, приносни и технолошки својства, а

не од една единствена доминантна компонента. Во истражувањето на Nachimuthu et al. (2014) првите пет компоненти објасниле 80,56 % од варијацијата, при што различни компоненти биле поврзани со денови до цветање, висина на растение, должина на метличка, број на продуктивни зрна и број на продуктивни метлички.

Табела 10. Анализа на главни компоненти

Својство	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Број на денови до поникнување	0,119	0,098	0,175	-0,077	-0,006	-0,046	0,592
Број на денови до братење	-0,048	0,120	0,021	0,169	-0,120	0,264	0,591
Број на денови до вретенисување	-0,005	0,241	0,378	0,065	-0,150	0,124	-0,048
Број на денови до метличење и цветање	-0,007	0,228	0,383	0,102	-0,186	0,108	-0,011
Број на денови до полна зрелост	0,095	0,241	0,298	0,044	-0,053	0,200	0,102
Висина на стебло	0,276	-0,158	0,130	-0,109	0,196	-0,228	0,217
Висина на растение	0,280	-0,166	0,143	-0,106	0,200	-0,209	0,189
Должина на метличка	0,232	-0,170	0,180	-0,062	0,175	-0,049	-0,013
Број на примарни гранчиња во метличка	0,051	0,020	0,005	-0,483	-0,151	-0,019	-0,029
Број на продуктивни метлички на 1 m2	-0,143	0,264	-0,261	-0,067	0,054	0,030	0,051
Број на непродуктивни метлички на 1 m2	-0,233	-0,032	0,216	-0,072	-0,076	0,240	-0,163
Број на продуктивни зрна во метличка	0,179	0,087	0,010	-0,450	-0,165	-0,022	-0,013
Број на непродуктивни зрна во метличка	-0,119	0,006	0,204	-0,299	-0,172	0,245	-0,155
Маса на метличка	0,348	0,045	0,121	-0,113	-0,098	0,019	-0,163
Маса на продуктивни зрна во метличка	0,350	0,030	0,089	-0,129	-0,127	0,007	-0,149
Биолошки принос	0,110	0,352	-0,130	-0,055	0,352	0,156	-0,046
Принос на зрно	0,172	0,356	-0,216	0,032	-0,076	-0,088	-0,043
Принос на слама	0,021	0,219	-0,015	-0,102	0,552	0,287	-0,031
Маса на продуктивни метлички на 1 m2	0,172	0,358	-0,210	0,021	-0,075	-0,081	-0,046
Жетвен индекс	0,139	0,146	-0,197	0,138	-0,453	-0,276	0,042
Апсолутна маса на сиров ориз	0,270	-0,060	0,098	0,350	0,027	0,056	-0,170
Апсолутна маса на бел ориз	0,249	0,012	0,107	0,358	0,045	-0,012	-0,211
Хектолитарска маса	0,010	-0,171	-0,240	-0,200	-0,128	0,182	0,085
Удел на цели зрна бел ориз	-0,209	0,232	0,189	-0,093	0,126	-0,396	-0,058
Удел на кршени зрна	0,211	-0,127	-0,231	0,114	-0,132	0,355	0,079
Удел на лушпа	-0,165	-0,243	0,122	0,092	-0,067	-0,042	0,035
Удел на трици	0,240	-0,186	-0,110	-0,060	-0,011	0,353	-0,036
Eigen-вредност	6,57	4,24	3,89	2,85	2,05	1,32	1,20
Варијабилност (%)	24,33	15,69	14,42	10,55	7,61	4,88	4,44
Кумулативна варијанса (%)	24,33	40,02	54,43	64,99	72,59	77,47	81,90

Yadav et al. (2024), исто така, наведуваат дека анализата на главни компоненти, заедно со кластерската анализа, овозможува да се препознаат својствата што најмногу придонесуваат за вкупната варијабилност и дека таквиот материјал може да се користи при избор на родителски парови во селекциските програми. Во ова истражување, таквата примена е особено важна бидејќи PCA јасно ги издвојува групите својства поврзани со морфолошката развиеност, приносниот потенцијал, фенолошката динамика и технолошкиот квалитет.

Дополнително, Khatun et al. (2023) кај 353 генотипови ориз утврдиле дека PC1 и PC2 објаснуваат 23,3 % и 16,9 % од вкупната варијабилност, односно вкупно 40,2 %. Овие вредности се многу блиски до резултатите добиени во ова истражување, каде што првите две компоненти објаснуваат 40,02 % од вкупното варирање. Сличен распоред на варијабилноста добиле и Naga Durga Rao et al. (2020), кои кај 30 генотипови ориз утврдиле дека PC1 објаснува 31,74 %, PC2 16,46 %, PC3 13,54 %, PC4 7,45 % и PC5 6,35 % од вкупната варијабилност. Авторите посочуваат дека варијацијата во првите компоненти главно била поврзана со приносните и производните својства, што е во согласност со повеќедимензионалниот карактер на варијабилноста утврден и во ова истражување.

Биплот анализата врз основа на PC1 и PC2 овозможува визуелна процена на фенотипската диференцијација на 53-те испитувани генотипови ориз. Првите две

главни компоненти објаснуваат 40,02 % од вкупната варијабилност, што овозможува јасен, но сепак делумен приказ на распределбата на генотиповите и нивната поврзаност со анализираните својства.

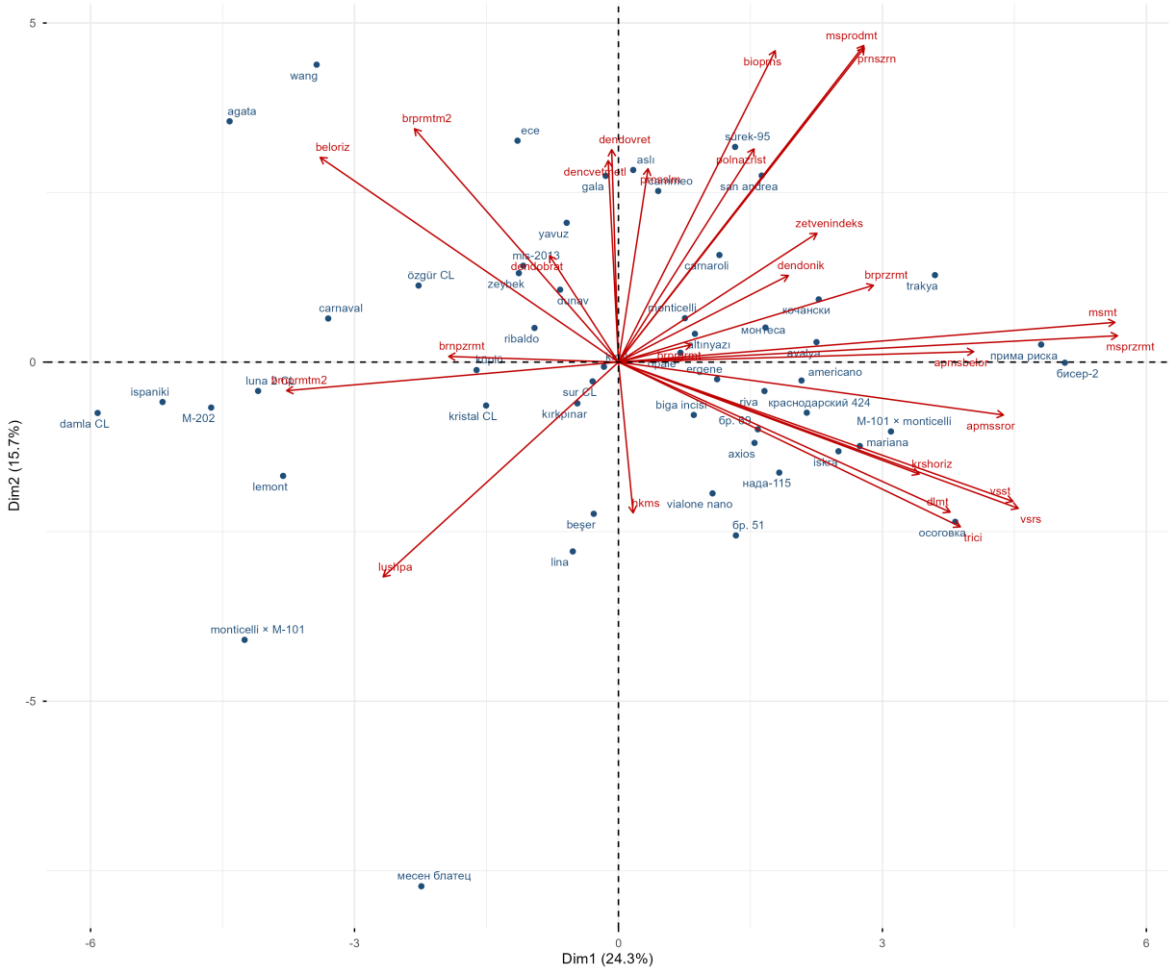
Должината на векторите во биплотот го одразува придонесот на својствата во распределбата на генотиповите, додека аголот меѓу векторите ја покажува насоката и јачината на нивната меѓусебна поврзаност. Векторите што се поставени под мал агол укажуваат на позитивна поврзаност меѓу својствата, додека спротивно насочените вектори покажуваат негативен однос (Графикон 36). Генотиповите што се наоѓаат поблиску до одреден вектор се карактеризираат со повисоки вредности за соодветното својство.

Во горниот десен дел од биплотот се проектираат векторите за маса на продуктивни метлички (msprodmt), принос на зрно (prnszrn), биолошки принос (bioprns), принос на слама (prnsslm), жетвен индекс (zetvenindeks), маса на метличка (msmt), маса на продуктивни зрна во метличка (msprzrmt), број на продуктивни зрна во метличка (brprzrmt), апсолутна маса на бел ориз (apmsbelor) и број на денови до полна зрелост (polnazrlst). Во истиот дел се позиционирани *прима риска* (110), *trakya* (125), *sürek-95* (127), *san andrea* (148), *aslı* (136), *cammeo* (149), *кочански* (102), *avalya* (120), *carnaroli* (147), *монтеса* (104), *monticelli* (116), *altınyazı* (124) и *opale* (150). Овие генотипови се одликуваат со комбинација од повисока продуктивност по единица површина, добро развиена метличка и поволни вредности за дел од приносните показатели.

Во горниот лев дел се наоѓаат векторите за удел на цели зрна бел ориз (beloriz), број на продуктивни метлички на 1 m² (brprmtm2), број на денови до вретенисување (dendovret), број на денови до метличење и цветање (dencvetmetl) и број на денови до братење (dendobrat). Во овој дел се позиционирани *agata* (145), *wang* (146), *ece* (130), *carnaval* (144), *gala* (123), *özgür CL* (135), *yavuz* (129), *mis-2013* (134), *zeybek* (137), *dunav* (121) и ribaldo (142). Нивната издвоеност произлегува од комбинација на поголем број продуктивни метлички по единица површина и поволен рандман на цели зрна, при различна изразеност на фенолошките својства.

Во долниот десен дел се проектираат векторите за висина на растение (vsrs), висина на стебло (vsst), должина на метличка (dlmt), апсолутна маса на сиров ориз (apmssror), удел на кршени зрна (krshoriz), удел на трици (trici) и хектолитарска маса (hkms). Во овој дел се позиционирани *бисер-2* (101), *осоговка* (109), *M-101* × *monticelli* (105), *mariana* (119), *бр. 51* (107), *iskra* (113), *нада-115* (106), *краснодарский 424* (152), *vialone nano* (143), *americano* (114), *axios* (111), *бр. 69* (108), *riva* (112), *biga incisi* (140) и *ergene* (126). Овие генотипови се карактеризираат со повисок раст, подолга метличка и покрупно зрно, но кај дел од нив истовремено е присутен и повисок удел на кршени зрна при белењето.

Во долниот лев дел се наоѓаат векторите за удел на лушпа (lushpa) и број на непродуктивни метлички на 1 m² (brnprmtm2). Тука се позиционирани *месен блатец* (103), *damla CL* (139), *monticelli* × *M-101* (151), *ispaniki* (117), *M-202* (115), *lemont* (153), *luna CL* (122), *lina* (118), *beşer* (132), *kristal CL* (138), *küplü* (133), *kırkpınar* (131), *sur CL* (141) и *kıral* (128). Кај овие генотипови издвоеноста е поврзана со повисок удел на лушпа и со поголем број непродуктивни метлички, што укажува на помалку поволен продуктивен или технолошки профил.



Графикон 36. Дводимензионален биплот приказ на фенотипската дивергентност и распределбата на генотиповите според квантитативните својства во однос на PC1 и PC2

Најоддалечени од координатниот почеток, а со тоа и најизразено диференцирани во просторот определен од првите две главни компоненти, се *месен блатец* (103), *damla CL* (139), *monticelli × M-101* (151), *agata* (145), *wang* (146), *ispaniki* (117), *бисер-2* (101) и *прима риска* (110). Овие генотипови ја определуваат надворешната граница на биплотот и претставуваат материјал со најспецифичен фенотипски профил во рамките на испитуваната колекција.

Овој приказ е во согласност со претходни истражувања во кои PCA и биплот анализата се користени за прикажување на односите меѓу генотиповите и својствата кај оризовиот материјал. Sharifi (2018) и Nayak & Jena (2024) истакнуваат дека ваквиот пристап овозможува истовремено согледување на фенотипската дивергентност на генотиповите и придонесот на одделните својства во нивната диференцијација. Во ова истражување, PCA ја потврдува комплексната природа на варијабилноста кај испитуваните генотипови и ја надополнува интерпретацијата добиена преку анализата на варијанса, корелациите и параметрите на селекциски потенцијал.

5.6. Варијабилност на квалитативни својства

Квалитативните својства имаат значајна улога во морфолошката карактеризација и диференцијација на генотиповите ориз, бидејќи се изразуваат преку јасно разграничени фенотипски категории. За разлика од квантитативните својства, кои

најчесто се изразуваат преку континуирани вредности и во поголема мера зависат од условите на средината, квалитативните својства овозможуваат визуелно препознавање, опис и споредба на генотиповите врз основа на присуство, отсуство или степен на изразеност на одредена карактеристика.

Нивната вредност е особено важна при опис на генетски ресурси, локални популации и селекциски материјал, бидејќи овозможуваат брза идентификација на специфични фенотипски форми. Ваквите својства најчесто немаат директно значење за приносот, но имаат големо значење за документација, разграничување и зачувување на гермплазмата. Кај колекции составени од генотипови со различно потекло, квалитативните својства може да помогнат во препознавање на поретки или морфолошки специфични форми кои не секогаш се издвојуваат врз основа на квантитативните својства.

Стандардизираното оценување на квалитативните својства кај оризот се темели на меѓународно прифатени дескриптори, преку кои се овозможува унифициран опис на растението, листот, метличката и зрното. Дескрипторите за див и култивиран ориз, подготвени од Bioversity International, IRRI и WARDA, претставуваат основа за систематско оценување на ваквите својства и за споредување на резултатите меѓу различни истражувања и колекции. Со тоа се обезбедува поголема прецизност и споредливост при морфолошката карактеризација на оризовиот материјал.

Во ова истражување, варијабилноста на квалитативните својства кај испитуваните генотипови ориз беше анализирана преку својства поврзани со зрното и метличката.

Subedi et al. (2024), при агроморфолошка карактеризација на ориз, утврдиле изразена фенотипска варијација кај квалитативните својства. Нивните резултати се во согласност со пристапот применет во ова истражување, бидејќи покажуваат дека ваквите својства претставуваат соодветна основа за морфолошка диференцијација и опис на разновидноста кај гермплазмата од ориз. Дополнително, Deepika et al. (2023) истакнуваат дека квалитативните својства, поради нивната релативно стабилна експресија и помалата зависност од факторите на средината, претставуваат корисни морфолошки маркери при идентификација и разграничување на локални популации ориз.

5.6.1. Варијабилност на квалитативните својства на зрното

Во рамките на квалитативните својства на зрното, кај испитуваниот материјал беше анализирана обоеноста на апикулусот на лемата, односно појавата на виолетов врв кај нелупеното зрно. Ова својство има значење при морфолошка карактеризација, бидејќи претставува јасен визуелен белег што може да се користи за препознавање и диференцијација на одделни генотипови. Виолетова обоеност на апикулусот беше утврдена само кај еден генотип, што претставува 1,89 % од вкупно испитуваните генотипови. Овој резултат покажува дека појавата е ретка во анализираната колекција, но истовремено претставува специфична карактеристика со висока дијагностичка вредност за генотипот кај кој е присутна.

Добиената ниска фреквенција е во согласност со претходни истражувања. Subedi et al. (2024), при испитување на 49 локални популации ориз, утврдиле виолетова обоеност на апикулусот само кај една популација, односно 2,04 %. Слично, Berie & Dejene (2025), при морфолошка карактеризација на 100 генотипови ориз, забележале „виолетов врв“ кај три генотипа, односно кај 3,00 % од анализираниот материјал.

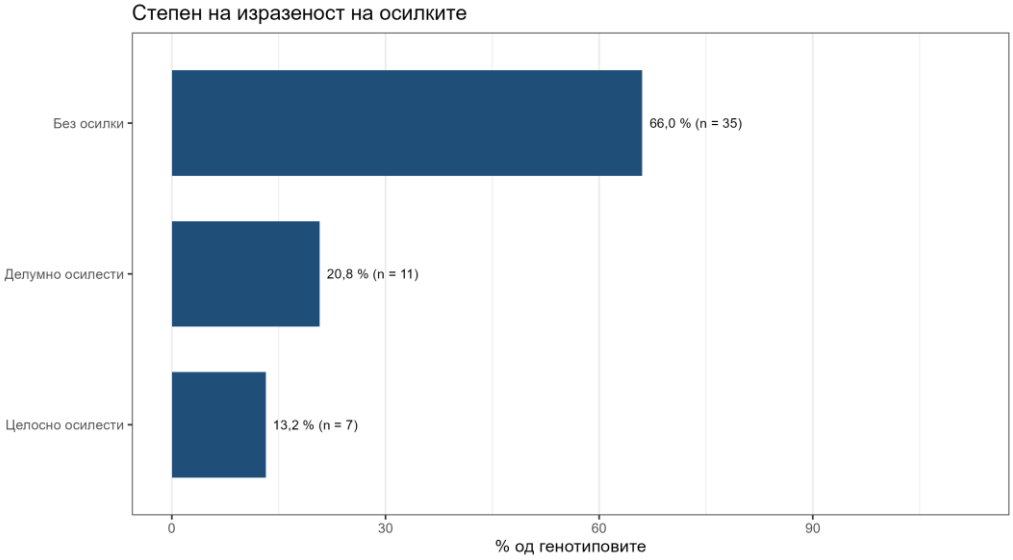
Во споредба со овие резултати, фреквенцијата од 1,89 % утврдена во ова истражување се вклопува во опсегот на ниска застапеност на ова својство кај различни колекции ориз. Тоа покажува дека виолетовата обоеност на апикулусот не е широко распространета, но кога е присутна, претставува стабилен и лесно препознатлив дескриптор.

Затоа, ова својство има најголема вредност при морфолошка идентификација и документација на генотиповите, а помала вредност како селекциски показател. Неговото значење не произлегува од честата застапеност, туку од можноста да се издвојат ретки и специфични форми во рамките на испитуваниот материјал.

5.6.2. Варијабилност на квалитативните својства на метличката

Квалитативните својства на метличката имаат особено значење при опис на гермплазма од ориз, бидејќи се поврзани со визуелниот изглед, архитектурата и препознатливоста на генотиповите. Во ова истражување беа анализирани присуството и степенот на изразеност на осилките, бојата на осилките, хабитусот на метличката и нејзината збиеност.

Присуството на осилки на зрната кај сировиот ориз претставува една од најпрепознатливите квалитативни карактеристики на метличката. Нивното присуство, распространетост, боја и должина се користат како показатели при морфолошка карактеризација, бидејќи овозможуваат визуелна диференцијација меѓу различни сорти и линии. Кај испитуваните генотипови беше утврдена јасна варијабилност во однос на степенот на изразеност на осилките (Графикон 37).



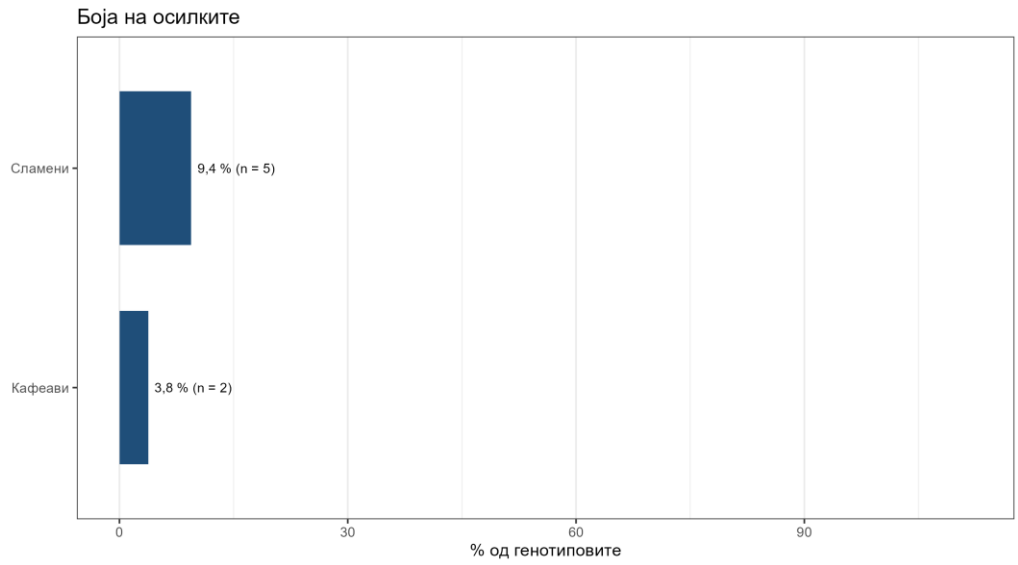
Графикон 37. Дистрибуција на фреквенции за степенот на изразеност на осилките кај метличката

Најголем дел од генотиповите, односно 66,04 % или 35 генотипа, се карактеризираа со метлички без осилки. Ова покажува дека безосилестите форми доминираат во анализираниот материјал. Делумно осилести метлички беа забележани кај 20,75 % од материјалот, односно кај 11 генотипови, додека целосно осилести метлички имаа 13,21 %, односно 7 генотипови.

Ваквата распределба покажува дека, иако најзастапени се безосилестите форми, во колекцијата постои јасна фенотипска разновидност во однос на ова својство. Делумно и целосно осилестите генотипови имаат поголема диференцијална вредност, бидејќи претставуваат поретки категории и можат да послужат како визуелни маркери при опис и разграничување на материјалот.

Добиените резултати се во согласност со претходни истражувања во кои е утврдена доминација на безосилести форми во колекции на култивиран ориз. Rawte & Saxena (2018), при морфолошка карактеризација на генотипови ориз, утврдиле дека најголем дел од анализираниот материјал, односно 60 %, бил без осилки, додека 40 % од генотиповите имале метлички со осилки. Дополнително, Islam et al. (2018), при карактеризација на 113 генотипа ароматичен ориз, утврдиле дека 69 % од генотиповите биле без осилки, додека осилести биле 31 %. Овие вредности се блиски до резултатите добиени во ова истражување и ја потврдуваат доминацијата на безосилестите форми кај култивираниот ориз.

Кај осилестите форми беше утврдена варијабилност и во однос на бојата на осилките (Графикон 38). Сламена боја на осилките беше утврдена кај пет генотипови, односно кај 9,4 % од вкупниот материјал и 27,8 % од осилестите форми. Кафеава боја беше утврдена кај два генотипа, односно кај 3,8 % од вкупниот материјал и 11,1 % од осилестите форми. Овој резултат покажува дека, покрај самото присуство на осилки, и нивната боја придонесува за дополнителна фенотипска диференцијација. Комбинацијата од степенот на застапеност на осилките и бојата на осилките овозможува попрецизен опис на осилестите генотипови и може да помогне при идентификација на специфични форми во рамките на колекцијата.



Графикон 38. Дистрибуција на фреквенции за бојата на осилките

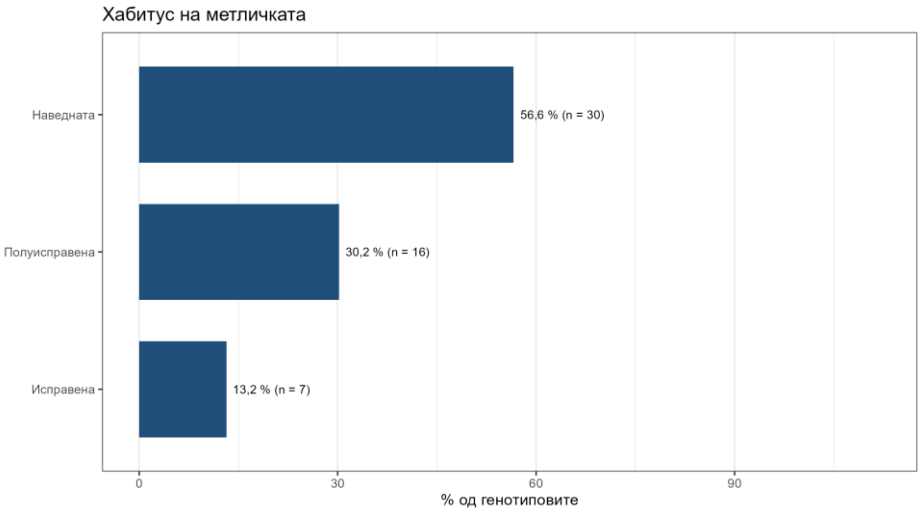
Варијабилност во бојата на осилките е забележана и во истражувањата на Ahmed et al. (2016), кои при морфолошка карактеризација на 40 локални популации ориз од Бангладеш утврдиле присуство на различни категории осилки. Кај најголем дел од анализираниот материјал осилките не биле присутни, додека кај осилестите форми била забележана варијабилност во бојата. Жолтеникаво-бела до сламена боја на

осилките била утврдена кај 7,5 % од вкупниот материјал, додека кафеава боја била забележана кај 5,0 % од анализираните локални популации. Слично, Rao et al. (2021) при морфолошка карактеризација на гермплазма од ориз утврдиле дека 93,3 % од анализираните генотипови биле без осилки, додека само 6,7 % имале осилки со жолтеникаво-бела боја.

Хабитусот на метличката покажа изразена распределба во три фенотипски категории (Графикон 39). Најголем дел од генотиповите, односно 56,60 % или 30 генотипови, се карактеризираа со наведната метличка. Полуисправена метличка беше утврдена кај 30,2 % од генотиповите, додека најмалку застапена беше исправената метличка, со учество од 13,2 %. Оваа распределба покажува дека наведнатата метличка е доминантниот хабитус во испитуваната колекција, но истовремено се присутни и полуисправени и исправени форми, што ја потврдува фенотипската разновидност на материјалот.

Големата застапеност на наведната метличка е во согласност со резултатите од претходни истражувања. Rao et al. (2021) утврдиле наведната метличка кај 73,3 % од анализираните генотипови, додека Mohanlal & Saravanan (2024) ја забележале оваа категорија кај 81,1 % од традиционалните генотипови ориз. Во споредба со овие податоци, застапеноста од 56,60 % во ова истражување е нешто пониска, но сепак ја потврдува доминацијата на наведнатиот тип на метличка како чест фенотипски облик кај оризот.

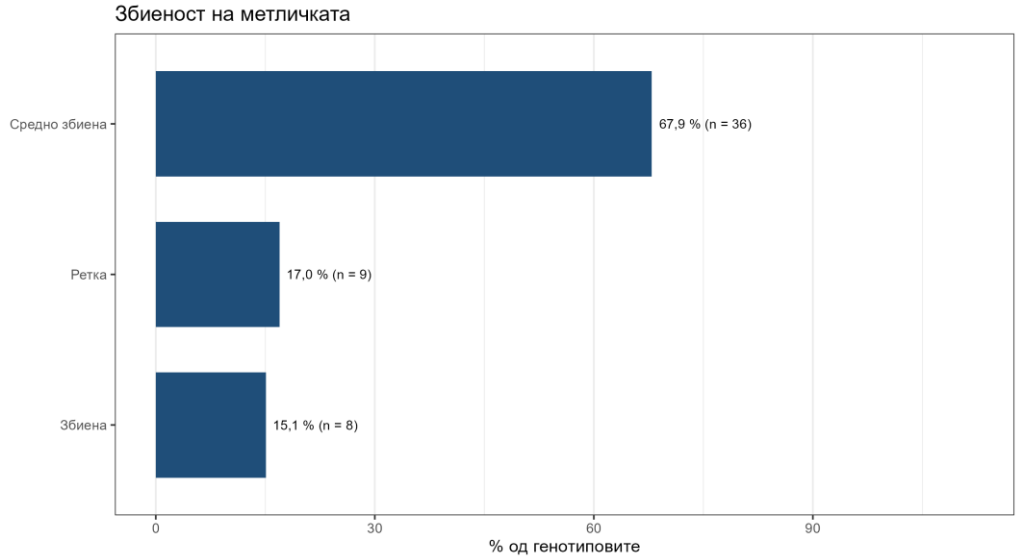
Збиеноста на метличката, исто така, покажа нерамномерна распределба на генотиповите во трите оценувани категории (Графикон 40). Најзастапена беше средно збиената метличка, утврдена кај 67,92 % од генотиповите, односно кај 36 генотипа. Ретка метличка беше забележана кај 17,0 % од материјалот, додека збиена метличка имаа 15,1 % од генотиповите. Овој распоред покажува дека најголем дел од испитуваните генотипови се групираат во преодната категорија, додека поретките и позбиените форми се присутни со помал удел.



Графикон 39. Дистрибуција на фреквенции за хабитусот на метличката

Слична распределба забележале и Subedi et al. (2024), кои при агроморфолошка карактеризација на локални популации утврдиле дека 83,67 % од материјалот се

одликувал со средно збиена метличка, додека ретката и збиената метличка биле застапени со 14,28 %, односно 2,04 %. Слично, Kharel et al. (2022) прикажале доминација на средно збиената метличка (76,1%), во споредба со ретката (17,6 %) и збиената метличка (6,4 %). Во тој контекст, резултатите од ова истражување ја потврдуваат честата застапеност на средно збиената метличка кај различни колекции ориз, но истовремено покажуваат и присуство на поретки форми кои ја збогатуваат фенотипската структура на материјалот.



Графикон 40. Дистрибуција на фреквенции за збиеноста на метличката

5.6.3. Интегрирана анализа на квалитативните својства

Покрај поединечната анализа на фреквенциите за секое квалитативно својство, беше изработена и топлинска мапа со дендрограм, врз основа на бинарно кодирани категории на анализираните својства (Графикон 41). Секоја категорија беше претставена со вредности 1 и 0, при што 1 означува присуство на соодветната категорија кај одреден генотип, а вредноста 0 нејзино отсуство. Во топлинската мапа присуството и отсуството на категориите се прикажани со различни нијанси на сина боја, додека на хоризонталната оска се прикажани бинарно кодираните категории на квалитативните својства, а на вертикалната оска - испитуваните генотипови.

Овој приказ не ја заменува поединечната анализа на фреквенциите, туку ја надополнува преку интегрирано прикажување на комбинацијата на квалитативните својства кај секој генотип. За разлика од графиконите каде што секое својство се разгледува одделно, топлинската мапа овозможува истовремено согледување на повеќе категории и нивната распределба во рамките на испитуваниот материјал.

Дендрограмот добиен од топлинската мапа покажува дека генотиповите се групираат според сличноста во квалитативниот морфолошки профил, односно според присуството или отсуството на одделни категории поврзани со степенот на изразеност на осилките, бојата на осилките, хабитусот и збиеноста на метличката. Генотиповите што споделуваат иста или слична комбинација на категории се позиционирани поблиску еден до друг, додека генотиповите со различен квалитативен профил се издвојуваат во посебни подгрупи.

Ваквиот интегриран пристап е особено корисен кај квалитативните својства, бидејќи нивната дескрипторска вредност често произлегува не од едно својство поединечно, туку од нивната комбинација. Затоа, комбинираната анализа обезбедува покомплетна слика за морфолошката разновидност на испитуваната колекција.



Графикон 41. Топлинска мапа со дендрограм на испитуваните генотипови ориз врз основа на квалитативните својства на метличката

Во целина, анализата на квалитативните својства покажа дека испитуваниот материјал содржи неколку доминантни фенотипски категории, но и поретки карактеристики со значење за опис и идентификација на генотиповите. Најголем дел од генотиповите се карактеризираат со отсуство на осилки, наведната и средно збиена метличка.

Виолетовата обоеност на рабовите на листот, виолетовиот апикулус, целосната застапеност на осилки, кафеавата боја на осилките и исправената метличка се јавуваат кај помал број генотипови, но токму поради тоа имаат поголема дијагностичка вредност. Ваквата распределба покажува дека квалитативните својства претставуваат важен дополнителен сегмент во фенотипската карактеризација, особено кога се користат заедно со квантитативните морфолошки, производни и технолошки својства.

5.7. Оцена на диверзитетот врз основа на фенотипската карактеризација

Фенотипската карактеризација претставува значаен пристап за процена на диверзитетот кај генетските ресурси на оризот, бидејќи овозможува да се согледа варијабилноста изразена преку морфолошки, агрономски, продуктивни, технолошки и квалитативни својства. За разлика од поединечната анализа на секое својство, мултиваријантниот пристап овозможува генотиповите да се разгледуваат како целина, односно според нивниот вкупен фенотипски профил.

Според Fazal et al. (2022), агроморфолошките дескриптори, како квалитативни, така и квантитативни, претставуваат основа за процена на односите меѓу генотиповите кај оризот. Квантитативните својства ја одразуваат продуктивноста, растот, развојната динамика, архитектурата на растението и технолошкиот квалитет на зрното, додека квалитативните дескриптори овозможуваат визуелно разграничување и опис на генотиповите преку јасно дефинирани фенотипски категории. Затоа, нивната заедничка примена дава поцелосна слика за степенот на фенотипска разновидност во испитуваниот материјал.

5.7.1. Фенотипска дистанца и кластерска анализа врз основа на квантитативните својства

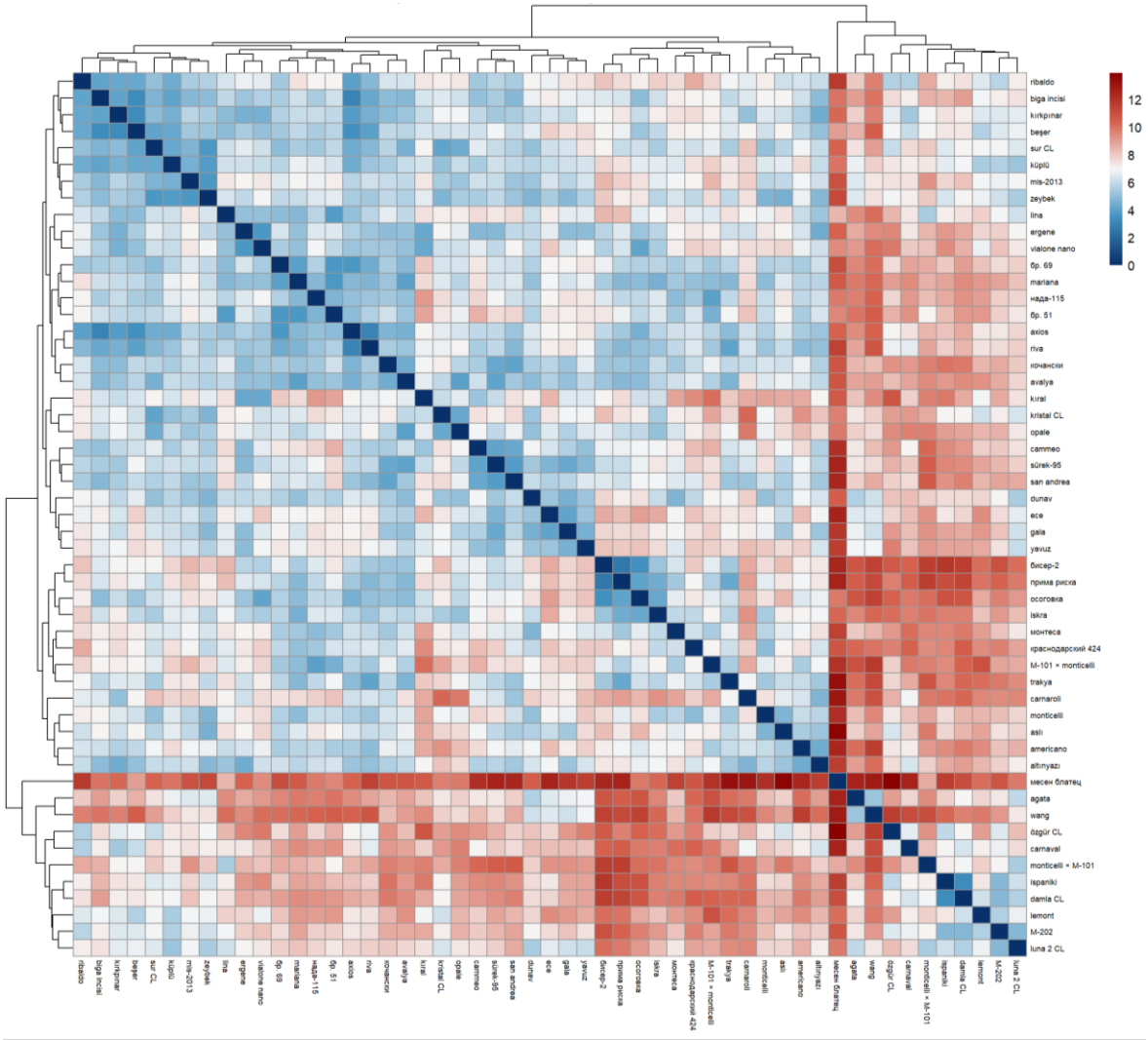
Фенотипската дистанца врз основа на квантитативните својства овозможува процена на степенот на сличност, односно различност меѓу испитуваните генотипови ориз според нивниот вкупен агроморфолошки, производен и технолошки профил. За разлика од поединечното толкување на секое својство, овој пристап ги интегрира сите мерливи показатели во единствена анализа и овозможува да се утврди кои генотипови се фенотипски блиски, а кои се издвојуваат како поразлични.

Топлинската мапа на Еуклидовата дистанца меѓу генотиповите е прикажана на Графикон 42. Интензитетот на бојата ја одразува големината на фенотипската дистанца, при што сините, односно постудените нијанси, означуваат поголема сличност меѓу генотиповите, додека портокаловите и црвените нијанси укажуваат на поголема фенотипска различност. Сината дијагонална линија ја претставува нултата дистанца на секој генотип со самиот себе.

Од топлинската мапа се забележува дека испитуваниот материјал не е фенотипски еднообразен. Одделни генотипови формираат јасно издвоени редови и колони со повисоки дистанци, што укажува на нивна поголема оддалеченост од остатокот на колекцијата. Особено изразена фенотипска дистанца беше утврдена кај месен блатец. Овој генотип формира јасно издвоен ред и колона во матрицата, што покажува дека поседува специфичен профил на квантитативни својства.

По *месен блатец*, повисока просечна Еуклидова дистанца имаа *wang* (9,42), *monticelli × M-101* (8,82), *damla CL* (8,47), *agata* (8,45) и *özgür CL* (8,36). Овие генотипови се разликуваат од поголемиот дел од испитуваниот материјал и придонесуваат кон вкупната фенотипска варијабилност на колекцијата. Најголемата поединечна дистанца во матрицата беше утврдена меѓу *месен блатец* и *özgür CL* (13,90), што

покажува дека овие два генотипа претставуваат најоддалечен пар според анализираните квантитативни својства.



Графикон 42. Топлинска мапа на Еуклидова дистанца меѓу генотиповите

Од друга страна, сините нијанси во одредени делови од матрицата укажуваат на постоење подгрупи со поголема меѓусебна фенотипска сличност. Најмала дистанца беше утврдена меѓу *бисер-2* и *прима риска* (2,52), што покажува дека овие два генотипа имаат најслични вредности за квантитативните својства во испитуваната колекција. Слична блискост покажаа и паровите *axios* - *riva* (3,05), *axios* - *biga incisi* (3,06) и *beşer* - *biga incisi* (3,29).

Најмала просечна дистанца во однос на целата колекција имаа *axios* (5,99), *sur CL* (6,03), *zeybek* (6,05), *kırkpınar* (6,06) и *riva* (6,07). Овие генотипови се наоѓаат поблиску до центарот на фенотипскиот простор и најдобро го претставуваат просечниот профил на испитуваниот материјал. Вкупниот опсег на Еуклидовата дистанца се движеше од 2,52 до 13,90, со просек од 7,13, што укажува на присуство и на блиски и на изразено оддалечени генотипови.

Хиерархиското групирање прикажано на рабовите на топлинската мапа дополнително ја потврдува оваа структура. Генотиповите не се распоредени случајно, туку се

организираат во неколку групи според нивната меѓусебна дистанца. Така, топлинската мапа не ја прикажува само големината на дистанцата меѓу поединечни парови генотипови, туку овозможува и визуелно препознавање на поширокатa кластерска организација на испитуваниот материјал.

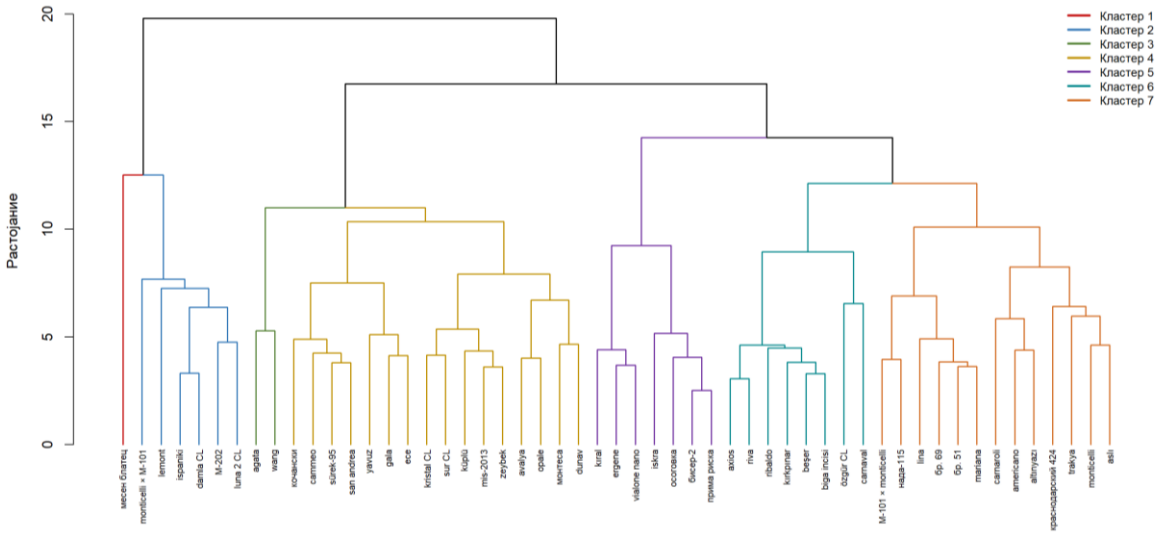
Вардовиот метод беше применет врз основа на Еуклидовите дистанци, пресметани од стандардизираните вредности на квантитативните својства. За разлика од топлинската мапа, која овозможува визуелна процена на поединечните дистанци, дендрограмот ја прикажува хиерархиската структура на групирањето и овозможува појасно издвојување на фенотипски блиски и фенотипски поодалечени групи. Кластерската анализа со Вардовиот метод се заснова на минимизирање на внатрешната варијабилност во кластерите, односно на обединување на оние генотипови или групи генотипови чие спојување предизвикува најмало зголемување на внатрекластерската варијанса.

Испитуваните генотипови ориз се групираа во седум кластери (Графикон 43). Бројот на кластери беше определен со Gap-статистика (Tibshirani et al., 2001), според правилото дека се избира најмалиот K кај кој $Gap(K) \geq Gap(K+1) - s(K+1)$. Големините на кластерите беа 16, 13, 8, 7, 6, 2 и 1 генотип, што покажува дека дел од групите се поширoки и претставуваат повеќе сродни генотипови, додека дел се многу мали или составени од еден генотип.

Составот на кластерите не се совпаѓаше со земјата на потекло. Турските генотипови беа распрснати низ шест од седумте кластери, италијанските низ пет, а македонските низ четири кластери. Овој резултат покажува дека фенотипската структура на колекцијата е определена пред сè од архитектурата на растенијата, продуктивниот склоп, крупноста на зрното и технолошките показатели, а не од географското потекло на материјалот. Оттука, генотиповите од иста земја не мора да бидат фенотипски најблиски, додека генотипови со различно потекло може да се групираат заедно поради слични агрономски и морфолошки својства.

Најголемиот, четвртиот кластер (*avalya, cammeo, dunav, ece, gala, kristal CL, küplü, mis-2013, opale, san andrea, sur CL, sürek-95, yavuz, zeybek, кочански* и *монтеса*) ги опфаќа претежно турските и италијанските генотипови со висок принос и умерена висина. Седмиот кластер (*altınyazı, americano, aslı, carnaroli, lina, mariana, monticelli, trakya, M-101 × monticelli, бр. 51, бр. 69, краснодарский 424* и *нада-115*) е сочинет од генотипови со највисоко стебло и со најдолга метличка, но со послаб принос. Шестиот кластер (*axios, beşer, biga incisi, carnaval, kırkpınar, ribaldo, riva и özgür CL*) го сочинуваат генотипови кои имаа најмалку продуктивни метлички на m² и најдолг вегетациски период. Генотиповите кои припаднаа во петтиот кластер (*ergene, iskra, kıral, vialone nano, бисер-2, осоговка* и *прима риска*) се одликуваа со најкрупно зрно, но со најслаб рандман на цели зрна и највисок удел на кршени зрна. Генотиповите од вториот кластер (*M-202, damla CL, ispaniki, lemont, luna CL* и *monticelli × M-101*) имаа најнизок принос и најситно зрно.

Два кластери содржат мал број генотипови. Третиот кластер ги обединува *agata* и *wang* – двата италијански генотипови со изразен специфичен продуктивен склоп (најмногу продуктивни метлички на m², најниско стебло, најкратка метличка, највисок принос и најдобар рандман на цели зрна при најнизок удел на кршени зрна). Тие претставуваат модерен полуџуџест тип со висока густина на метлички. Првиот кластер го содржи само генотипот *месен блатец*, кој се издвојува исклучиво поради екстремната раностасност и поради најнискиот принос во колекцијата.



Графикон 43. Вардов дендрограм врз основа на Еуклидова дистанца

Слични резултати се наведени и во други истражувања кај ориз, каде што кластерската анализа врз основа на квантитативни агроморфолошки и приносни својства овозможила издвојување на генотипови во неколку фенотипски различни групи. Kiani (2013), при анализа на 20 сорти ориз, применил Вардов метод и Еуклидова дистанца и ги класифицирал генотиповите во три групи, при што како значајни својства за селекција биле издвоени вкупниот број зрна во метличка, бројот на исполнети зрна во метличка, бројот на братимки и приносот на зрно. Sharifi (2018), при анализа на 64 генотипа од ориз, од кои 56 мутантни линии од M5 генерација и 8 контролни сорти, применил хиерархиска кластерска анализа со Вардов метод врз основа на квадратна Еуклидова дистанца. Генотиповите биле групирани во три главни кластери, а се разликувале според висината на растението, должината на интернодиите, должината и масата на метличката, бројот на метлички, бројот на продуктивни и непродуктивни зрна, продуктивноста и приносот на зрно, масата на 100 зрна, димензиите на зрното, содржината на амилоза и температурата на желатинизација. Singh Yadav et al. (2024), при анализа на 20 генотипови ориз, исто така добиле поделба на седум кластери врз основа на агроморфолошки својства, при што дел од кластерите содржеле само еден или два генотипа. Слично, Konak et al. (2021) утврдиле дека кај турските локални популации ориз морфолошкото групирање само делумно се совпаѓа со молекуларното и дека фенотипските кластери не треба да се изедначуваат со генетски групи.

5.7.2. Фенотипска дистанца и кластерска анализа врз основа на комбинирани квантитативни и квалитативни својства

Со цел да се добие посеопфатна оцена на фенотипската варијабилност кај испитуваните 53 генотипови ориз, покрај анализата заснована само на квантитативните својства беше извршена и анализа на фенотипска дистанца врз основа на комбиниран сет од квантитативни и квалитативни својства. За таа цел беше применет Говеровиот коефициент, кој претставува соодветен метод за анализа на мешан тип податоци, бидејќи овозможува заедничко разгледување на континуирани, мерливи променливи и квалитативни, категоријални дескриптори во единствена

матрица на сличност, односно оддалеченост (Gower, 1971; Mohammadi & Prasanna, 2003; Moura et al., 2010; Sudré et al., 2010; Copati et al., 2022; Liu et al., 2024).

Овој пристап е особено корисен кај фенотипската карактеризација на гермплазма, бидејќи квалитативните својства можат да издвојат генотипови кои според квантитативните вредности се блиски, но се разликуваат според морфолошки дескриптори како боја на осилки, хабитус или збиеност на метличката. Затоа, Говеровата дистанца не ја заменува Еуклидовата анализа, туку ја надополнува со дополнителни фенотипски информации.

Топлинската мапа на Говеровата дистанца е прикажана на Графикон 44. Како и кај Еуклидовата дистанца, посветлите блокови укажуваат на групи генотипови со поголема меѓусебна сличност, додека потемните или поинтензивни нијанси означуваат поголема фенотипска оддалеченост. Бидејќи во оваа анализа се вклучени и квалитативни својства, структурата на матрицата не ја одразува само разликата во приносот, морфологијата и технолошките показатели, туку и разликите во категоријалните дескриптори на метличката.

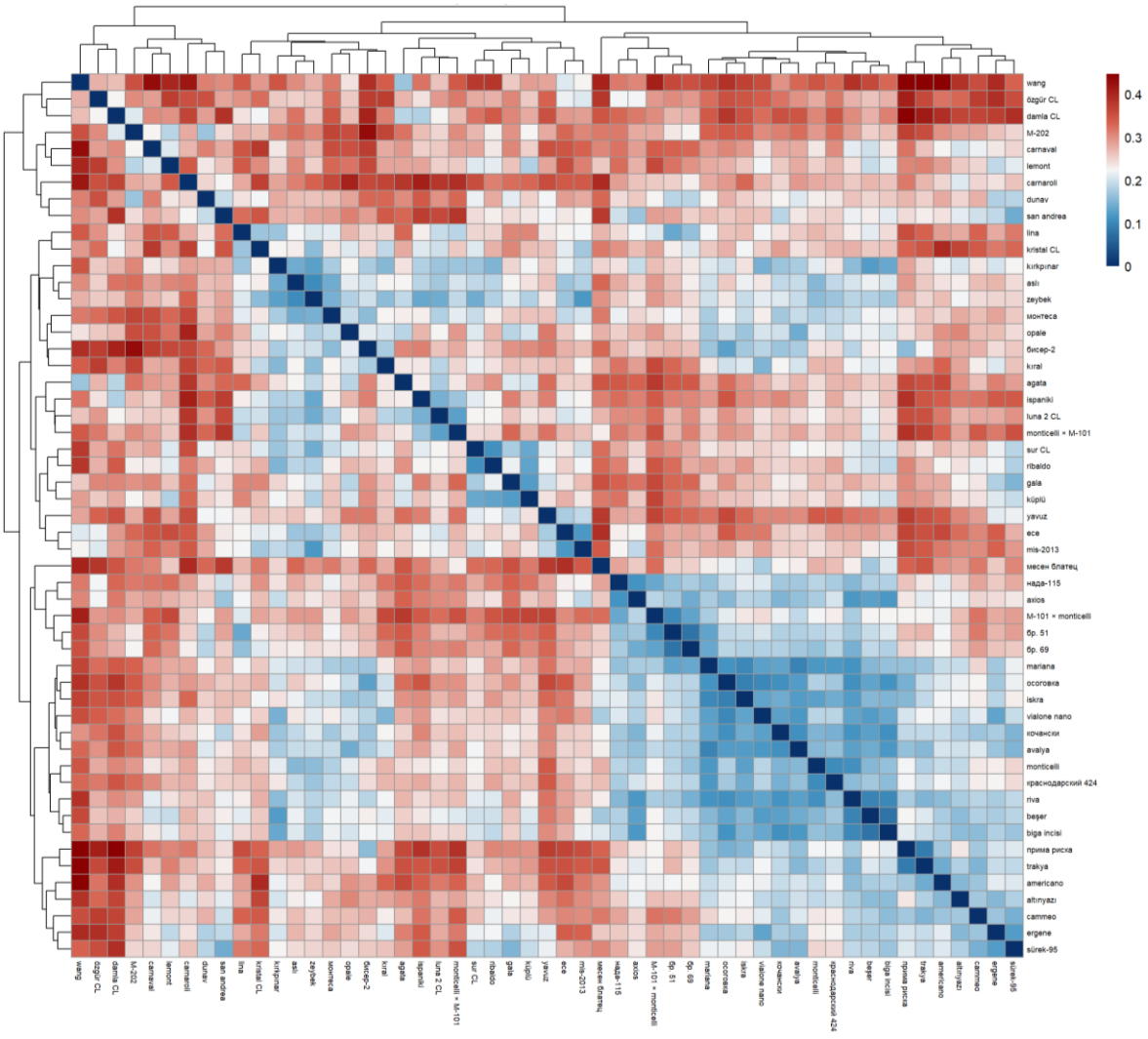
Најмала Говерова дистанца беше утврдена меѓу *бр. 51* и *бр. 69* (0,078), што покажува дека овие два генотипа имаат многу сличен комбиниран фенотипски профил. Слична блискост покажаа и паровите *beşer - biga incisi* (0,079), *прима риска - trakya* (0,088) и *осоговка - iskra* (0,091). Овие парови се блиски не само според дел од квантитативните својства, туку и според вклучените квалитативни дескриптори, што ја потврдува нивната фенотипска сродност.

Најмала просечна Говерова дистанца во однос на целата колекција имаа *beşer*, *riva* и *biga incisi*, со по 0,203, потоа *кочански* (0,208) и *avalya* (0,209). Овие генотипови се позиционираат поблиску до центарот на комбинираниот фенотипски простор и може да се сметаат за претставници на просечниот профил на анализираниот материјал. Вкупниот опсег на Говеровата дистанца се движеше од 0,078 до 0,447, со просек од 0,252, што покажува дека вклучувањето на квалитативните својства создава покомпактна, но сепак информативна структура на оддалеченост.

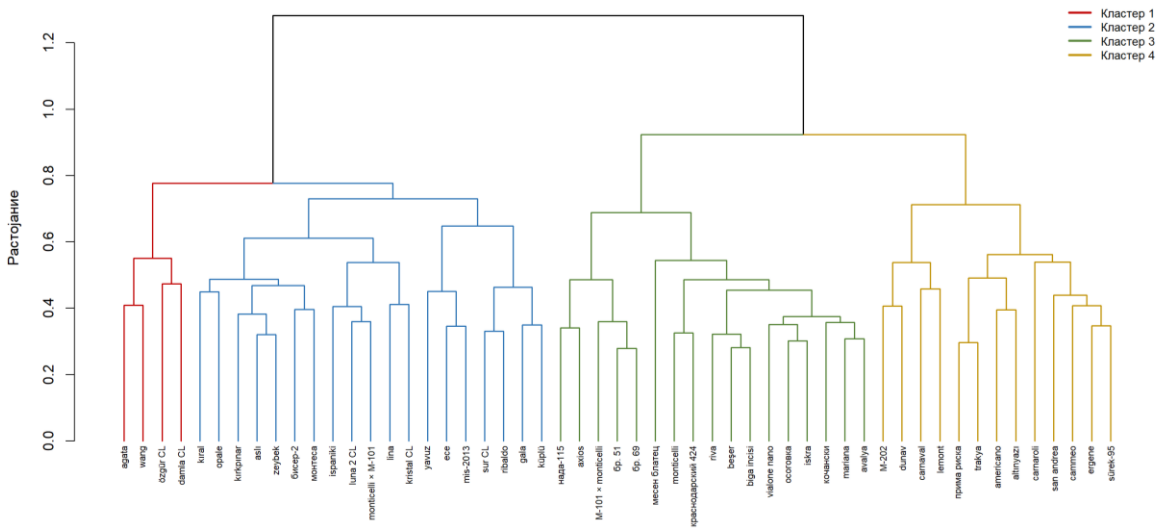
Врз основа на Говеровата дистанца, генотиповите се групираа во четири кластери, исто така определени со Gap-статистика (Графикон 45). Првиот кластер опфаќа само четири генотипови: *agata*, *damla CL, wang u özgür CL*. Овие генотипови се издвојуваат како посебна група во комбинираниот фенотипски простор, што покажува дека нивната сличност не произлегува само од квантитативните показатели, туку и од вклучените квалитативни дескриптори. Вториот кластер е најголем и опфаќа 19 генотипови: *aslı*, *ece, gala, ispaniki, kristal CL, küplü, kıral*, *kırkpınar*, *lina, luna CL*, *mis-2013, monticelli × M-101, opale, ribaldo, sur CL, yavuz*, *zeybek, бисер-2* и *монтеса*. Големината на овој кластер покажува дека значителен дел од материјалот има комбиниран фенотипски профил што е доволно близок за да се групира заедно, иако овие генотипови може да се разликуваат по поединечни својства.

Во третиот кластер се групирани 17 генотипови, меѓу кои *avalya*, *axios*, *beşer*, *biga incisi*, *iskra*, *mariana*, *monticelli*, *riva*, *vialone nano*, *M-101 × monticelli*, *бр. 51* и *бр. 69.* Овој кластер претставува група со изразена сличност во комбинираниот профил на квантитативни и квалитативни својства. Четвртиот кластер ги опфаќа преостанатите генотипови и ја надополнува поделбата добиена со Говеровата дистанца. Говеровата анализа дава покомпактна поделба на четири кластери. Тоа покажува дека додавањето на квалитативните својства ја менува структурата на групирање и ги спојува дел од генотиповите кои се различни во однос на квантитативните својства врз основа на

нивната морфолошка сличност. Фотографии од метличките на секој генотип по кластери се прикажани во поглавје 8.



Графикон 44. Топлинска мапа на фенотипска дистанца, пресметана со Говеров коефициент



Графикон 45. Вардов дендрограм врз основа на Говерова фенотипска дистанца

5.7.3. Споредбена анализа на добиените кластери

Споредбената анализа на добиените кластерски решенија овозможува да се согледа како вклучувањето на квалитативните својства ја менува положбата на генотиповите во фенотипскиот простор.

Распределбата на генотиповите меѓу двете кластерски анализи покажува дека тие не се разидуваат случајно. Најголемиот Еуклидов кластер, кој ги обединува претежно турските и италијанските генотипови со висок принос, во Говеровата анализа се распределува претежно во вториот кластер, односно 10 од 16 генотипови остануваат во иста поширока група. Ова покажува дека дел од продуктивниот и агроморфолошкиот профил на овие генотипови се задржува и кога во анализата се додаваат квалитативните дескриптори.

Седмиот Еуклидов кластер, кој ги обединува највисоките генотипови и генотиповите со најдолга метличка, во Говеровата анализа се разделува меѓу третиот и четвртиот кластер. Седум генотипови преминуваат во третиот, а четири во четвртиот Говеров кластер. Ова покажува дека квалитативните својства внесуваат дополнителна диференцијација меѓу генотиповите што според квантитативните показатели се блиски. Генотиповите може да бидат слични според висината, должината на метличката или крупноста на зрното, но да се разликуваат според хабитусот, збиеноста или осиленоста на метличката.

Двата генотипа *agata* и *wang*, која кај Еуклидовата дистанца формираат сопствен кластер, во Говеровата анализа останува заедно во првиот кластер, заедно со *damla CL* и *özgür CL*. Ова покажува дека нивната издвоеност не е случајна и не произлегува само од еден тип податоци. Напротив, тие имаат специфичен фенотипски профил што се потврдува и со квантитативната и со комбинираната анализа. Вклучувањето на *damla CL* и *özgür CL* во истиот Говеров кластер укажува дека квалитативните дескриптори на метличката се поврзани со архитектурата на растението и со продуктивниот склоп.

Месен блатец, кој во квантитативната анализа формира сопствен кластер поради екстремната раностасност и специфичниот приносен профил, во Говеровата анализа влегува во третиот, поголем кластер. Ова потврдува дека неговата издвоеност е, пред сè, фенолошка и производна, а не квалитативно-морфолошка. Според хабитусот,

збиеноста и присуството на осилки кај метличката, тој не се разликува доволно од поголем дел од генотиповите за да остане издвоен и во комбинираната анализа.

Фенотипски оддалечените генотипови можат да бидат корисни како потенцијални родителски форми, но нивниот избор треба да се темели не само на нивната припадност во одредени кластери, туку и на конкретните својства што ги прават вреден селекциски материјал, како принос, стабилност, крупност на зрното, рандман, раностасност или морфолошка специфичност.

Fazal et al. (2022) утврдиле дека кај локални сорти ориз различните мерки за дистанца даваат групирања што меѓусебно се преклопуваат, но не се идентични, и препорачуваат заедничко толкување на повеќе пристапи. Gautam et al. (2025) дошле до сличен заклучок при анализа на локални форми ориз со комбиниран сет агроморфолошки и квалитетни својства, укажувајќи дека распределбата на материјалот зависи од тоа кои групи својства се вклучени во анализата. Konak et al. (2021), пак, покажале дека кај турски локални популации ориз морфолошките и молекуларните групирања само делумно се совпаѓаат.

Резултатите покажуваат дека испитуваната колекција ориз поседува значајна фенотипска разновидност, но таа е организирана како континуирана варијабилност, а не како јасно разграничени групи според потеклото. Ова има практично значење за селекцијата, бидејќи изборот на родителски парови треба да се насочува кон генотипови што се фенотипски оддалечени и истовремено носат комплементарни, селекциски корисни својства. На тој начин кластерската анализа може да послужи како поддршка при планирање на вкрстувања, но не како единствен критериум за избор.

6. ЗАКЛУЧОЦИ

Врз основа на двегодишното испитување на 53 генотипови ориз (*Oryza sativa* L.) од домашно и странско потекло, може да се изведат следните заклучоци:

1. Испитуваната гермплазма од ориз се одликува со изразена фенотипска, агрономска и технолошка варијабилност. Утврдениот распон на вредности кај најголем дел од анализираните својства укажува дека материјалот има значајна вредност за фенотипска евалуација, селекција, зачувување и понатамошно користење во програми за подобрување на оризот.

2. Анализата на варијанса потврди значајно влијание на генотипот, годината и интеракцијата генотип × година, врз најголем дел од квантитативните својства. Ова покажува дека експресијата на својствата е условена и од генетската основа на генотиповите и од агроеколошките услови во годините на испитување.

3. Фенолошките својства овозможија разграничување на генотипови со различна должина на вегетацискиот период. Како особено раностасен генотип се издвои *месен блатец*, кој може да има вредност како почетен материјал за селекција насочена кон скратување на вегетацијата.

4. Кај морфолошките својства беше утврдена значајна варијабилност во архитектурата на растенијата, особено кај висината на растението, висината на стеблото и должината на метличката. Овие својства имаат важност за морфолошко разграничување на генотиповите и за процена на нивната селекциска вредност.

5. Производните својства покажаа широк опсег на варирање. Приносот на зрно се движеше од 5 003 до 14 155 kg/ha, при што, како најприносни се издвоија *wang, san andrea, sürek-95, кочански, бисер-2, camteo* и *прима риска*. Овие генотипови претставуваат материјал со висок производен потенцијал во условите на Кочанската Котлина.

6. Жетвениот индекс вариираше од 0,258 до 0,568. Највисока вредност беше утврдена кај *lemont*, а поволни вредности покажаа и *iskra, прима риска, aslı, san andrea, бисер-2, kristal CL, opale* и *осоговка*. Овие генотипови се одликуваат со поефикасна распределба на биомасата кон приносот на зрно.

7. Технолошките својства укажаа на значајни разлики во преработувачкиот квалитет на испитуваната гермплазма од ориз. Поволен профил, со висок удел на цели зрна бел ориз и низок удел на кршен ориз, беше утврден кај *wang, carnaroli, özgür CL, agata, mis-2013, zeybek, altınyazı, küplü, aslı, carnaval, san andrea* и *ece*.

8. Параметрите на варијабилноста покажаа дека фенотипскиот коефициент на варијација беше повисок од генотипскиот кај сите својства, што го потврдува влијанието на средината врз нивната експресија. Сепак, кај дел од својствата разликата меѓу GCV и PCV беше мала, што укажува на поголема стабилност и повисока применливост во фенотипска селекција.

9. Највисока херитабилност во поширока смисла беше утврдена кај апсолутната маса на сиров ориз, должината на метличката, апсолутната маса на бел ориз, висината на растението и висината на стеблото. Овие својства имаат поизразена генетска компонента и можат да се користат како посигурни селекциски критериуми.

10. Очекуваниот генетски напредок, изразен како процент од средната вредност, овозможи дополнително издвојување на својства со повисок селекциски потенцијал.

Комбинацијата од висока херитабилност и поволен генетски напредок укажува дека директната селекција може да биде ефикасна кај дел од морфолошките, производните и технолошките својства.

11. Корелациската анализа покажа дека приносот на зрно е најсилно поврзан со масата на продуктивните метлички, биолошкиот принос, жетвениот индекс и бројот на продуктивни метлички на единица површина. Овие својства можат да имаат значење како индиректни показатели при избор на генотипови со повисок принос.

12. Path-анализата покажа дека масата на продуктивните зрна во метличка е директно условена од бројот на примарни гранчиња во метличка, висината на стеблото, бројот на денови до метличење и цветање и бројот на непродуктивни зрна во метличка. Овие резултати укажуваат дека продуктивноста на метличката зависи од комбинираното дејство на нејзината архитектура, развојната динамика и степенот на исполнетост на зрната.

13. Анализата на главни компоненти покажа дека првите седум компоненти објаснуваат 81,90 % од вкупната варијабилност. Најголем придонес во диференцијацијата на генотиповите имаа својствата поврзани со продуктивноста на метличката, растителната архитектура, приносот и технолошкиот квалитет на зрното.

14. Квалитативната карактеризација ја дополни проценатa на фенотипската разновидност преку својства поврзани со присуството и бојата на осилките, хабитусот и компактноста на метличката, како и пигментацијата на одделни делови од растението и зрното. Појавата на ретки дескрипторски варијанти има значење за идентификација и морфолошко разграничување на генотиповите.

15. Кластерските анализи врз основа на Еуклидова дистанца за квантитативните својства и Говерова дистанца за комбинираните квантитативни и квалитативни податоци овозможија групирање на генотиповите според нивната фенотипска сличност и различност. Како поизразено дивергентни генотипови се издвоија *месен блатец, wang, agata, özgür CL, damla CL, monticelli × M-101, краснодарский 424* и *lemont*. Овие генотипови претставуваат потенцијални родители за вкрстување со генотипови од различни кластери, при што изборот на конкретните комбинации треба да се заснова и на својствата што се цел на селекцијата.

16. Резултатите ја потврдуваат вредноста на испитуваната гермплазма од ориз како извор на корисна варијабилност за принос, технолошки квалитет, раностасност, растителна архитектура и фенотипска дивергентност. Генотиповите со висок принос и поволен технолошки квалитет можат да имаат практично значење за производството, додека дивергентните генотипови претставуваат вреден почетен материјал за идни селекциски програми.

17. Истражувањето обезбедува основа за поефикасна карактеризација, зачувување и селекциска валоризација на гермплазмата од ориз во Република Северна Македонија. Добиените резултати се применливи за насочување на идни активности за унапредување на домашниот сортимент и за рационално користење на достапниот генетски материјал од ориз.

7. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

Adhikari, B. N., Joshi, B. P., Shrestha, J., & Bhatta, N. R. (2018). Genetic variability, heritability, genetic advance and correlation among yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agriculture and Natural Resources, 2*(1), 149-160 https://doi.org/10.3126/janr.v1i1.22230

Adjah, K. L., Abe, A., Adetimirin, V. O., & Asante, M. D. (2020). Genetic variability, heritability and correlations for milling and grain appearance qualities in some accessions of rice (*Oryza sativa* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants, 26*(6), 1309–1317. https://doi.org/10.1007/s12298-020-00826-x

Adriani, D.E., Dingkuhn, M., Dardou, A., Adam, H., Luquet, D., Lafarge, T. (2016). Rice panicle plasticity in Near Isogenic Lines carrying a QTL for larger panicle is genotype and environment dependent. *Rice, 9*(28). https://doi.org/10.1186/s12284-016-0101-x

Agata, A., Ando, K., Ota, S., Kojima, M., Takebayashi, Y., Takehara, S., Doi, K., Ueguchi-Tanaka, M., Suzuki, T., Sakakibara, H., Matsuoka, M., Ashikari, M., Inukai, Y., Kitano, H., Hobo, T. (2020). Diverse panicle architecture results from various combinations of Prl5/GA20ox4 and Pbl6/APO1 alleles. *Communications Biology, 3*, 302. DOI https://doi.org/10.1038/s42003-020-1036-8

Agata, A., Ashikari, M., Sato, Y., Kitano, H., Hobo, T. (2023). Designing rice panicle architecture via developmental regulatory genes. *Breed Sci., 73*(1), 86-94. https://doi.org/10.1270/jsbbs.22075

Ahmad, M. S., Singh, B., Manzoor, S., Lal, E. P., Roshan, B., Sharma, K., Kumar, A., Singh, N. K., Vikram, P., Singh, P. K. (2020). Field Screening of Rice Germplasm (*Oryza sativa* L. ssp. *japonica*) Based on Days to Flowering for Drought Escape. *Plants, 9*(5), 609. https://doi.org/10.3390/plants9050609

Ahmed, M. S., Bashar, M. K., & Shamsuddin, A. K. M. (2016). Study of qualitative characters of Balam rice (*Oryza sativa* L.) land races of Bangladesh. *Rice Genomics and Genetics, 7*(1), 1–8. https://doi.org/10.5376/rgg.2016.07.0001

Ahmed, M.S., Majeed, A., Attia, K.A., Javaid, R.A., Siddique, F., Farooq, M.S., Uzair, M., Yang, S.H., Abushady, A.M. (2024). Country-wide, multi-location trials of Green Super Rice lines for yield performance and stability analysis using genetic and stability parameters. *Scientific Reports, 14*, 9416. https://doi.org/10.1038/s41598-024-55510-x

Akay, H. (2022). Grain and Straw Yield of Paddy Cultivars and Feed Quality Traits of Paddy Straw. *Gesunde Pflanzen, 74*, 549-560. https://doi.org/10.1007/s10343-022-00630-5

Akhgari, H., & Kaviani, B. (2011). Assessment of direct seeded and transplanting methods of rice cultivars in the northern part of Iran. *African Journal of Agricultural Research, 6*(31), 6492–6498. Doi: https://doi.org/10.5897/AJAR11.973

Akinwale, M.G., Gregorio, G., Nwilene, F., Akinyele, B.O., Ogunbayo, S.A. and Odiyi, A.C. (2011). Heritability and correlation coefficient analysis for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Plant Science*, 5(3), 207-212.

Alam, M., Lou, G., Abbas, W., Osti, R., Ahmad, A., Bista, S., Ahiakpa, J.K., He, Y. (2024). Improving rice grain quality through ecotype breeding for enhancing food and nutritional security in Asia–Pacific region. *Rice*, *17*.47. https://doi.org/10.1186/s12284-024-00725-9

Alemu, B., Tesfaye, K., Haileselassie, T., & Lule, D. (2017). Broad sense heritability and genetic advance for grain yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in western Ethiopia. International Journal of Genetics and Molecular Biology, 9(4), 21-25. https://doi.org/10.5897/IJGMB2017.0158

Alionte, G., Alionte, E. (1998). Results obtained in rice breeding (*Oryza sativa* L.) by induced mutation methods. *Cahiers Options Méditerranéennes,24,*3, "Rice quality: a pluridisciplinary approach", Proceedings of the international Symposium held in Nottingham, UK, November 24-27, 1997 Copyright © CIHEAM, 1998.

Allard, R.W. (1999). *Principles of Plant Breeding*. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York.

Alshugeairy, Z. K., Alogaidi, F. F., Hadi, B. H., & Hassan, W. A. (2023). Path coefficient analyses of introduced rice varieties under different planting distances. SABRAO *Journal of Breeding and Genetics, 55*(2), 516–524. https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.23

Andov, D., Andreevska, D., Simeonovska, E. (2012). Yield and some morphological properties of newly introduced Italian rice varieties grown in Macedonia, *Agro-knowledge Journal, 13*(1), 47-54.

Andov, D., Andreevska, D., Simeonovska, E., Dimitrovski, T. (2017). Characteristics of five Turkish rice cultivars (*Oryza sativa* L.) grown under the environmental conditions of the Republic of Macedonia. 6th International Symposium on Agricultural Science, February 27-March 2, 2017, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina. *Agro-knowledge journal*, *18*(1), 17-26.

Andreevska, D., Andov, D., Jovovic, Z., Simeonovska, E. (2012). Morphological characters and yield analysis of Bianca and Galileo - two newly introduced varieties of rice (*Oryza sativa* L.) in Macedonia. *Agriculture & Forestry, 58*(4), 15-24.

Andreevska, D., Andov, D., Menkovska, M., Gjorgjovska, N., Levkov, V., & Dimitrovski, T. (2017). Physicochemical properties of some domestic and introduced rice varieties in Macedonia. *Romanian Agricultural Research*, 34, 9–14.

Andreevska, D., Andov, D., Menkovska, M., Simeonovska, E., Dimitrovski, T. (2015) Head rice yield of some domestic and foreign rice varieties (*Oryza sativa* L.) grown in the Republic of Macedonia. *Macedonian Journal of Animal Science*, 5(2), 89-94.

Andreevska, D., Andov, D., Simeonovska, E., & Dimitrovski, T. (2019). Morphological and productive properties of Efe, Hamzadere, Çakmak and Tunca rice varieties in the rice producing conditions of North Macedonia. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research, 3*(3), 392–401. https://doi.org/10.29329/ijiaar.2019.206.5

Anisuzzaman, M., Rafii, M. Y., Ramlee, S. I., Jaafar, N. M., Haque, M. A., Ahmad, S., Halim, M. A., & Raza, A. (2022). The nutrient content, growth, yield, and yield attribute traits of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes as influenced by organic fertilizer in Malaysia. *Sustainability*, *14*(9), 5692. https://doi.org/10.3390/su14095692

Anputhas, M., Samita, S., & Abeysiriwardena, D. S. D. Z. (2011). Stability and adaptability analysis of rice cultivars using environment-centered yield in two-way ANOVA model. *Communications in Biometry and Crop Science, 6*(2), 80-86.

Ariharasutharsan, G., Karthikeyan, A., Geetha, S., Saraswathi, R., Raveendran, M., Krishna-Surendar, K., Ananda-Lekshmi, L.-D., Kailappan, A., Suresh, R., Devasena, N. (2024). Refining the major-effect QTL and candidate genes associated with grain number per panicle by QTL-seq in rice (*Oryza sativa* L.). *Euphytica, 220(*154). https://doi.org/10.1007/s10681-024-03410-6

Asano, K., Miyao, A., Hirochika, H., Kitano, H., Matsuoka, M., Ashikari, M. (2010). SSD1, which encodes a plant-specific novel protein, controls plant elongation by regulating cell division in rice. Proc. *Jpn. Acad. Ser. B Phys. Biol. Sci., 86*, 265-273. https://doi.org/10.2183/pjab.86.265

Ballesteros, R. (1997) Rice production and research in Spain. In: Chataigner J. (ed.). Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen. Montpellier: CIHEAM, 161-164 (*Cahiers Options Méditerranéennes, 24*(2)).

Bao, J. (2019). Rice milling quality. In: *Rice: Chemistry and Technology*, 339-369. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811508-4.00010-1

Barhate, K.K., Jadhav, M.S., Bhavsar, V.V. (2021) Genetic variability, heritability and genetic advance in aromatic lines of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *10*(3), 360-362.

Barona, M. A., Díaz, R. S., & Suárez, R. R. (2021). Adaptability and grain yield stability of rice hybrids and varieties in Venezuela. *Bioagro, 33*(3), 181-190.

Behera, P.K., Kumar, V., Sharma, S.S., Lenka, S.K., Panda, D. (2023). Genotypic diversity and abiotic stress response profiling of short-grain aromatic landraces of rice (*Oryza sativa* L. *Indica*). *Current Plant Biology*, *33*, 100269. https://doi.org/10.1016/j.cpb.2022.100269

Berdugo-Cely, J.A., Perez-Pazos, J.V., Perez-Cantero, S.P., Morales-Angulo, J.G., Romero-Ferrer, J.L. (2025). Genetic diversity and population structure of regional rice genotypes from Colombia's Caribbean and Pacific regions: differentiation and ancestry in relation to the 3000 Rice genomes project. *Genetic Resources and Crop Evolution, 72*, 10001-10016. https://doi.org/10.1007/s10722-025-02549-y

Berie, A., & Dejene, T. (2025). Morphological Characterization and Multivariate Analysis of Rain Fed Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes in Northwest Ethiopia. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, *13*(2), 423–438.

Beşer, N., Sürek, H., Şahin, S., Kaya, R., Tuna, B., & Çakır, R. (2015). Determinatinon of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes suitable for drip irrigation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science, 21*(6), 1222–1228.

Bhadru, D., Lokanadha Reddy, D., Ramesha, M.S. (2011). Correlation and path coefficient analysis of yield and yield contributing traits in rice hybrids and their parental lines. *Electronic Journal of Plant Breeding, 2*(1), 112-116.

Bhusal, B., Bhattarai, S., Ghimire, K. H., Jha, R. K., Acharya, M., & Shrestha, J. (2023). Agro-morphological characterization and diversity assessment of advanced breeding lines of spring rice in the plains of eastern Nepal. *Journal of Agriculture and Natural Resources, 6*(1), 42–56.

Bioversity International, IRRI and WARDA. (2007). *Descriptors for wild and cultivated rice (Oryza spp.*). Bioversity International, Rome, Italy; International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines; WARDA, Africa Rice Center, Cotonou, Benin.

Bitew, J. M. (2016). Estimation of genetic parameters, heritability and genetic advance for yield related traits in upland rice (*Oryza sativa* L. and *Oryza glaberrima* Steud) genotypes in Northwestern Ethiopia. *World Scientific News*, *47*(2), 340–350.

Bollinedi, H., Vinod, K.K., Bisht, K., Chauhan, A., Gopala, K.S., Bhowmick, P.K., Nagarajan M., Sanjeeva, R.D., Ellur, R.K., Singh, A.K. (2020) Characterising the diversity of grain nutritional and physico-

chemical quality in Indian rice landraces by multivariate genetic analyses. *Indian Journal of Genetics, 80*(1), 26-38. https://doi.org/10.31742/IJGPB.80.1.4

Boyadjiev, P. (1996). Rice production in Bulgaria. In: Chataigner J. (ed.). Economie du riz dans le Bassin Méditerranéen. Montpellier: CIHEAM, 29 (*Cahiers Options Méditerranéennes; 15*(2)).

California Cooperative Rice Research Foundation (2014). *Rice breeding progress report*. California Cooperative Rice Research Foundation. January 30, 2015 Rice Experiment Station P.O. Box 306, Biggs, CA 95917-0306.

Calingacion, M., Laborte, A., Nelson, A., Resurreccion, A., Concepcion, J. C., Daygon, V. D.,... & Fitzgerald, M. (2014) Diversity of global rice markets and the science required for consumer-targeted rice breeding. *PloS one, 9*(1), e85106. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085106

Cameron, D.K., Wang, Y.J., Moldenhauer, K.A. (2008), Comparison of Physical and Chemical Properties of Medium-Grain Rice Cultivars Grown in California and Arkansas. *Journal of Food Science, 73*: C72-C78. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00631.x

Chakrabarty, S.K., Joshi, M.A., Singh, Y., Maity, A., Vashisht, V., Dadlani, M. (2012). Characterization and evaluation of variability in farmers' varieties of rice from West Bengal. *Indian Journal of Genetics and Plant, 72*(2), 136-142.

Chandraker, Pratibha, Bhawana Sharma, Mangla Parikh, and Ritu R. Saxena. (2024). Assessment of Genetic Diversity in Aromatic Short Grain Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes Using PCA and Cluster Analysis. *International Journal of Plant & Soil Science 36*(5), 82-94. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i54504

Channannavar, R., Chikkalingaiah, Ajay B. C., & Manjuntaha, B. (2020). Estimation of genetic variability parameters in germplasm accessions of rice. *Mysore Journal of Agricultural Sciences, 54*(2), 51–55.

Chemeda G. (2018). Genotype x Environment Interaction and Yield Stability in Improved Rice Varieties (Oryza sativa L.) Tested over Different Locations in Western Oromia, Ethiopia. *GJSFR-D Agriculture & Veterinary, 18* (D5).

Chen, Y., Zhao, L., Wang, C., Li, H., Huang, D., Wang, Z., Zhou, D., Pan, Y., Gong, R., Zhou, S. (2023). Stay-Green Panicle Branches Improve Processing Quality of Elite Rice Cultivars. *Rice Science, 30*, 11-14. https://doi.org/10.1016/j.rsci.2022.08.001

Cheng, L., Kim, K.-W., Park, Y.-J. (2019). Evidence for selection events during domestication by extensive mitochondrial genome analysis between japonica and indica in cultivated rice. *Scientific Reports, 9*, 10846 https://doi.org/10.1038/s41598-019-47318-x

Cheng, X., Huang, Y., Tan, Y., Tan, L., Yin, J., Zou, G. (2022). Potentially useful dwarfing or semi-dwarfing genes in rice breeding in addition to the SD1 gene. *Rice, 15*(1), 66.

Chigira, K., Kojima, N., Yamasaki, M., Yano, K., Adachi, S., Nomura, T., Jiang, M., Katsura, K., Ookawa, T. (2020). Landraces of temperate japonica rice have superior alleles for improving culm strength associated with lodging resistance. *Scientific Reports, 10*, 19855. https://doi.org/10.1038/s41598-020-76949-8

China National GeneBank (CNGB) https://www.cngb.org

Cohen, D. (2011) The beginnings of agriculture in China: A multi-regional view. *Curr Anthropol, 52*, 273-293. https://doi.org/10.1086/659965

Copati, M., Torres, L., Da Riva, F., Pessoa, H., Almeida, G., Nascimento, A. C., & Nascimento, M. (2022). Combining quantitative and qualitative descriptors to predict genetic diversity in Capsicum. *Asian Journal of Crop Science*, *16*(06), 706-801.

Counce, P.A., Keisling, T.C., Mitchell, A.J. (2000). A Uniform, Objective, and Adaptive System for Expressing Rice Development. Crop Science, 40, 436–443. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402436x

Crowell, S., Korniliev, P., Falcão, A., Ismail, A., Gregorio, G., Mezey, J., McCouch, S. (2016). Genome-wide association and high-resolution phenotyping link *Oryza sativa* panicle traits to numerous trait-specific QTL clusters. *Nature Communication, 7,* 10527. https://doi.org/10.1038/ncomms10527

Cruz, N.D., Khush, G.S. (2000). Rice grain quality evaluation procedures. In: Singh, R. K., Singh, U. S. and Khush, G. S. (eds), *Aromatic rice*. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India, 16-28.

Curti, R.N., Rodriguez, J., Velasquez, B., Costa-Tartara, S., Bramardi, S.J., Ortega-Baes, P., Andrade, A.J. (2026). Impact of Genotype-By-Environment Interaction on Grain Yield and Related Traits in Multi-Environment Trials. In: *Genotype x Environment Interactions and its Implications for Plant Breeding*, 17-41. https://doi.org/10.1007/978-981-95-5664-9_2

Custodio, M.C., Cuevas, R.P., Ynion, J., Laborte, A.G., Velasco, M.L., Demont, M. (2019). Rice quality: How is it defined by consumers, industry, food scientists, and geneticists? *Trends in Food Science & Technology, 92*, 122–137. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.039

Danbaba, N., Anounye, J. C., Gana, A. S., Abo, M. E., Ukwungwu, M. N., & Maji, A. T. (2012). Physical and pasting properties of 'Ofada' rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Nigerian Food Journal, 30*(1), 18–25. https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30009-6

Das, B., Sengupta, S., Parida, S.K. et al. (2013) Genetic diversity and population structure of rice landraces from Eastern and North Eastern States of India. *BMC Genetics 14,* 71. https://doi.org/10.1186/1471-2156-14-71

Dash, P. K., Das, S., Das, B., & Mannan, M. A. (2013). Performance of high yielding rice varieties of Bangladesh. *Khulna University Studies, 11*(1&2) and *12*(1&2), 103–110.

Debsharma, S.K., Roy, P.R., Begum, R.A., Iftekharuddaula, K.M. (2021). Elucidation of Genotype x Environment Interaction for Identification of Stable Genotypes to Grain Yield of Rice (Oryza sativa L.) Varieties in Bangladesh Rainfed Condition. *Bangladesh Rice Journal, 24*, 59-71. https://doi.org/10.3329/brj.v24i1.53240

Deepika, C., Gnanamalar, R. P., Thangaraj, K., Revathy, N., Karthikeyan, A. (2023). Linear discriminant analysis of grain quality traits in rice (Oryza sativa L.) using the digital imaging technique. *Journal of Cereal Science, 109*, 103609, ISSN 0733-5210, https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103609

Deng, L., Liu, Y., He, J., Jiang, R., Jiang, F., Chen, J., Chen, Z., Sun, Q. (2021). New archaeobotanical evidence reveals synchronous rice domestication 7600 years ago on south Hangzhou Bay coast, eastern China. *Anthropocene, 33*, 100280. https://doi.org/10.1016/j.ancene.2021.100280

Devi, K. R., Hari, Y., Chandra, B. S and Prasad, K. R. (2022). Genetic Association, Variability and Path Studies for Yield Components and Quality Traits of High Yielding Rice (Oryza sativa L.) Genotypes. *International Journal of Bio-Resource and Stress Management, 13*(1): 81–92. https://ojs.pphouse.org/index.php/IJBSM/article/view/4182

Devkota, S., Raut, S. K., Shrestha, S., & Poudel, U. (2023). Genetic variability for growth and yield traits in rice. *Journal of Tikapur Multiple Campus, 6*(01), 236–248. https://doi.org/10.3126/jotmc.v6i01.56387

Dewi, A. K., Chozin, M. A., Triwidodo, H., Aswidinnoor, H. (2014). Genotype× environment interaction, and stability analysis in lowland rice promising genotypes. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 5*(5), 74-84.

Dey, R. K., Hasan, M. M., Akter, S., Islam, M. S., & Biswas, P. L. (2025). Assessing rice genotypes based on agro-morphological characterization and diversity analysis in southern Bangladesh. *Journal of Bangladesh Agricultural University, 23*(2), 131–142. https://doi.org/10.3329/jbau.v23i2.82580

Donald, C.M. (1962) In Search of Yield. *The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, *28*, 171-178.

Dunand, R., & Saichuk, J. (2014). Rice growth and development. In J. Saichuk (Ed.), *Louisiana Rice Production Handbook* (pp. 41–53). Louisiana State University Agricultural Center.

Dwipa, I., Kasim, M., Rozen, N., Nurhamidah, N. (2020). Land flooding effect before and after planting on rice yield in the system of rice intensification. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 10*(3), 1297–1303. https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.3.10973

Dzhamirze, R., Ostapenko, N., Chinchenko, N. (2021). Variability of grain and milled rice quality traits of long-grain rice variety. *E3S Web of Conferences, 285*, 02035. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128502035

Espino, L. (2014). Rice Yield Components. UC Rice Blog, California Rice Production.

EURISCO. (2026). European Search Catalogue for Plant Genetic Resources. Accessed 12.09.2025. https://eurisco.ipk-gatersleben.de/apex/eurisco/r/eurisco/home.

Faivre-Rampant, O., Bruschi, G., Abbruscato, P., Cavigiolo, S., Picco AM., Borgo, L., Lupotto, E., Piffanelli, P. (2011). Assessment of genetic diversity in Italian rice germplasm related to agronomic traits and blast resistance (Magnaporthe oryzae). *Mol. Breeding, 27*, 233–246.

Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. (1996). *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th edition. Longman Group Ltd., Harlow, UK.

Fan, H., Song, J., Tang, L., Wang, J., Sheng, Z., Jiao, G., Tang, S., Hu, S., Hu, P. (2026). Advances in Rice Coleoptile Elongation: Implications for Direct-Seeded Rice Adaptation. *Rice Science, 33*, 327-339. https://doi.org/10.1016/j.rsci.2026.02.004

FAO (2002). Rice Information, Volume 3, December 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

FAO. (2022, 2023). FAOSTAT. Accessed on 15 June 2024. https://www.fao.org/faostat/.

Fauzi, A. R., Junaedi, A., Lubis, I., Ghulamahdi, M., Aswidinnoor, H., & Sakagami, J.-I. (2022). Evaluation of rice genotypes on seed attributes and agronomic performance for developing direct-seeded cultivar. *AIMS Agriculture and Food*, *7*(1), 1–21. Doi: https://doi.org/10.3934/agrfood.2022001

Fazal, U., Ud Din, I., Khan, A.M., Khan, F.U., Khan, M.N., Iqbal, N., Ibrahim, M., Bangash, S.A.K. (2022). Evaluation of agro-morphological traits, seed characterization and genetic diversity of local rice (Oryza sativa L.) varieties of Pakistan. *Genetic Resources and Crop Evolution, 70,* -935-949. https://doi.org/10.1007/s10722-022-01478-4

Ferrero, A., Tinarelli, A. (2008). Rice cultivation in the E.U. ecological conditions and agronomical practices. In: *Pesticide Risk Assessment in Rice Paddies*, 1–24. Elsevier. https://doi.org/10.1016/b978-044453087-5.50002-3

Ficiciyan, A., Loos, J., Sievers-Glotzbach, S., & Tscharntke, T. (2018). More than yield: Ecosystem services of traditional versus modern crop varieties revisited. *Sustainability*, *10*(8), 2834.

Fujino, K. (2020). Days to heading, controlled by the heading date genes Hd1 and DTH8, limits rice yield-related traits in Hokkaido, Japan. *Breeding Science, 70*, 277-282. https://doi.org/10.1270/jsbbs.19151

Fuller, D. Q., Sato, Y. I., Castillo, C., Qin, L., Weisskopf, A. R., Kingwell-Banham, E. J.,... & Van Etten, J. (2010). Consilience of genetics and archaeobotany in the entangled history of rice. *Archaeological and Anthropological Sciences, 2*(2), 115-131.

Gaur, V.S., Channappa, G., Chakraborti, M., Sharma, T.R., Mondal, T.K. (2020). 'Green revolution' dwarf gene sd1 of rice has gigantic impact. *Briefings in Functional Genomics*, *19*, 390-409. https://doi.org/10.1093/bfgp/elaa019

Gautam, A., Shrestha, A. (2023). Evaluation of panicle architecture traits in rice genotypes using PTRAP. *Nepal Agriculture Research Journal, 15*(1), 115-124. https://doi.org/10.3126/narj.v15i1.51533

Gautam, R., Singh, Y., Singh, S.K., Tiwari, S., Satpathy, S., Pani, D.R. (2025). Quality assessment and variability estimation in rice landraces. *Oryza – An International Journal on Rice*, *61*(4), 274–282. https://doi.org/10.35709/ory.2024.61.4.1

Gawdiya, S., Kumar, D., Shivay, Y.S., Bhatia, A., Mehrotra, S., Chandra, M.S., Kumawat, A., Kumar, R., Price, A.H., Raghuram, N., Pathak, H., Sutton, M.A. (2023). Field-Based Evaluation of Rice Genotypes for Enhanced Growth, Yield Attributes, Yield and Grain Yield Efficiency Index in Irrigated Lowlands of the Indo-Gangetic Plains. *Sustainability*, *15*, 8793. https://doi.org/10.3390/su15118793

Goswami, P.A., Patel, P.R., Patel, H.S., Chavda, H.D. (2023). Research of correlation and path coefficient analysis for grain yield and it's attributes in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) r. br.). *The Pharma Innovation Journal, 12*(12), 2151-2154.

Gour, L., Maurya, S. B., Koutu, G. K., Singh, S. K., Shukla, S. S., & Mishra, D. K. (2017). Characterization of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes using principal component analysis including scree plot & rotated component matrix. *International Journal of Chemical Studies*, 5(4), 975-983.

Gower, J. C. (1971). A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, *27*(4), 857-871. https://doi.org/10.2307/2528823

Gutaker, R.M., Groen, S.C., Bellis, E.S., Choi, J.Y., Pires, I.S., Bocinsky, R.K.,... Purugganan, M.D. (2020). Genomic history and ecology of the geographic spread of rice. *Nature Plants*, *6*, 492–502. https://doi.org/10.1038/s41477-020-0659-6

Haghi, R., Ahmadikhah, A., Fazeli, A., Shariati, V. (2022). Candidate genes for anthocyanin pigmentation in rice stem revealed by GWAS and whole-genome resequencing. *The Plant Genome*, *15*, e20224 https://doi.org/10.1002/tpg2.20224

Hamzah, M.A., Mohd Kasim, N.A., Shamsuddin, A., Mustafa, N., Mohamad Rusli, N.I., Teh, C.-Y., Ho, C.-L. (2020). Nucleotide variations of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase 2 (NCED2) and pericarp coloration genes (Rc and Rd) from upland rice varieties. *3 Biotech, 10*, 79. https://doi.org/10.1007/s13205-020-2092-y

Hao, Y., Xu, J., Wu, M., Zhu, Y., Song, J., Han, Y., Li, C., Huang, F. (2025). The Wx/SSIIa and GS3/GW7 Alleles, Both Individually and in Combination, Can Significantly Distinguish Rice Germplasm Quality. *International Journal of Molecular Sciences, 26*, 6726. https://doi.org/10.3390/ijms26146726

Hashim, N., Rafii, M.Y., Oladosu, Y., Ismail, M.R., Ramli, A., Arolu, F., Chukwu, S. (2021). Integrating Multivariate and Univariate Statistical Models to Investigate Genotype-Environment Interaction of Advanced Fragrant Rice Genotypes under Rainfed Condition. *Sustainability*, *13*, 4555. https://doi.org/10.3390/su13084555

He, H., Song, L., Wang, W., Zheng, H., et al. (2024). Critical yield components for achieving high annual grain yield in ratoon rice. *Scientific Reports, 14*, 23190. https://doi.org/10.1038/s41598-024-74836-0

Hori, K., Sun, J. (2022). Rice grain size and quality. *Rice, 15*, 33. Doi: https://doi.org/10.1186/s12284-022-00579-z

Hour, A.L., Hsieh, W.H., Chang, S.H., Wu, Y.P., Chin, H.S., Lin, Y.R. (2020). Genetic Diversity of Landraces and Improved Varieties of Rice (Oryza sativa L.) in Taiwan. *Rice*, *13*(1), 82. https://doi.org/10.1186/s12284-020-00445-w

Howlader, N. C., Bulbul, M. T. A., Islam, M. Z., Arafat, E., Rana, M. S., & Hasan, M. Z. (2025). Assessing rice genotypes based on agro-morphological characterization and diversity analysis in southern Bangladesh. *Discover Plants, 2*, 189. Doi: https://doi.org/10.1007/s44372-025-00253-w

Huang, X., Jang, S., Kim, B., Piao, Z., Redona, E., & Koh, H.J. (2021). Evaluating genotype × environment interactions of yield traits and adaptability in rice cultivars grown under temperate, subtropical and tropical environments. *Agriculture*, *11*(6), 558. https://doi.org/10.3390/agriculture11060558

IBPGR–IRRI Rice Advisory Committee (1980). Descriptors for rice, Oryza sativa L. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy; International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

Ikeda, K., Sunohara, H., Nagato, Y. (2004). Developmental course of inflorescence and spikelet in rice. *Breeding Science, 54*(2), 147-156. http://doi.org/10.1270/jsbbs.54.147.

Ikeda, M., Hirose, Y., Takashi, T., Shibata, Y., Yamamura, T., Komura, T., Doi, K., Ashikari, M., Matsuoka, M., Kitano, H. (2010). Analysis of rice panicle traits and detection of QTLs using an image analyzing method. *Breeding Science, 60*(1) 55-64. https://doi.org/10.1270/jsbbs.60.55

Ilieva, V., Andreevska, D., Andov, D., Markova, N. (2009). The influence of different doses of gamma ray radiation on the emergence and appearance of selected mutants in some genotypes of rice. *Plant Protection, 20*, 120-126.

Indian Council of Agricultural Research - National Bureau of Plant Genetic Resources (ICAR-NBPGR) (https://www.nbpgr.ernet.in).

International Rice Research Institute (IRRI) (2025) Genebanks like IRG seen vital to farmers' rights at global meet. https://www.irri.org/news-and-events/news/genebanks-irg-seen-vital-farmers-rights-global-meet?.

International Rice Research Institute (IRRI) (2013). Standard Evaluation System for Rice (SES). 5th edition. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

Islam, M. A., Raffi, S. A., Hossain, M. A., & Hasan, A. K. (2015). Analysis of genetic variability, heritability and genetic advance for yield and yield associated traits in some promising advanced lines of rice. *Progressive Agriculture, 26*, 26–31. https://doi.org/10.3329/pa.v26i1.24511

Islam, M. Z., Khalequzzaman, M., Bashar, M. K., Ivy, N. A., Haque, M. M., Mian, M. A. K., & Tomita, M. (2018). Agro-morphological characterization of Bangladeshi aromatic rice (Oryza sativa L.) germplasm based on qualitative traits. *Bangladesh Rice Journal, 22*(2), 41–54. https://doi.org/10.3329/brj.v22i2.44041

Islam, M.Z., Chakrabarty, T., Akter, N., Rashid, E.S.M.H., Khalequzzaman, M., Chowdhury, M.A.Z. (2019). Genetic Variability, Character Association and Path Analysis in Boro Rice (Oryza sativa L.) Germplasm from Bangladesh. *Bangladesh Rice Journal, 22*, 35-43. https://doi.org/10.3329/brj.v22i1.41835

Jayapriya, S., Ravichandran, V., & Boominathan, P. (2016). Influence of sowing windows on phenology, growing degree days and yield traits of rice genotypes. *Madras Agricultural Journal*, *103*(1-3), 11-16.

Jeke, E., Bokosi, J., Murori, R., Asante, M.D., Masamba, K. (2026). Combining ability and gene action for flowering, plant height, grain size, and yield in rice (Oryza sativa L.) genotypes. *Frontiers in Plant Science, 16*, 1705322. Doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1705322

Jiao, B., Meng, Q., Lv, W. (2020). Roles of stay-green (SGR) homologs during chlorophyll degradation in green plants. *Botanical Studies, 61*, 25. https://doi.org/10.1186/s40529-020-00302-5

Jiao, Y., Wang, Y., Xue, D., Wang, J., Yan, M., Liu, G., Dong, G., Zeng, D., Lu, Z., Zhu, X., Qian, Q., Li, J. (2010). Regulation of OsSPL14 by OsmiR156 defines ideal plant architecture in rice. *Natural Genetics*, *42*(6), 541-545.

Joshi, M.A., Sarao, N.K., Sharma, R.C., Singh, P., Bharaj, T.S. (2007). Varietal characterization of rice (*Oryza sativa* L.) based on morphological descriptors. *Seed Res*., *35*, 188-193.

Kamishev, K., Tosheva, S. (2013/a). Study of Bulgarian Rice Varieties by Physical and Technological Qualities. *Plant Science*, *50*, 58-62.

Kamishev, K., Tosheva, S. (2013/b). Study of Bulgarian Rice Varieties by Yield. *Plant Science, 50*, 63-65.

Kapazoglou, A., Gerakari, M., Lazaridi, E., Kleftogianni, K., Sarri, E., Tani, E., Bebeli, P.J. (2023). Crop wild relatives: a valuable source of tolerance to various abiotic stresses. *Plants, 12*, 328. https://doi.org/10.3390/plants12020328

Kewat, K., Singh, B. (2025). Genetic variability, correlation and path analysis in rice (Oryza sativa L.) for yield and its component traits. *Electronic Journal of Plant Breeding, 16*(3), 418–424. https://doi.org/10.37992/2025.1603.046

Khan, S. U., Noreen, R., Anjum, S., Habib, A., Naz, G., Hameed, K., Ullah, I., Ullah, S., Gul, R., Ahmad, B., & Yasin, M. (2025). Genetic diversity assessment of selected rice (Oryza sativa L.) genotypes using morphological traits in Pakistan. *Applied Ecology and Environmental Research, 23*(3), 5253–5281. https://doi.org/10.15666/aeer/2303_52535281

Khanal, S., Subedi, N., Sapkota, R., Dura, R., & Nepali, S. (2025). Genetic variability, character association and path analysis of yield and yield attributes of rice genotypes at Lalitpur, Nepal. *Archives of Agriculture and Environmental Science, 10*(1), 113–119. https://doi.org/10.26832/24566632.2025.1001016

Kharel, R., Subedi, S., Ghimire, D., & Shrestha, S. (2022). Characterization of Nepalese rice (Oryza sativa L.) landraces for qualitative traits. *Journal of Agriculture and Natural Resources, 5(*1), 40–51. https://doi.org/10.3126/janr.v5i1.50509

Khatun, M., Islam, M. R., Khan, M. A. R., Hossain, M. K., & Islam, A. K. M. A. (2023). Principal component analysis and estimated breeding values for selecting suitable parental genotypes in rice (Oryza sativa L.).

SABRAO Journal of Breeding and Genetics, *55*(6), 1886–1896. https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.6.3

Kiani, G. (2013). Heritability and diversity analysis of quantitative traits in rice. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, *78*(2), 113–117.

Kioko, W.F., Mawia, M.A., Piero, N.M., Muriira, K.G., Wavinya, N.D., Chemutai, L.R., Felix, M., Makori, A.W., Mwenda, N.S. (2015). Phenotypic Characterization on Selected Kenyan and Tanzanian Rice (Oryza sativa L) Populations Based on Grain Morphological Traits. *Journal Rice Research*, *3*, 155. https://doi.org/10.4172/2375-4338.1000155

Konak, M.A., Hasancebi, S., Beser, N. (2021). Morphological and molecular evaluation of Turkish rice (Oryza sativa L.) landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *68*(6), 2367-2377. https://doi.org/10.1007/s10722-021-01135-2

Koutroubas, S.D., Natos, D.A. (2003). Genotype differences for grain yield and nitrogen utilization in indica and japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, *83*, 251-260.

Kumar, J. R. S. G. (2006). *A comparative study of nutrient management in paddy under SRI and traditional methods of cultivation*. M.Sc. thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad, India.

Kumar, S., Jayasudha, S., Rajani, Singh, S.K. (2025). Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and quality traits in rice (Oryza sativa L.). Indian Journal of Agricultural Research. https://doi.org/10.18805/ijare.a-6402

Kumari, N., Choudhary, S.B. (2025). Understanding farmer's choice preferences for adopting paddy landraces in Jharkhand, India: implications for on-farm conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution, 73*, 21. https://doi.org/10.1007/s10722-025-02642-2

Kumari, N., Parmar, M.B. (2020). Correlation and path coefficient analysis for grain yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.) under aerobic condition. *International Journal of Chemical Studies, 8*(2), 927–930. Doi: https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2n.8888

Kunjaroenruk, J., Koonmanee, S., Singkham, N., Chankaew, S., Suriharn, K. (2025). Genotypic variation and seasonal effects on rice (Oryza sativa L.) grain protein content and yield in tropical savannah environment. *Journal of Agriculture and Food Research, 20*, 101778. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101778

Kwak, S.-H., Han, J., Yang, C.-Y., Lee, J.-S., Mo, Y., Lee, S.Y. (2026). Genome-wide association study identifies stable loci for heading date, culm length, and panicle length in early-maturing japonica rice. *Scientific Reports*. https://doi.org/10.1038/s41598-026-65959-7

Lai, Y, Cheng, J., He, Y., Yang, B., Wang, Z., Zhang, H. (2016). Identification of QTLs with additive, epistatic, and QTL × seed maturity interaction effects for seed vigor in rice. *Plant Mol Biol Rep*., *34*, 160-171 https://doi.org/10.1007/s11105-015-0913-7

Leinfelder-Miles, M., Linquist, B., Mutters, R. (2014). *Water Management to Mitigate Blanking*. UC Rice Blog, California Rice Production.

Leng, Y., Ye, G., Zeng, D. (2017). Genetic Dissection of Leaf Senescence in Rice. *International Journal of Molecular Science*, *18*, 2686.

Leonards, B. (2010). Knowledge of Rice Growth Stages Important. Available online at: https://www.lsuagcenter.com/portals/our_offices/research_stations/rice/features/publications/knowledge-of-rice-growth-stages-important.

Lestari, A.P., Suwarno, Trikoesoemaningtyas, Sopandie, D., Aswidinnoor, H. (2015). Panicle Length and Weight Performance of F3 Population from Local and Introduction Hybridization of Rice Varieties. *Hayati Journal of Biosciences*, *22*(2), 87-92. https://doi.org/10.4308/hjb.22.2.87

Li, C.S., Shao, G.S., Wang, L., Wang, Z.F., Mao, Y.J., Wang, X.Q., Zhang, X.H., Liu, S.T., Zhang, H.S. (2017). QTL identification and fine mapping for seed storability in rice (Oryza sativa L.). *Euphytica*, *213*, 127. https://doi.org/10.1007/s10681-017-1913-5

Li, F., Liu, W., Tang, J., Chen, J., Tong, H., Hu, B.,... & Chu, C. (2010). Rice DENSE AND ERECT PANICLE 2 is essential for determining panicle outgrowth and elongation. *Cell research*, *20*, 838-849.

Li, X., Qian, Q., Fu, Z., Wang, Y., Xiong, G., Zeng, D., Wang, X., Liu, X., Teng, S., Hiroshi, F., Yuan, M. (2003). Control of tillering in rice. *Nature*, *422*, 618-621. https://doi.org/10.1038/nature01518

Li, X., Yan, W., Agrama, H., Hu, B., Jia, L., Jia, M., Jackson, A., Moldenhauer, K., McClung, A., Wu, D. (2010). Genotypic and phenotypic characterization of genetic differentiation and diversity in the USDA rice mini-core collection. *Genetica*, *138*(11-12), 1221-1230. https://doi.org/10.1007/s10709-010-9521-5

Liu, E.B., Liu, Y., Wu, G.C., et al. (2016). Identification of a candidate gene for panicle length in rice (Oryza sativa L.) via association and linkage analysis. *Front Plant Sci*., 7. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00596

Liu, H.L., Yin, Z.J., Xiao, L., Xu, Y.N., Qu, Q. (2012). Identification and evaluation of omega-3 fatty acid desaturase genes for hyperfortifying alpha-linolenic acid in transgenic rice seed. *J. Exp. Bot.*, *63*, 3279-3287. https://doi.org/10.1093/jxb/ers051

Liu, P., Yuan, H., Ning, Y., Chakraborty, B., Liu, N., Peres, M.A. (2024). A modified and weighted Gower distance-based clustering analysis for mixed type data: a simulation and empirical analyses. *BMC Medical Research Methodology, 24,* 305. https://doi.org/10.1186/s12874-024-02427-8

Liu, T.M., Li, L.Z., Zhang, Y.S., et al. (2011). Comparison of quantitative trait loci for rice yield, panicle length and spikelet density across three connected populations. *Journal of Genetics, 90,* 377-382. https://doi.org/10.1007/s12041-011-0083-9

Liu, Y., Chen, N., Fan, X., Xia, X., Yao, Y., Huang, W., Sun, J., Huang, L., Wang, L., Yu, H., Li, J., Xing, Y. (2025). SP3 and DEP1 Orchestrate Panicle Architecture by Jointly Regulating APO2 Expression in Rice. *Advanced Science, 12,* e08230. https://doi.org/10.1002/advs.202508230

Liu, Y., Fang, J., Xu, F., Chu, J., Yan, C., Schläppi, M.R., Wang, Y., Chu, C. (2014). Expression Patterns of ABA and GA Metabolism Genes and Hormone Levels during Rice Seed Development and Imbibition: A Comparison of Dormant and Non-Dormant Rice Cultivars, *Journal of Genetics and Genomics, 41*(6), 327-338, ISSN 1673-8527, https://doi.org/10.1016/j.jgg.2014.04.004

Lodhi, L. K., Singh, B., Chowhan, S. (2023). Harnessing the Genetic Variability and Trait Association of Yield and Yield Related Traits in Rice (Oryza sativa L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 12*(8), 124-143. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2023.1208.015

Lu, Y. (2023). Gene genealogy-based mutation analysis reveals emergence of Aus, tropical japonica, and aromatic of *Oryza sativa* during the later stage of rice domestication. *Genes, 14*, 1412. https://doi.org/10.3390/genes14071412

Lu, Z., Yu, H., Xiong, G., Wang, J., Jiao, Y., Liu, G.,... & Li, J. (2013). Genome-wide binding analysis of the transcription activator ideal plant architecture1 reveals a complex network regulating rice plant architecture. *The Plant Cell*, *25*(10), 3743-3759.

Luan, W., Liu, Y., Zhang, F., Song, Y., Wang, Z., Peng, Y., Sun, Z. (2011). OsCD1 encodes a putative member of the cellulose synthase-like D sub-family and is essential for rice plant architecture and growth. *Plant Biotechnology Journal*, *9,* 513-524. https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2010.00570.x

Luong, N.H., Balkunde, S.G., Shim, K.-C., Adeva, C., Lee, H.-S., Kim, H.-J., Ahn, S.-N. (2022). Characterization of Domestication Loci Associated with Awn Development in Rice. *Rice, 15,* 61. https://doi.org/10.1186/s12284-022-00607-y

Madhubabu, P., Surendra, R., Suman, K., Chiranjeevi, M., Abdul, F.R., Sanjeeva, R.D., Chaitanya, U., Subba Rao, L.V., Ravindra, B.V., Neeraja, C.N. (2020) Assessment of genetic variability for micronutrient content and agromorphological traits in rice (Oryza sativa L.). *Indian Journal of Genetics, 80*(2), 130- 139. Doi: https://doi.org/10.31742/IJGPB.80.2.2

Mai, W., Abliz, B., Xue, X. (2021). Increased Number of Spikelets per Panicle Is the Main Factor in Higher Yield of Transplanted vs. Direct-Seeded Rice. *Agronomy, 11*, 2479. https://doi.org/10.3390/agronomy11122479

Maneesha, M., Gouri Shankar, V., Srinivas, B., Hari, Y. (2024). Correlation and Path Coefficient Analysis for Grain Yield, Head Rice Recovery and Quality Traits in Rice Hybrids (Oryza sativa L.). *International Journal of Plant & Soil Science, 36*, 808-816. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i84911

Maruti, K.R., Prashanth, Y., Sruthi, K., Anuradha, C.H. (2025). Assessment of genetic variability, heritability and genetic advance for yield and nutritional traits in rice (Oryza sativa L.) genotypes. *Journal of Experimental Agriculture International, 47*(7), 982–993. https://doi.org/10.9734/jeai/2025/v47i73641

Maxted, N., Magos Brehm, J. (2026). Conservation of crop wild relatives and landraces for use in crop production. *Nature Reviews Biodiversity, 2,* 582-597.. https://doi.org/10.1038/s44358-026-00179-5

Mehraj, M., Naik, H. R., Reshi, M., & Shafi, F. (2016). Physical, milling and chemical characteristics of rice (husked and unhusked) cultivars commonly grown in Kashmir valley, India. *Research on Crops*, *17*(3), 439–444. https://doi.org/10.5958/2348-7542.2016.00072.3

Mei, H.W., Xu, J.L., Li, Z.K., Yu, X.Q., Guo, L.B., Wang Y.P., Luo, L.J. (2006). QTLs influencing panicle size detected in two reciprocal introgressive line (IL) populations in rice (Oryza sativa L.). *Theoretical and Applied Genetics, 112,* 648-656. https://doi.org/10.1007/s00122-005-0167-0

Meng, L., Qi, C., Wang, C., Wang, S., Zhou, C., Ren, Y., Cheng, Z., Zhang, X., Guo, X., Zhao, Z., Wang, J., Lin, Q., Zhu, S., Wang, H., Wang, Z., Lei, C., Wan, J. (2021). Determinant Factors and Regulatory Systems for Anthocyanin Biosynthesis in Rice Apiculi and Stigmas. *Rice, 14,* 37. https://doi.org/10.1186/s12284-021-00480-1

Modarresi, M. (2026). Genetic variability, heritability and genetic advance in Iranian local rice genotypes for yield, and some agronomic traits. *Reproduction and Breeding, 6*, 9–20. https://doi.org/10.1016/j.repbre.2025.12.003

Mohammadi, S. A., & Prasanna, B. M. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants - salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, *43*(4), 1235-1248.

Mohanlal, V. A., & Saravanan, K. (2024). Exploring the characteristics of traditional rice (*Oryza sativa* L.) genotypes through DUS evaluation. *Indian Journal of Applied & Pure Biology*, *39*(1), 228–238.

Mohapatra, P.K., Sahu, B.B. (2021). Diversity of Panicle Architecture and Traits Influencing Grain Filling. In: *Panicle Architecture of Rice and its Relationship with Grain Filling*, 107-128. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67897-5_7

Mohtashami, R. (2023). Genotype x Environment Interaction and Grain Yield Stability Analysis of Rice Genotypes (*Oryza sativa* L.). *Journal of Crop Breeding, 15*, 113-122. https://doi.org/10.61186/jcb.15.47.113

Mondal, B., Singh, S.P., Joshi, D.C. (2014). DUS characterization of rice (Oryza sativa L.) using morphological descriptors and quality parameters. *Outlook on Agriculture, 43*(2), 131-137. https://doi.org/10.5367/oa.2014.0167

Mostafavi, K., Hoseini Imeni, S., Zare, M. (2011). Stability Analysis of Rice Genotypes Based GGE biplot Method in North of Iran. *Journal of Applied Sciences Research*, *7*(11), 1690-1694.

Moura, M. C. C. L., Gonçalves, L. S. A., Sudré, C. P., Rodrigues, R., Amaral Júnior, A. T., Pereira, T. N. S. (2010). Algoritmo de Gower na estimativa da divergência genética em germoplasma de pimenta. *Horticultura Brasileira, 28*(2), 155-161. https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000200003

Nachimuthu, V.V., Robin, S., Sudhakar, D., Raveendran, M., Rajeswari, S., & Manonmani, S. (2014). Evaluation of rice genetic diversity and variability in a population panel by principal component analysis. *Indian Journal of Science and Technology, 7*(10), 1555–1562. https://doi.org/10.17485/ijst/2014/v7i10.14

Naga Durga Rao, N., Roja, V., Satyanarayana Rao, V., & Srinivasa Rao, V. (2020). Genetic diversity and principal component analysis for yield and nutritional traits in rice (Oryza sativa L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9*(11), 1916–1928. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.911.227

Nakamura, S. (2010) The origin of rice cultivation in the Lower Yangtze Region, China. *Archaeol Anthropol Science*, *2*, 107-113.

National Genebank, India (2026) Status of Base Collection in Seed Genebank (-18oC) Пристапено на 25.05.2026 Web: https://nbpgr.org.in/nbpgr2023/genebank-status-2/.

National Plant Germplasm System (NPGS), United States Department of Agriculture (USDA). Web: https://npgsweb.ars-grin.gov.

Nayak, P., Jena, M.K. (2024). Diversity analysis of rice (Oryza sativa L.) genotypes using the principal component analysis and clustering method. *Current Advances in Agricultural Sciences, 16*, 8–14. https://doi.org/10.5958/2394-4471.2024.00002.1

Ngongolo, K., & Mmbando, G. S. (2024). Harnessing biotechnology and breeding strategies for climate-resilient agriculture: pathways to sustainable global food security. *Discover Sustainability*, *5*(1), 431.

Nirmaladevi, G., Padmavathi, G., Suneetha Kota, & Babu, V. R. (2015). Genetic variability, heritability and correlation coefficients of grain quality characters in rice (*Oryza sativa* L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 47*(4), 424–433.

Niu, Y., Chen, T., Zhao, C., Zhou, M. (2021). Improving Crop Lodging Resistance by Adjusting Plant Height and Stem Strength. *Agronomy, 11*, 2421. https://doi.org/10.3390/agronomy11122421

Ntanos D. (1997). Rice production and research in Greece. In : Chataigner J. (ed.). Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen. Montpellier : CIHEAM, 127-133 (*Cahiers Options Méditerranéennes, 24*(2)).

Official Variety List of Republic of Bulgaria (2020) Of Varieties of Agriculture and Vegetable Plant Species, 2020. Ministry of Agriculture, Food and Forestry of Republic of Bulgaria.

Paikra, N., Sao, A., Gauraha, D., Nair, S. K., & Tiwari, A. (2021). Assessment of genetic variability, heritability and genetic advance in aromatic breeding lines based on yield and grain quality traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Development Sciences*, *13*(10), 785–790.

Park, J-R., Yang, W-T., Kwon, Y-S, Kim, H-N., Kim, K-M., Kim, D-H. (2019) Assessment of the Genetic Diversity of Rice Germplasms Characterized by Black-Purple and Red Pericarp Color Using Simple Sequence Repeat Markers. *Plants, 8*(11), 471. https://doi.org/10.3390/plants8110471

Peng, Y., Hu, Y., Qian, Q., Ren, D. (2021). Progress and prospect of breeding utilization of green revolution gene SD1 in rice. *Agriculture*, *11*(7), 611.

Periyasamy, S., Anbalahan, H., Kannabiran, S., Sundaramoorthy, S., Balraj, R. (2026). Genetic diversity, variability and trait associations in rice (Oryza sativa L.) genotypes. *Plant Science Today*, *13*(1): 1-10. https://doi.org/10.14719/pst.10716

Petroni, K., Pilu, R., Tonelli, C. (2014). Anthocyanins in corn: a wealth of genes for human health. *Planta*, *240*, 901–911.

Pinson, S.R.M., Liu, G., Jia, M.H., Jia, Y., Fjellstrom, R.G., Sharma, A., Wang, Y., Tabien, R.E. and Li, Z. (2012), Registration of a Rice Gene-Mapping Population Consisting of 'TeQing'-into-'Lemont' Backcross Introgression Lines. *Journal of Plant Registrations, 6*, 128-135. https://doi.org/10.3198/jpr2011.02.0066crmp

Prodhan, Z.H., Samonte, S.O.P.B., Sanchez, D.L., Talukder, S.K. (2024). Profiling and improvement of grain quality traits for consumer preferable Basmati rice in the United States. *Plants, 13,* 2326. https://doi.org/10.3390/plants13162326

Qiao, Y., Piao, R., Shi, J., Lee, S. I., Jiang, W., Kim, B. K.,... & Koh, H. J. (2011). Fine mapping and candidate gene analysis of dense and erect panicle 3, DEP3, which confers high grain yield in rice (Oryza sativa L.). *Theoretical and Applied Genetics, 122*(7), 1439-1449. DOI: 10.1007/s00122-011-1543-6

R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing (Version 4.1.0) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

Ranawake, A. L., Amarasinghe, U. G. S., Hewage, M. J., Hewage, P. N. G. J. (2014). Effect of Days to Flowering on Plant Height and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Plant & Soil Science, 3*(9), 1143–1152. DOI: https://doi.org/10.9734/IJPSS/2014/11421

Ranjkesh, N., Talubaghi, M. J. (2023). Agronomic characteristics and grain yield of 30 Iranian rice genotypes as affected by genotype × environment interaction. *Journal of Agriculture and Food Research, 11,* 100482. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100482

Rao, V. R., Roja, V., Priya, P. R., Reddy, S. N., & Reddy, T. D. (2021). Characterization and diversity analysis of rice germplasm. *Biological Forum – An International Journal, 13*(3a), 170–179.

Rawte, S., & Saxena, R. R. (2018). Morphological characterization of selected rice (Oryza sativa L.) from core germplasm group of Chhattisgarh using DUS descriptors. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7*(10), 350–357. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.037

Riaz, A., Bibi, T., Raza, Q., Sabar, M., & Akhter, M. (2018). Evaluation of rice (*Oryza sativa* L.) advance uniform lines using multivariate analysis. *African Journal of Plant Science, 12*(11), 284–289. https://doi.org/10.5897/AJPS2018.1665

Russinga, A. M., Srividhya, A., Reddy, V. L. N., & Latha, P. (2020). Studies on variability, heritability and genetic advance for yield and its related traits in rice (Oryza sativa L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9*(9), 3180–3186. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.909.393

Sajid, M., Ali Khan, S., Khurshid, H., Iqbal, J., Muhammad, A., Saleem, N., Ali Shah, S.M. (2015). Characterization of Rice (*Oryza sativa* L.) Germplasm Through Various Agro-Morphological Traits. *Scientia Agriculturae*, *9*(2), 83-88.

Saleh, M. M., Salem, K. F. M., & Elabd, A. B. (2020). Definition of selection criterion using correlation and path coefficient analysis in rice (Oryza sativa L.) genotypes. *Bulletin of the National Research Centre, 44,* 143. https://doi.org/10.1186/s42269-020-00403-y

Salgotra, R.K., Chauhan, B.S. (2023). Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. *Genes, 14*, 174. https://doi.org/10.3390/genes14010174

Sameera, S. K., Srinivas, T., Rajesh, A. P., Jayalakshmi, V., & Nirmala, P. J. (2016). Variability and path co-efficient for yield and yield components in rice. *Bangladesh Journal of Agricultural Research, 41*(2), 259–271. Doi: https://doi.org/10.3329/bjar.v41i2.28226

Samonte, S.O.P., Wilson, L.T., McClung, A.M. and Tarpley, L. (2001), Seasonal Dynamics of Nonstructural Carbohydrate Partitioning in 15 Diverse Rice Genotypes. *Crop Sci., 41:* 902-909. https://doi.org/10.2135/cropsci2001.413902x

Samonte, S.O.P.B., Ponce, K.S., Sanchez, D.L. (2024). Grain quality of panicle portions in chalky and low-chalky rice cultivars. *Rice, 17,* 71. https://doi.org/10.1186/s12284-024-00751-7

Sanchez, D. L., Samonte, S. O. P. B., & Wilson, L. T. (2023). Genetic architecture of head rice and rice chalky grain percentages using genome-wide association studies. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1274823. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1274823

Scarabel, L., Cenghialta, C., Manuello, D., & Sattin, M. (2012). Monitoring and management of imidazolinone-resistant red rice (*Oryza sativa* L., var. *sylvatica*) in Clearfield® Italian paddy rice. *Agronomy*, *2*(4), 371–383. Doi: https://doi.org/10.3390/agronomy2040371

Sekhar, S., Kumar, J., Mohanty, S., Mohanty, N., Panda, R.S., Das, S., Shaw, B.P., Behera, L. (2021). Identification of novel QTLs for grain fertility and associated traits to decipher poor grain filling of basal spikelets in dense panicle rice. *Scientific Reports, 11,* 13617. https://doi.org/10.1038/s41598-021-93134-7

Shah, S. M. A., Ayub, A., Mohammad, F., Khan, S. N., Ahmed, S., & Uddin, H. (2023). Genotype × year interaction for yield and yield associated traits in rice (Oryza sativa L.). *Gesunde Pflanzen, 75*, 2847–2852. https://doi.org/10.1007/s10343-023-00899-0

Shao, G., Lu, Z., Xiong, J., Wang, B., Jing, Y., Meng, X., Liu, G., Ma, H., Liang, Y., Chen, F., Wang, Y., Li, J., Yu, H. (2019). Tiller Bud Formation Regulators MOC1 and MOC3 Cooperatively Promote Tiller Bud Outgrowth by Activating FON1 Expression in Rice. *Molecular Plant, 12*, 1090-1102. https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.04.008

Sharifi, P. (2018). Genetic diversity of rice mutant genotypes using multivariate methods. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, *8*(1), 111–124. Doi: https://doi.org/10.22034/jppb.2018.9513

Sharifi, P., & Ebadi, A. A. (2018). Relationships of rice yield and quality based on genotype by trait (GT) biplot. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *90*(1), 343–356. https://doi.org/10.1590/0001-3765201820150852

Shebl, K., & bargal, M.A. (2025). Evaluation of some new rice lines for yield traits and grain quality under Egyptian conditions. *Alexandria Journal of Agricultural Sciences*, n. pag.

Sheeba, A., Yogameenakshi, P., Aananthi, N., Sasikumaran, S., Vimala, G. (2023). Studies on Genetic Diversity and Variability in Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes. *International Journal of Plant & Soil Science*, *35*(20), 1237-1243. DOI: https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i203922

Shrestha, J., Subedi, S., Singh Kushwaha, U.K., Maharjan, B. (2021). Evaluation of growth and yield traits in rice genotypes using multivariate analysis. *Heliyon*, *7*(9): http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07940.

Shyamalee, H.A.P.A., Ranawake, A.L. (2024). Path coefficient analysis using traditional and improved rice genotypes for trait effect on grain yield. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka, 52*, 93-102. Doi: https://doi.org/10.4038/jnsfsr.v52i1.11649

Simeonovska, E., Andreevska, D., Andov, D., Glatkova, G., Dimitrovski, T. (2019). Genotype and location interaction for yield and morphological traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences, MASA, 40*(2), 197-205. doi. 10.20903/csnmbs.masa.2019.40.2.144

Singh Yadav, S.P., Bhandari, S., Ghimire, N.P., Mehata, D.K., Majhi, S.K., Bhattarai, S., Shrestha, S., Yadav, B., Chaudhary, P., Bhujel, S. (2024). Genetic variability, character association, path coefficient, and diversity analysis of rice (Oryza sativa L.) genotypes based on agro-morphological traits. International Journal of Agronomy, 2024, Article 9946332. https://doi.org/10.1155/2024/9946332

Sinha, S.K., Bhargava, S.C., Goel, A. (1982). Energy as the basis of harvest index. *The Journal of Agricultural Science*. *99*(1), 237-238. Doi: http://doi.org/10.1017/S0021859600055271.

Sitta, B.J., Mwakyusa, L., Suvi, W.T., Ally, F.S., Batare, M.A., Kashenge-Killenga, S., Lee, S.-B. (2025). Unveiling performance and genetic estimates of Tongil-type rice genotypes for yield improvement and breeding. *Advances in Agriculture*, 6662587. https://doi.org/10.1155/aia/6662587

Srijan, A., Kumar, S.S., Raju, C.D., Jagadeeshwar, R. (2016). Character association and path coefficient analysis for grain yield of parents and hybrids in rice. *Journal of Applied and Natural Science*, *8*(1), 167–172. https://doi.org/10.31018/jans.v8i1.768

Subba Rao, L.V., Lavanya, K., Padma, C., Chiranjeevi, M., Chaitanya, U., Surender, R., Jayasree, G., Prasad, S., Dipal, R., Chowdhuryy, N., Rani, S., Viraktamath, B.C. (2015). Assessment of Genetic Divergence in Farmers' Varieties of Rice (*Oryza sativa* L.) from Eastern Region of India. *Acta Biologica Indica*, *4*(2), 221-229.

Subedi, S., Gawali, S., Lamichhane, S., Regmi, B., Ghimire, D., & Kharel, R. (2024). Assessment and characterization of agro-morphological characteristics of rice landraces in Nepal. *Cogent Food & Agriculture, 10*(1), 2415389. Doi: https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2415389

Sudré, C. P., Gonçalves, L. S. A., Rodrigues, R., do Amaral Júnior, A. T., Riva-Souza, E. M., & Bento, C. dos S. (2010). Genetic variability in domesticated Capsicum spp. as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. *Genetics and Molecular Research*, *9*(1), 283-294.

Suganami, M., Yoshida, H., Yoshida, S., Kawamura, M., Koketsu, E., Matsuoka, M., Kojima, S. (2024). Redefining awn development in rice through the breeding history of Japanese awn reduction. *Frontiers in Plant Science*, *15*:1370956. Doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1370956

Sürek, H., Beşer, N., Kaya, R., Ünan, R. (2014). Rice breeding for herbicide resistance in Turkey. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 1(Special Issue 1), 1258–1263. https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/article/160895

Tao, Z., Zhang, R., Chen, J., Cao, F., Liu, L., Zhang, M., Huang, M. (2022). Changes in Grain Yield and Yield Attributes Due to Cultivar Development in Indica Inbred Rice in China. *Agronomy, 12*, 2541. https://doi.org/10.3390/agronomy12102541

Tariku, S., Lakew, T., Bitew, M., & Asfaw, M. (2013). Genotype by environment interaction and grain yield stability analysis of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes evaluated in north western Ethiopia. *Net Journal of Agricultural Science*, *1*(1), 10-16.

Teja, D.S., Balakrishnan, D., Kar, S. Salam, J.L. Singh, D.P. Kumar, A.P. Swamy, AVSR, Suba Rao, L.V. (2023). Geneti variability and correlation studies in high-yielding varieties of rice (Oryza sativa L.). *Journal of Rice Research, 16*(2), 22-30. https://doi.org/10.58297/GXWQ9357

Tibshirani, R., Walther, G., Hastie, T. (2001). Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 63*(2), 411–423. https://doi.org/10.1111/1467-9868.00293

Tosheva S., Kamishev, K. (2009). "Avalya" – New Bulgarian rice variety, *Proceedings of Third International Symposium „Ecological Approaches towards the Production of Safety Food"*, Plovdiv, pp. 293-296.

Tripodi, P., Greco, B. (2018). Large scale phenotyping provides insight into the diversity of vegetative and reproductive organs in a wide collection of wild and domesticated peppers (Capsicum spp.). *Plants*, *7*(4), 103. https://doi.org/10.3390/plants7040103

Upadhyaya, G., Das, A., Ray, S. (2021). A rice R2R3-MYB (OsC1) transcriptional regulator improves oxidative stress tolerance by modulating anthocyanin biosynthesis. *Physiologia Plantarum, 173*(4), 2334–2349. https://doi.org/10.1111/ppl.13583

USDA-ARS. (2026). GSOR: Genetic Stocks *Oryza* Collection Home. Accessed 11.02.2026. Dale Bumpers National Rice Research Center, Stuttgart, Arkansas. https://www.ars.usda.gov/southeast-area/stuttgart-ar/dale-bumpers-national-rice-research-center/docs/gsor-genetic-stocks-oryza-collection-home/.

Uzzaman, T., Sikder, R.K., Asif, M.I., Mehraj, H., Jamal Uddin A.F.M. (2015). Growth and Yield Trial of Sixteen Rice Varieties under System of Rice Intensification. *Scientia Agriculturae*, *11*(2), 81-89. https://www.europub.co.uk/articles/95398

Van Zonneveld, M., Ramirez, M., Williams, D. E., Petz, M., Meckelmann, S., Avila, T., Bejarano, C., Ríos, L., Peña, K., Jäger, M., Libreros, D., Amaya, K., & Scheldeman, X. (2015). Screening genetic resources of Capsicum peppers in their primary center of diversity in Bolivia and Peru. *PLoS ONE*, *10*(9), e0134663. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134663

Vargas, C.G., da Silva Junior, J.D., Rabelo, T.K., Moreira, J.C.F., Gelain, D.P., Rodrigues, E., Augusti, P.R., Rios, A. de O., Flôres, S.H. (2018). Bioactive compounds and protective effect of red and black rice brans extracts in human neuron-like cells (SH-SY5Y), *Food Res. Int. 113*, 57-64. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.06.069Vasumathy, S.K., Alagu, M. (2021). SSR marker-based genetic diversity analysis and SNP haplotyping of genes associating abiotic and biotic stress tolerance, rice growth and development and yield across 93 rice landraces. *Molecular Biology Reports*, *48*, 5943–5953. https://doi.org/10.1007/s11033-021-06595-4

Lakshmi, M. V., Suneetha, Y., Yugandhar, G., Venkata Lakshmi, N., (2014). Correlaton studies in Rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Genetic engineering and Biotechnology, 5*(2), 121–126.

Virdi, A.S., Singh, N., Pal, P., Kaur, P., Kaur, A. (2019). Evaluation of head and broken rice of long grain Indica rice cultivars: Evidence for the role of starch and protein composition to head rice recovery. *Food Research International, 126*, 108675. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108675

Wang, J., Haung, J., Bao, J., Li, X., Zhu, L., Jin, J. (2023). Rice domestication-associated transcription factor PROSTRATE GROWTH 1 controls plant and panicle architecture by regulating the expression of LAZY 1 and OsGIGANTEA, respectively. *Molecular plant*, *16*(9), 1413-1426. https://doi.org/10.1016/j.molp.2023.08.011

Wang, J.C., Xu, H., Zhu, Y., Liu, Q-Q, Cai, X-L. (2013). OsbZIP58, a basic leucine zipper transcription factor, regulates starch biosynthesis in rice endosperm. *Journal of Experimental Botany*, *64*(11), 3453-3466. https://doi.org/10.1093/jxb/ert187

Wang, W., Mauleon, R., Hu, Z., Chebotarov, D., Tai, S., Wu, Z.,... Leung, H. (2018). Genomic variation in 3,010 diverse accessions of Asian cultivated rice. *Nature, 557*, 43–49. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0063-9

Wang, X.L., Liu, G.F., Wang, Z.Q., et al. (2019). Identification and application of major quantitative trait loci for panicle length in rice (Oryza sativa L.) through single-segment substitution lines. *Plant Breed*., 138(3): 299-308. Doi: https://doi.org/10.1111/pbr.12687

Wang, Z., Guo, Z., Zou, T., Zhang, Z., Zhang, J., He, P.,... Fu, X. (2023). Substitution mapping and allelic variations of the domestication genes from O. rufipogon and O. nivara. *Rice*, *16*, 38. https://doi.org/10.1186/s12284-023-00655-y

Wang, Z.F., Wang, J.F., Bao, Y.M., Wang, F.H., Zhang, H.S. (2010). Quantitative trait loci analysis for rice seed vigor during the germination stage. *J Zhejiang Univ Sci B., 11(*12), 958-964. https://doi.org/10.1631/jzus.B1000238

West Africa Rice Development Association (WARDA) Web: https://www.africarice.org

Wong, T.H., Ho, W.S., Yeo, F.K.S. (2026). Sarawak rice landraces as genetic resources for crop improvement: diversity, key traits, conservation and utilization – A review. *Genetic Resources and Crop Evolution, 73*, 163. https://doi.org/10.1007/s10722-026-02773-0

World Rice Statistics, http://www.irri.org.

Xiao, D., Li, Y., Ge, B., Zhao, Z., Suo, Z., Wang, J., Yan, C., Qi, Z., Huang, R., Quan, R., Qin, H. (2025). OsSAE1 orchestrates the antagonistical regulation of gibberellin and abscisic acid signaling to control rice seed germination. *Journal of Integrative Plant Biology, 68*, 203-219. https://doi.org/10.1111/jipb.70062

Xie, Z., Jin, L., Sun, Y., Zhan, C., Tang, S., Qin, T., Liu, N., Haung, J. (2024) OsNAC120 balances plant growth and drought tolerance by integrating GA and ABA signaling in rice. *Plant Communications, 5*(3), 100782. https://doi.org/10.1016/j.xplc.2023.100782

Xing, Y., Zhang, Q. (2010). Genetic and molecular bases of rice yield. *Annual review of plant biology, 61*(1), 421-442.

Yadav, S. P. S., et al. (2023). Genetic variability of panicle architecture traits in different rice accessions under the Eastern Terai conditions of Nepal. *Cogent Food & Agriculture, 9*, 2238420. https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2238420

Yamada, S., Kurokawa, Y., Nagai, K., Angeles-Shim, R. B., Yasui, H., Furuya, N., Yoshimura, A., Doi, K., Ashikari, M., & Sunohara, H. (2020). Evaluation of Backcrossed Pyramiding Lines of the Yield-related Gene and the Bacterial Leaf Blight Resistant Genes. *Journal of International Cooperation for Agricultural Development*, *18*, 18-28.

Yamuangmorn, S., Sreethong, T., Saenchai, C., Rerkasem, B., Prom-u-thai, C.T. (2021). Effects of roasting conditions on anthocyanin, total phenolic content, and antioxidant capacity in pigmented and non-pigmented rice varieties. *International Food Research Journal, 28*(1), 73–82. https://doi.org/10.47836/ifrj.28.1.07

Yan, W. (2010). GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. *Journal of the Indian society of agricultural statistics, 65*(2), 181-193.

Yang, S.-C., Meng, X.-S., Zhang, W., Ren, X.-T., Wu, J.-X., Pan, Y.-H., Guo, S.-W. (2026). Hybrid rice cultivars achieve sustainable high yield with reduced nitrogen input through yield component trade-offs: Evidence from a five-year field study. *Field Crops Research, 342*, 110437. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2026.110437

Yuan, H., Xu, Z., Tan, X., Gao, P., Jin, M., Song, W., Wang, S., Kang, Y,-., Liu, P., Tu, B., Wang, Y., Qin, P., Li, S., Ma, B., Chen, W. (2021). A natural allele of TAW1 contributes to high grain number and grain yield in rice. *The Crop Journal, 9*(5), 1060-1069. https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.11.004

Zaid, I. U., Tang, W., He, G., Khan, S. U., Harrison, M. T., Akmal, M., Ali, M., & Inayat, M. (2022). Estimation of genetic variances and stability components of yield-related traits of green super rice at multi-environmental conditions in Pakistan. *Agronomy, 12*(5), 1157. https://doi.org/10.3390/agronomy12051157

Zapico, F. L., Dizon, J. T., Borromeo, T. H., McNally, K. L., Fernando, E. S., & Hernandez, J. E. (2020). Genetic erosion in traditional rice agro-ecosystems in Southern Philippines: drivers and consequences. *Plant Genetic Resources, 18*(1), 1-10. doi:10.1017/S1479262119000406

Zeng, D., Tian, Z., Rao, Y., Dong, G., Yang, Y., Huang, L. et al. (2017) Rational design of high-yield and superior-quality rice. *Nature Plants, 3*, 17031. Doi: https://doi.org/10.1038/nplants.2017.31

Zewdu, Z., Abebe, T., Mitiku, T., Worede, F., Dessie, A., Berie, A., & Atnaf, M. (2020). Performance evaluation and yield stability of upland rice (*Oryza sativa* L.) varieties in Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture, 6*(1), 1842679. https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1842679

Zhang, A., Liu, C., Chen, G., Hong, K., Gao, Y., Tian, P., Peng, Y., Zhang, B., Ruan, B., Jiang, H., Guo, L. (2017). Genetic analysis for rice seedling vigor and fine mapping of a major QTL qSSL1b for seedling shoot length. *Breed Science, 67*, 307-315. https://doi.org/10.1270/jsbbs.16195

Zhang, Y., Zhao, G., Li, Y., Zhang, J., Shi, M., Muhammad, T., Liang, Y. (2017). Transcriptome profiling of tomato uncovers an involvement of cytochrome P450s and peroxidases in stigma color formation, *Front. Plant Sci*., *8:897*,. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00897

Zhao, H., Mo, Z., Lin, Q., Pan, S., Duan, M., Tian, H., Wang, S., & Tang, X. (2020). Relationships between grain yield and agronomic traits of rice in southern China. *Chilean Journal of Agricultural Research, 80*(1), 72–79. Doi: https://doi.org/10.4067/S0718-58392020000100072

Zhao, Q., Feng, Q., Lu, H., Li, Y., Wang, A., Tian, Q., ... Huang, X. (2018). Pan-genome analysis highlights the extent of genomic variation in cultivated and wild rice. *Nature Genetics, 50*, 278–284. https://doi.org/10.1038/s41588-018-0041-z

Zhao, Z. (2011) New Archaeobotanic data for the study of the origins of agriculture in China. *Curr Anthropol*, 52, 295-306. https://doi.org/10.1086/659308

Zheng, J. Wu, H., Zhu, H., Huang, C., Liu, C., Chang, Y., Kong, Z., Zhou, Z., Wang, G., Lin, Y., Chen, H. (2019). Determining factors, regulation system, and domestication of anthocyanin biosynthesis in rice leaves, *New Phytol*, *223*, 705–721. https://doi.org/10.1111/nph.15807Digital Object Identifier (DOI)

Zheng, Y., Crawford, G.W., Jiang, L., Chen, X. (2016). Rice Domestication Revealed by Reduced Shattering of Archaeological rice from the Lower Yangtze valley. *Scientific Reports, 6*, 28136 https://doi.org/10.1038/srep28136

Zhu, K., Tang, D., Yan, C., Chi, Z., Yu, H., Chen, J., ... & Cheng, Z. (2010). ERECT PANICLE2 encodes a novel protein that regulates panicle erectness in indica rice. *Genetics, 184*(2), 343-350. https://doi.org/10.1534/genetics.109.112045

Zong, W., Guo, X., Zhang, K., Chen, L., Liu, Y.-G., Guo, J. (2024). Photoperiod and temperature synergistically regulate heading date and regional adaptation in rice. Journal of Experimental Botany, 75, 3762-3777. https://doi.org/10.1093/jxb/erae209

Андов, Д. & Андреевска, Д. (2010). *Селекција на ориз*. Кочани, Општина Кочани, 80 стр.

Андреевска, Д., & Андов, Д. (2015). XI поглавје: Создадени и признати сорти во Македонија. Во: *Кочанскиот ориз* (стр. 79-91). Кочани: Општина Кочани (Монографија).

Андреевска, Д., & Андов, Д. (2015). XIII поглавје: Трговски типови ориз. Во: *Кочанскиот ориз* (стр. 97–101). Кочани: Општина Кочани (Монографија).

Државен завод за статистика на Република Северна Македонија (2019, 2024). *Статистички годишник на Република Северна Македонија*. Скопје: Државен завод за статистика.

Монографија 80 години Земјоделски институт – Скопје (2024). Одговорен уредник Мелпомена Поповска. Универзитет Св. Кирил и Методиј, Земјоделски институт, 2024. 10 поглавје: Заштита на растителните генетски ресурси и проучување на агробиодиверзитетот.

Службен весник на Република Македонија. (2007). Правилник за начинот на работа, просторната и техничката опременост на овластените лаборатории и методи за испитување на квалитетот на семенскиот материјал кај земјоделските растенија, 61, 33-35.

Тулякова, З. Ф. (1973). Сорта риса и семеноводство. Во: *Рис на Северном Кавказе*. Ростов-на-Дону: Ростовское книжное издательство. 116 с.

Филиповски, Ѓ. (1996). Поделба на Република Македонија во осум климатско-вегетациско-почвени подрачја (зони, региони), *Македонска земјоделска ревија, Скопје, 43*(1-2), 5-14.

8. ПРИЛОГ - Метлички на испитуваните генотипови по кластери (Говерова дистанца)

Слика 5. Метлички на генотиповите од кластер I



Слика 6. Метлички на генотиповите од кластер II



Слика 6 (продолжение). Метлички на генотиповите од кластер II



Слика 6 (продолжение). Метлички на генотиповите од кластер II



Слика 6 (продолжение). Метлички на генотиповите од кластер II











Слика 7. Метлички на генотиповите од кластер III



Слика 7 (продолжение). Метлички на генотиповите од кластер III



Слика 7 (продолжение). Метлички на генотиповите од кластер III











Слика 8. Метлички на генотиповите од кластер IV



Слика 8 (продолжение). Метлички на генотиповите од кластер IV





Слика 8 (продолжение). Метлички на генотиповите од кластер IV

