



**УНИВЕРЗИТЕТ „КИРИЛ И МЕТОДИЈ“
ВО СКОПЈЕ**
**ФАКУЛТЕТ ЗА ЗЕМЈОДЕЛСКИ НАУКИ И
ХРАНА – СКОПЈЕ**



м-р Биљана Страшко Дрвошанова

**ОЦЕНА НА ГЕНЕТСКИОТ ДИВЕРЗИТЕТ
НА ЛОКАЛНИ СОРТИ ПИПЕРКА (*Capsicum annuum* L.)
ОД РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА**

Докторска дисертација

Скопје, 2023 година

Докторанд:

БИЉАНА СТРАШКО ДРВОШАНОВА

Тема:

ОЦЕНА НА ГЕНЕТСКИОТ ДИВЕРЗИТЕТ НА ЛОКАЛНИ СОРТИ ПИПЕРКА
(*Capsicum annuum* L.) ОД РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

Ментор:

Проф. д-р Соња Ивановска

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

Членови на комисија:

Проф. д-р Мирјана Јанкуловска, член

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

Проф. д-р Верица Илиева

Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип, Земјоделски факултет

Проф. д-р Гордана Попсимонова

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

Проф. д-р Рукие Агич

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

Научна област:

Генетика и селекција на растенија

Датум на одбрана:

3.7.2023 година

Биљана Дрвошанова

ОЦЕНА НА ГЕНЕТСКИОТ ДИВЕРЗИТЕТ НА ЛОКАЛНИ СОРТИ ПИПЕРКА (*Capsicum annuum* L.) ОД РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

– Апстракт –

Основната цел на ова истражување е преку фенотипска карактеризација да се оцени генетскиот диверзитет на 101 локална сорта пиперка (*Capsicum annuum* L.) од Република Северна Македонија со идентификација на потенцијални дупликати во колекцијата, групирање на примероците врз основа на нивните сличности и идентификација на примероци со позитивни биолошки и агрономски особини и идентификација на перспективни примероци кои би можеле да се препорачаат на заинтересирани земјоделци за производство на автохтони сорти од пиперка. Фенолошките и морфолошките својства на секој генотип (локална сорта) беа оценувани за време на вегетацијата и лабораториски по бербата. Начинот на набљудување и мерење на својствата и бележењето на податоците беше извршено според упатството дадено во меѓународниот список на дескриптори Descriptors for Capsicum (*Capsicum* spp.) на Меѓународниот институт за растителни генетски ресурси (IPGRI, AVRDC, CATIE, 1995). Сите анализирани локални сорти се разликуваат во однос на квалитативните и квантитативните својства, а со тоа се отфрла нултата хипотеза во истражувањето. Врз основа на анализираниите 52 својства на растенијата, утврдена е голема дивергентност помеѓу испитуваните локални сорти пиперки. Според РС-анализата, најголем удел во варијабилноста на испитуваната колекција имаат својствата на плодовите (маса, ширина и дебелина на перикарп), должината на фенофазите (денови до цветање и плодоносење), својствата на листовите (должина и ширина) и висината на растенијата, за кои е утврдена највисока позитивна корелација со првата главна компонента. Примероците се класифицирани во 4 кластера со слични биолошки и агрономски особини, со примена на кластер-анализа преку пресметка на еуклидска дистанца и агломеративно хиерархиско групирање според Вард методот. Резултатите од истражувањето покажуваат дека во испитуваната колекција постои висок степен на разновидност во однос на анализираниите својства. Овој труд претставува иницијална активност за соодветно управување со конзервираниот генофонд од пиперка на национално ниво. Добиени се корисни сознанија на потенцијалот на локалните сорти што би можеле да се искористат за идна селекција на нови сорти. Од друга страна, откриени се примероци со високи позитивни својства поврзани со приносот, кои би можеле релативно брзо да се направат достапни за производителите на пиперка во Македонија.

Клучни зборови: Capsicum, пиперка, локални сорти, генетски диверзитет, карактеризација, кластер-анализа

Biljana Drvoshanova

EVALUATION OF THE GENETIC DIVERSITY OF PEPPER (*Capsicum annuum* L.) LANDRACES FROM THE REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA

– Abstract –

The main objective of this research is to assess the genetic diversity of 101 local pepper varieties (*Capsicum annuum* L.) from the Republic of North Macedonia through the identification of potential duplicates in the collection, the grouping of samples based on their similarities, and the identification of samples with positive biological and agronomic characteristics and identification of promising samples that could be recommended to interested farmers for the production of indigenous pepper varieties. The phenological and morphological properties of each genotype (local variety) were evaluated during vegetation and laboratory after harvest. The method of observation and measurement of the properties and data collection was performed according to the instruction given in the international list of descriptors Descriptors for Capsicum (*Capsicum* spp.) of the International Institute of Plant Genetic Resources (IPGRI, AVRDC, CATIE, 1995). All the local varieties analyzed vary in terms of qualitative and quantitative properties, thus the Null hypothesis in the research is rejected. Based on the analyzed 52 properties of the plants, a great divergence between the studied local varieties of peppers was observed. According to the PC analysis, the largest share in the variability of the studied collection are the properties of the fruits (mass, width, and thickness of the pericarp), the length of the phenophases (days until flowering and fruiting), the properties of the leaves (length and width) and the height of the plants, for which the highest positive correlation with the first main component has been determined. The samples are classified into 4 clusters with similar biological and agronomic properties, using cluster analysis by calculating the Euclidean distance and agglomerative hierarchical grouping according to the Ward method. The results of the research indicate that in the studied collection there is a high degree of diversity in terms of the analyzed properties. This study is an initial activity for proper management of the processing pepper gene pool at the national level. Useful insights have been obtained into the potential of local varieties that could be used for the future selection of new varieties. On the other hand, samples with high yield-related positive properties were discovered, which could be made available relatively quickly to pepper producers in Macedonia.

Keywords: Capsicum, pepper, local landraces, genetic diversity, characterization, cluster analysis

БЛАГОДАРНОСТ

Би сакала да изразам благодарност до сите оние кои ми дадоа поддршка во реализацијата на оваа докторска дисертација:

- Членовите на Катедрата за генетика и селекција при ФЗНХ за тоа што ме прифатија како кандидат и несебично го споделија своето знаење за агробиодиверзитетот, улогата и значењето на растителните генетски ресурси како национално богатство. Благодарам за привилегијата да бидам дел од вашиот тим.
- Катедрата за градинарство и цвеќарство при ФЗНХ што ми го отворија патот во академската заедница и за постојаната поддршка низ годините, да се изградам како личност и професионалец. Ви благодарам од се срце.
- Голема благодарност до Дејан Николовски и Гоце Георгиевски за отстапените површини и помошта во реализација на теренските активности.
- Особено сакам да се заблагодарам на моите колеги од Земјоделскиот институт во Скопје, кои беа покрај мене од првиот ден и несебично помагаа на терен и во лабораторија, понекогаш со разговор и секогаш со создавање позитивна работна атмосфера. Афродита, Лазе, Кате, Деси, Виктор се надевам ќе имам прилика да ви се оддолжам.

Овој труд го посветувам на моето семејство.

На моите родители, на кои сум им бескрајно благодарна што секогаш ја поддржуваа мојата љубопитност. На мојата мајка за дадениот пример за упорност, истрајност и борбеност – ти си мојот херој! На мојот татко за тоа што ми покажа како се сакаат природата, растенијата и животот – се надевам се радувааш каде и да си! На сестра ми Лидија, мојата душа и совест - те сакам и фала што постоиш!

На мојот животен сопатник Никола, без тебе немаше да стигнам до овде! Те сакам зошто ме поддржувааш во сите луди идеи, па и оваа :)

На моите ќерки Ива и Софија – се надевам дека ќе бидам доволно добар пример за вашата иднина, како што беа моите родители за мене. Бидете секогаш храбри и работете со љубов. Ве сакам бескрајно.

ИЗЈАВА

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

с.р.

„Изјавувам дека текстот во електронската верзија е идентичен на текстот во отпечатената верзија“.

с.р.

СОДРЖИНА

1.	Вовед.....	10
2.	Преглед на литература.....	12
2.1.	Значење на агробиодиверзитетот	14
2.2.	Ерозија кај растителните генетски ресурси	18
2.3.	Конзервација на растителните генетски ресурси	20
2.4.	Диверзитет на <i>Capsicum annuum</i> L.....	24
3.	Образложение на работните хипотези	30
4.	Материјал и метод на работа.....	31
4.1.	Материјал на работа	31
4.2.	Методи на работа	31
4.2.1.	Експериментален дизајн	31
4.2.2.	Статистички методи	32
5.	Резултати од истражувањето и дискусија.....	36
5.1.	Анализа на главни компоненти	38
5.2.	Кластер анализа.....	40
5.2.1.	Кластер I.....	43
5.2.2.	Кластер II.....	48
5.2.3.	Кластер III	54
5.2.4.	Кластер IV	59
6.	Заклучок	66
7.	Преглед на литература.....	68
8.	Прилози	84
	Прилог 1. Методологија и илустрации за евалуација на својствата според дескрипторите на IPGRI и UPOV	84
	Прилог 2. Фотографии од испитуваните локални сорти во истражувањето....	88

ЛИСТА НА ТАБЕЛИ:

Табела 1. Листа на испитувани локални сорти пиперки во истражувањето	34
Табела 2. Анализа на главни компоненти за квантитативните својства	38
Табела 3. Просечни вредности за 8 квантитативни својства на кластер I	43
Табела 4. Просечни вредности за квантитативните својства на испитуваните локални сорти од кластер I	47
Табела 5. Просечни вредности за 8 квантитативни својства на кластер II	49
Табела 6. Просечни вредности за квантитативните својства на испитуваните локални сорти од кластер II	52
Табела 7. Просечни вредности за 8 квантитативни својства на кластер III	54
Табела 8. Просечни вредности за квантитативните својства на испитуваните локални сорти од кластер III	58
Табела 9. Просечни вредности за 8 квантитативни својства на кластерот IV	59
Табела 10. Просечни вредности за квантитативните својства на испитуваните локални сорти од кластер IV	62
Табела 11. Дистрибуција на фреквенции за квалитативните својства кај испитуваните локални сорти по кластери и на ниво на цела колекција*	63

ЛИСТА НА СЛИКИ:

Слика 1. Облик на плод кај испитуваните локални сорти од кластер I.....	45
Слика 2. Закривеност на плодот на пресек.....	45
Слика 3. Боја на плод при премин од технолошка во физиолошка зрелост	46
Слика 4. Тип на раст кај локалните сорти од кластер II	49
Слика 5. Боја на плодови при премин од технолошка во физиолошка зрелост и боја во физиолошка зрелост	51
Слика 6. Позиција на толчник	55
Слика 7. Површина на плод	56
Слика 8. Изглед на плодовите кај некои од испитуваните локални сорти од кластер III.....	57
Слика 9. Разлики во дебелината на перикарпот помеѓу испитуваните примероци од кластер IV.....	60
Слика 10. Боја и форма на плод кај дел од испитуваните примероци од кластер IV.....	61
Слика 11. Фотографии на плодови од кластер I	88
Слика 12. Фотографии на плодови од кластер II	89
Слика 13. Фотографии на плодови од кластер III.....	92
Слика 14. Фотографии на плодови од кластер IV.....	93

1. ВОВЕД

Економското значење на пиперката (*Capsicum annuum* L.) како градинарска култура е големо, како во светски, така и во домашни рамки. Според податоците од ФАО, глобалното производство на пиперка во 2021 година е реализирано на повеќе од 2 милиони хектари со вкупен принос од над 36 милиони тони, со тренд на пораст во последните пет години (FAOSTAT, 2023). Во Република Македонија во 2022 година се произведени повеќе од 237 илјади тона, со просечен принос од 24,4 t/ha и исто така се забележува раст во однос на претходната година (ДЗС, 2023). Економското значење на оваа култура е резултат на разновидната намена како свеж зеленчук, во форма на разни преработки (киселење, намази, пасти, сосови итн.) или како зачин, заради што е присутна во секојдневната исхрана на луѓето. Освен во исхраната, пиперката има примена и во традиционалната медицина, фармацевската и козметичката индустрија, а во поново време е актуелна и како декоративно растение.

По интродукцијата во Европа, пиперката многу брзо била прифатена во производството низ целиот свет, развивајќи го диверзитетот преку одгледување во различни региони, услови и за различни цели. Токму таа разновидност ја дала основата за современата селекција на сорти и хибриди, кои заради високите приноси станале доминантни во земјоделското производство во развиените земји. Иако примарна цел на селекцијата е подобрување на приносните својства, оваа научна дисциплина континуирано се развива во насока да даде одговор на актуелните предизвици во производството на пиперката, кои се поврзани со биотски (патогени заболувања) и абиотски (воден стрес, ниски или високи температури, засоленост на почви итн.) стресови кај растенијата (Negi et al., 2018; Srivastava & Mangal, 2019). Интензивната селекција на нови сорти за решавање на овие предизвици, резултирала со промени на нутритивните и сензорните својства, кои пак се високо ценети од потрошувачите и затоа фокусот се проширува и во овој дел, а извор на гени за овие цели се токму локалните, традиционални сорти (Parisi et al., 2017).

За сметка на развојот на селекцијата во последните педесет години и масовната употреба на селектирани сорти и хибриди, голем број на локални, автохтони сорти се исчезнати. Дополнително, утврдено е дека интензивното искористување на природните ресурси исто така има големо влијание врз генетската ерозија како кај дивите, така и кај култивираните видови (Díaz et al., 2019). Конзервацијата на агробiodиверзитетот е една од најзначајните мерки за заштита од генетска ерозија. Најраспространет и широкоприфатен начин на конзервација е чување на семенски материјал во ген-банки, кои функционираат според меѓународни стандарди и регулативи базирани на научните сознанија. Освен чување на материјалот, целта на конзервацијата е истиот да се карактеризира и проучи заради идентификација на потенцијалите на зачуваните примероци, како за сегашните, така и за идните генерации. На национално ниво, постојат четири институции што работат на конзервација на растителните генетски ресурси: Земјоделскиот институт – Скопје и Факултетот за земјоделски науки и храна – Скопје при УКИМ, Скопје, Земјоделскиот факултет во Штип при УГД, Штип и Научниот институт за тутун во Прилеп при УКЛО, Битола. Меѓутоа, недостига системска поддршка за креирање и реализација на подолгорочни активности за колекционирање, евалуација и искористување на националниот генофонд. До сега активностите се реализираат преку поддршка од донации и врз база на лични заложби и иницијативи од страна на научниот кадар.

Познавањето на генетскиот диверзитет на локалните сорти значи познавање на природното богатство со кое располага една нација. Карактеристично за нив е тоа што се создавале подолг временски период, низ процесот на природна селекција, во специфични агроклиматски услови и развиле специфични особини поради кои се задржале во производството (Ficiciyan et al., 2018). Заради нивната специфичност, развиена како резултат на долготрајното производство, стануваат дел од традицијата на народите (Sebolla-Cornejo et al., 2007; Jankulovska et al., 2019; Ivanovska et al., 2021). Проучувањето на генетскиот диверзитет на локалните сорти од земјоделските растенија е предмет на зголемен научен интерес во светски рамки. Познавањето на биолошките, агрономските и квалитетните својства, отвора можности за нивно искористување преку вклучување во селекциски програми и создавање на нови сорти. Со оглед на тоа дека во Република Северна Македонија во моментот нема активни селекциски програми, постојат и други можности за употреба на потенцијалот на локалните сорти. Во земјите во развој, употребата на хибриди е лимитирана поради финансиските ограничувања на малите производители за воведување на современи, интензивни технологии за производство, кои се главен предуслов за остварување на полниот приносен потенцијал. Наспроти тоа, производството на локалните сорти има пониски трошоци и одговара на екстензивните модели на одгледување. Важна предност на локалните сорти е стабилноста на приносите, кои иако се пониски во споредба со современите сорти и хибриди, сепак придонесуваат за подобрување на економската состојба на малите фармери. Токму затоа, истражувањата за локалниот генофонд од пиперка се релевантни за земјите во развој каква што е нашата, каде што оваа култура има значаен удел во земјоделското производство, а производителите имаат традиционални знаења и вештини и можат да ги искористат потенцијалните на националниот генофонд.

Цел на истражувањето

Оттука, основната цел на ова истражување е преку фенотипска карактеризација да се оцени генетскиот диверзитет на 101 локални сорти пиперки (*Capsicum annuum* L.) од Република Северна Македонија.

Посебни цели се:

- Идентификација на потенцијални дупликати во колекцијата,
- Групирање на примероците врз основа на нивните сличности и идентификација на примероци со позитивни биолошки и агрономски особини,
- Селектирање на примероците со висок потенцијал за натамошни научни истражувања, односно вклучување во селекциски програми,
- Идентификација на перспективни примероци кои би можеле да се препорачаат за директно производство на автохтони сорти од пиперка.

Не само во Република Северна Македонија, туку и во многу развиени земји сè уште остануваат многу нерешени прашања за дефинирање на подобри стратегии за зачувување и надградба на постоечките колекции од семенски материјал од зеленчук. Се очекува дека резултатите од истражувањето ќе дадат придонес за поефикасно искористување на конзервираните генетските ресурси од пиперка. Односно, ќе овозможат идентификација на потенцијални генотипови што би можеле да бидат добар почетен селекциски материјал во иднина. Дополнително, врз основа на резултатите би можеле да се идентификуваат и локални сорти со потенцијал за директно вклучување во земјоделското производство на заинтересирани земјоделски производители.

2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

Во Република Македонија, градинарството е водечка гранка во растителното производство и учествува со околу третина во остварениот бруто-приход (Martinovska Stojcheska et al., 2021). Пиперката е една од најважните градинарски култури што се произведуваат, како во поглед на вредноста, така и во поглед на националната традиција. Според податоците од Државниот завод за статистика (МАКСТАТ, 2022) во последната деценија (2012 – 2021), просечно годишно се произведуваат околу 183,5 илјади тони пиперка со перманентен тренд на пораст. Околу 46,5 тона од наведените количини се произведува во заштитени простори со намена за свежа консумација, претежно лута пиперка, а остатокот од производството е пиперка од типот капија која сè повеќе се одгледува во заштитени простори (Popsimonova et al., 2021). Овој тип пиперка, популарно наречена ајварка, претставува значајна сировина за преработувачката индустрија, која е извозно ориентирана. Во земјава речиси и да не постои регион каде што не се одгледуваат пиперки, а голем дел од руралните домаќинства одржуваат 3-4, а често и повеќе локални сорти (Ivanovska & Andonov, 2018). Во зависност од прехранбените навики и намената на плодовите се одржуваат различни екотипови, добро приспособени на локалните услови меѓу кои: везени и пиперки за нижење, капии, каварцик, козји рог, феферони, гамби итн.

Пиперката (*Capsicum annuum* L.) и глобално е еден од најзначајните градинарски видови и има широка примена во исхраната на луѓето, како во свежа, така и во преработена состојба. Освен тоа, екстракти од плодовите се користат и во фармацијата и козметичката индустрија, а некои видови се користат и како декоративни растенија. Припаѓа на родот *Capsicum* кој потекнува од Јужна Америка, односно територијата на денешна Боливија и Перу. Пронајдени се археолошки докази дека пиперката била присутна во исхраната на луѓето пред повеќе од 6000 години и дека веројатно е една од првите земјоделски култури кои се користеле како зачин пред керамичката ера (Kraft et al., 2014; Perry et al., 2007).

Родот *Capsicum* припаѓа во фамилијата Solanaceae. Се смета дека името на родот потекнува од старогрчкиот збор *kapto* што значи 'да гризе' поради изразената лутина на плодовите или од латинскиот *capsa* што означува торбичка алудирајќи на формата на плодовите (Bosland & Votava, 2012). Таксономијата на родот *Capsicum* е динамична категорија, ревидирана во повеќе наврати низ историјата. Со развојот на науката и систематизацијата на новите научни сознанија денес се признаени вкупно 43 вида. Се очекува дека бројот и понатаму ќе се зголемува со нови истражувања, особено во реоните на Перу и Боливија. Филогенетски во родот се констатирани две групи, првата се состои од најстарите видови кои се развиле на Андите, а во втората се сите останати кои настанале подоцна и тука се вклучени одомаќинетите видови и нивните диви сродници (Barboza et al., 2022). Во различни региони на Јужна Америка, независно се одомаќинети 5 вида кои припаѓаат на три генофонда (Bosland & Votava, 2012; Pickersgill, 2016) и тука спаѓаат:

– *Capsicum baccatum* L.

Одомаќинетиот вид *Capsicum baccatum* var. *pendulum* потекнува од дивиот *Capsicum baccatum* var. *baccatum* со потекло од Андите и тие се претставници на генофондот *Baccatum*. Има широк ареал на распространетост, од јужните делови на Бразил до Пацифичкиот Океан. Тоа е еден од најодгледуваните видови во Јужна

Америка, меѓутоа е слабо застапен во останатиот дел од светот (Albrecht et al., 2012). Растенијата имаат кремави цветови со жолти, кафени или зелени дамки на венечните ливчиња. Плодовите кај дивиот вид се ситни и растат исправено, додека кај вариететот *pendulum* се покрупни и висат надолу, од каде што е изведено и латинското име. Локално се среќаваат и ползечки сорти од овој вид. Во поглед на плодовите постои богата разновидност во однос на нивната форма, како и според степенот на лутина (Bosland & Votava, 2012).

– *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.

Потеклото на овој вид сèуште не е до крај утврдено, но се претпоставува дека е поврзано со дивите видови *C. eximium* и *C. cardenasii* со кои заедно го претставуваат генофондот *Pubescens*. Се претпоставува дека потекнува од високите предели во Боливија и е најдобро адаптиран на ниски температури во споредба со другите одомаќинети видови. Растенијата се многугодишни, може да достигнат височина до 12 m, а карактеристично е тоа што имаат влакнести листови, виолетови цветови и семиња со темно кафена до црна боја. Плодовите имаат дебел, месест перикарп со изразена лутина и форма на јаболко (црвени) или праска (жолти) од каде што се изведени локалните имиња. Диверзитетот на локалните сорти од овој вид е голем (Palombo & Carrizo García, 2022), се одгледуваат во централна и Јужна Америка, додека во другите делови од светот видот не е многу застапен поради специфичните услови што се неопходни за негово производство.

Три од одомаќинетите видови (*C. annuum*, *C. chinense* и *C. frutescens*) и нивните диви сродници го сочинуваат генофондот наречен *Annuum*. Од него се развиени бројни сорти што се разликуваат според бојата, формата и лутината на плодовите, а се одгледуваат ширум светот и се економски најзначајните видови од овој род (Pickersgill, 2007; Bosland & Votava, 2012; Van Zonneveld et al., 2015).

– *Capsicum chinense* Jacq.

Потекнува од Амазонија и како вид е добро адаптиран на топла и влажна клима, со широк ареал на распространетост во Централна и Јужна Америка, и на Карибите каде што е развиен богат диверзитет (Moscone et al., 2007; Moses & Umaharan, 2012; Ali et al., 2020; Bianchi et al., 2020). Плодовите во однос на формата се многу дивергентни, со карактеристична арома и изразена лутина. Типични претставници од овој вид се сортите ‘Scotch Bonnet’ и ‘Habanero’, која е позната како најлутата сорта во светот.

– *Capsicum frutescens* L.,

Овој вид е одомаќинет на територијата на денешна Панама, од каде што се шири во Мексико, а денес се одгледува и во Африка, Индија и на Далечниот Исток. Плодовите се претежно ситни, лути и се користат за производство на популарниот табаско сос. Постојат мал број сорти во производството, во споредба со другите видови од родот (Bosland & Votava, 2012).

– *Capsicum annuum* L.,

Одомаќинет е на територијата на Мексико (Kraft et al., 2014) и е подобро адаптиран за одгледување на повисоки предели во споредба со *C. frutescens*, а кога се произведува во потопли и влажни предели е доста подложен на болести и штетници (Pickersgill, 2016). Дивиот предок на овој вид е *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*. Се нарекува птичја пиперка (chile piquín, chiltepín, chiltepec, bird pepper) и претставува повеќегодишно растение со широк ареал на распространетост, од јужните делови на САД до северните делови на Јужна Америка. Карактеристично е што формира голем број на исправени, топчести црвени плодови, коишто ги конзумираат птици, благодарение на кои е извршена иницијалната дисперзија на овој вид, од каде што потекнува и народниот

назив. Популации од оваа дива форма се среќаваат и на 2 000 m надморска височина, иако типично расте на пониски места. Под влијание на човекот, во процесот на доместикацијата, *C. annuum* развил богат диверзитет во однос на плодовите, конкретно во однос на нивната големина, форма, боја и степен на лутина. Култивираниите форми се одгледуваат како едногодишни растенија, со висина од 1 до 1,5 m, со 1-2 цвета по разгранување. Цветовите се најчесто бели, ретко бледојолти или виолетови. Поради високиот степен на дивергентност, како резултат на одомаќинувањето и диверзификацијата, тешко е да се издвои група на својства кои се карактеристични за овој вид (Barboza et al., 2022).

Пиперката е култура што многу брзо се раширила насекаде во светот и стекнала значајна улога во трговијата, исхраната и културата на човештвото, што е потврдено и со едно од најобемните истражувања за геномот на пиперката во кое биле вклучени 10 038 примерока од различни ген-банки во светот. Меѓу другото, резултатите за дистрибуцијата на некои својства, како лутината, морфологијата на плодовите и раностасноста биле нееднакво застапени во различни региони, што укажува на тоа дека човекот имал големо влијание во создавањето на диверзитетот кај одомаќинетите видови. Во Европа постојат два секундарни центри на диверзитетот на пиперката. Првиот ги вклучува Централна и Источна Европа заедно со Турција, а вториот е медитеранскиот центар со некои примероци од Холандија и Северна Африка. Азија е исто така секундарен центар на диверзитетот на *Capsicum annuum*, а дистрибуцијата од овој центар се развивала во три правци: на источниот, јужниот и југоисточниот дел од континентот (Tripodi et al., 2021). Според истражувањето на Lee и сор., (2016) постои јасна дистинкција на генетско ниво помеѓу европските и азиските генотипови. Од морфолошки аспект, утврдени се сличности во развојот на диверзитетот во рамките на трите генофонда, со што е потврдена улогата на одомаќинувањето и селекцијата во дивергентноста, особено кај плодовите својства (Tripodi & Greco, 2018).

Пиперката доаѓа во Европа преку Португалија и Шпанија во XVI век, по откривањето на Америка од страна на Колумбо. Поради лутината на плодовите, што тогаш им се чинела слична на биберот (на англиски black pepper), растението го нарекле пипер иако двата вида се сосема различни. Токму вкусот и лутината на плодовите што биле користени како зачин, многу лесно и брзо придонеле пиперката да стане незаменлив дел од традиционалните кујни во целиот свет. Во Кина и Индија станала доминантен зачин за кратко време, заради што во XVII век некои ботаничари сметале дека потекнува од Кина (Bosland & Votava, 2012). На Балканот е донесена од страна на Турците и тоа најнапред во Македонија, кога веќе се употребувала и во свежа состојба, а не само како зачин (Јанкуловски, 1997). Како во целиот свет, така и во Македонија таа станува една од најзначајните земјоделски култури и незаменлив дел од традицијата. Како резултат на тој процес се развивале и одржале голем број сорти во производството, коишто не се застапени на други места, па затоа Балканот се дефинира како секундарен центар на диверзитетот на пиперката (Nankar et al., 2020).

2.1. Значење на агробiodиверзитетот

Агробiodиверзитетот подразбира разновидност и варијабилност на растенијата, животните и микроорганизмите кои се користат директно, но и индиректно во растителното и анималното производство, шумарството и рибарството. При тоа, опфатена е разновидноста на генетските ресурси (сорти, раси) кои се користат за храна, добиточна храна, влакна, горива и фармацевтски производи. Исто така се вклучени и видови што го поддржуваат земјоделското производство (почвени микроорганизми,

предатори, опрашувачи), како и видови од пошироката животна средина што ги поддржуваат агро-екосистемите (земјоделски, шумски, пасишни и водни екосистеми) и нивната разновидност (FAO, 1999).

Регионалните и глобалните промени во дистрибуцијата на растенијата и животните поради човековата активност во антропоценската епоха се следени во студијата на Martin и сор. (2019) во која авторите забележале зголемување на разновидноста на културите на глобално ниво во периодот од 1970-тите до '80-тите години. Меѓутоа, на регионално ниво, и покрај утврдената разновидност кај растителните видови, се забележува тренд на хомогенизација на видовите што се одгледуваат на големи земјоделски површини, што се јавува како резултат на глобалните еколошки и социо-економски услови. Од тие причини, континуираното следење и проценка на состојбите со агробiodиверзитетот на различни нивоа е од огромно значење, со цел да се обезбеди одржливо земјоделско производство и благосостојба на населението.

Во изминатиов период, научниот фокус за агробiodиверзитетот е насочен кон интегрална анализа на различните аспекти поврзани со системите за храна. Заради достапноста на поголем број истражувања на глобално ниво, ваквите анализи овозможуваат сеопфатен пристап за проценка на влијанието на агробiodиверзитетот врз земјоделското производство, конзервацијата на генетските ресурси, како и поврзаноста со управувачките политики. Според податоците на FAO (2019), само 9 видови од преку 6 000 различни растителни вида кои се одгледуваат за храна, покриваат околу 60 % од растителното производство, што се должи на многу фактори. Од друга страна, Jones и сор. (2021), со примена на индексот на агробiodиверзитет, преку анализа на 22 индикатора и 43 субиндикатора, обработиле податоци за 80 земји за потрошувачката (пазарите), производството и конзервацијата на генетските ресурси, со цел да се овозможи идентификација на приоритети за подобрување на состојбите. Проценките покажуваат дека постои умерено ниво на агробiodиверзитет во глобалниот систем на храна, како и умерено ниво на преземени активности, но ниско ниво на политичка посветеност за подобрување на состојбите и зачувување на агробiodиверзитетот. Највисоко се оценети потрошувачката, производството и конзервацијата, додека најслабо е оценета реализацијата на преземените обврски за зачувување и унапредување на агробiodиверзитетот, што е јасна индикација дека политичките заложби, не секогаш, а често и недоволно се преточуваат во конкретни акции и мерки.

Растителниот бiodиверзитет е тесно поврзан со концептот за стабилност на системите за храна. Оваа стабилност се однесува на нивната способност да обезбедат соодветни хранливи материи во услови на различни нарушувања на системите (конфликти, климатски промени, миграција итн.). Во студијата на Nicholson и сор. (2021) се анализирани податоци од 184 земји во светот за период од 55 години со цел да се утврди врската помеѓу стабилноста на системите за храна и диверзитетот на видовите во рамките на државите, но и преку увозот на храна. Резултатите покажале висока позитивна корелација помеѓу диверзитетот и стабилноста на системите, но исто така утврдиле дека диверзитетот низ годините се намалува. Во оние случаи кога диверзитетот се зголемува, тоа вообичаено било за видови што веќе се присутни во националните системи и имаат релативно ниска хранлива вредност. Дополнително, авторите заклучуваат дека увозот на храна позитивно влијаел врз стабилноста на системите за храна, што покажува дека многу земји се потпираат на меѓународните пазари за да ги задоволат сопствените потреби.

Диверзитетот на видовите кои се произведуваат од малите фармери нема силно влијание врз подобрувањето на квалитетот на исхраната на производителите, меѓутоа на пошироко ниво (села, области, региони) сликата се менува. Односно, неопходно е присуство на разновидни видови, кои би требало да се произведуваат токму од малите фармери и да бидат пласирани на пазарите со цел да се подобри квалитетот на исхраната на целото локално население (Sibhatu & Qaim, 2018).

Зеленчукот претставува значаен извор на микронутриенти (витамини, минерали, антиоксиданти, растителни влакна) во исхраната и има голема улога во одржување на здравјето на човекот. Врз основа на досегашните истражувања, неопходен е секојдневен внес на најмалку 400 g овошје и зеленчук, поделени во 5 порции од кои три треба да се базирани на зеленчук (Afshin et al., 2019). Покрај тоа, докажано е дека намалената консумација на зеленчук е во корелација со зголемен ризик од појава на голем број заболувања, што е особено изразено во сиромашните и земјите во развој (Kalmpourtzidou et al., 2020; Harris et al., 2022a; Harris et al., 2022b). И покрај тоа што калориската вредност на зеленчукот не е висока, заради присуството на висококвалитетни нутриенти се проценува дека е неопходна поширока системска поддршка за зголемување на консумацијата во светски рамки, со цел да се постигнат целите за одржлив развој на Обединетите нации, а кои се поврзани со обезбеденоста со храна и квалитетот на здравјето (Powell et al., 2015; Schreinemachers et al., 2018).

Агробiodиверзитетот е во тесна врска со традицијата во заедниците. Истражувањата за традиционалните знаења и вештини за употребата на агробiodиверзитетот датираат уште од крајот на XIX век и бележат постојан пораст во последните децении (Liu et al., 2022). Како резултат на традиционалните системи на производство и традиционалните агротехнички мерки за производство и одржување на плодноста на почвите, некои загрозени видови се зачувани од исчезнување, а со тоа е зачуван и генетскиот диверзитет. Во таа насока може да се разгледуваат и специфични производи и преработки што се препознатливи за одредени региони. Везените пиперки се препознатлив белег на македонската традиција. Специфично за нив е што се одгледуваат само кај нас и во некои погранични региони на соседните држави (Jankulovska et al., 2019). Се користат во свежа, преработена и сушена состојба, а низите со везени пиперки се препознатлива слика за руралните средини во Македонија. На регионално ниво значајни се пиперките од типот капии, од кои најпознатата е куртовската капија, сорта селектионирана во Република Бугарија (Јанкуловски, 1997). Но, поради широката распространетост како главна сировина за подготовка на разни преработки, од неа се развиле бројни екотипови кои носат различни имиња во зависност од регионот каде што се одгледуваат.

Повеќе еволуциски фактори меѓу кои природната селекција, мутациите, генетскиот дрифт и протокот на гени, влијаеле врз создавањето и развојот на генетскиот диверзитет. Растителните генетски ресурси (РГР) всушност го содржат целокупниот генетски материјал од културните видови и нивните диви сродници преку различните гени што ги носат. Тука се вклучени новосоздадени сорти, сорти кои веќе се застапени во производството, локални сорти, застарени сорти, селекциски материјал (селекциски, елитни и мутантни линии), диви сродници и плевелни форми. Проучувањето и конзервацијата на генетскиот диверзитет не само што даваат увид во еволуцијата, ширењето и одомаќинувањето на видовите на глобално ниво, туку тие претставуваат и ресурси за справување со сегашните и идните предизвици во производството на храна (Salgotra & Chauhan, 2023).

Диверзитетот на растителните генетски ресурси им дава можност на селекционерите да развијат нови и подобрени сорти со посакувани карактеристики. Во

процесите на селекција на нови сорти, глобално фокусот бил првично свртен кон создавање сорти со повисоки приноси својства, покрупни зрна, поголеми плодови итн., односно кон тоа да се задоволат преференците на фармерите и да се зголеми нивната економска добивка. Подоцна, целта е насочена кон селекција на својства за зголемување на отпорноста кон болести и штетници кај растенијата. Во сегашноста, актуелно е да се комбинираат овие две цели, а дополнително се работи на развој на нови сорти кои ќе одговорат на климатските предизвици (Bhandari et al., 2017), особено поради сознанијата дека една третина (~32 - 39 %) од варирањето на приносите, кај најзначајните култури на глобално ниво, се должи на климатските промени (Ray et al., 2015). Имајќи предвид дека одгледувањето на растенија и развојот на сорти глобално придонесуваат кон унапредување на производството на храна, пристапот до различните генетски ресурси ќе обезбеди поодржлива мрежа за производство на храна во светот (Deka, 2017). Пристапот до генетскиот диверзитет, особено до локалните, традиционални сорти кои се добро адаптирани на условите каде што се одгледуваат, ќе бидат пресудни за зголемување на отпорноста на агроекосистемите кон климатските промени. Токму затоа, истражувањата за нивниот потенцијал и можностите за нивната конзервација и употреба, се секогаш актуелен предмет на научниот интерес.

Локални сорти или популации, наречени уште и автохтони, традиционални сорти, примитивни популации итн., според Casañas и сор. (2017) се култивирани, генетски хетерогени сорти кои еволуирале во одредено еко-географско подрачје и затоа се приспособени на почвените и климатските услови и на традиционалните начини на производство и употреба. Со ова авторите прават обид да ја прошират претходно дадената дефиниција од Zeven (1998) кој ги дефинира автохтоните сорти како сорти со висока толеранција на абиотски и биотски стресови, со висока стабилност на приносите, кои во екстензивни услови или со традиционални начини на производство ќе дадат умерени приноси. Токму затоа, локалните сорти се соодветни за производство во еколошки, односно одржливи производни системи во кои потребите од енергенси се на ниско ниво (Maxim et al., 2020).

Меѓу другото, локалните сорти се карактеристични по уникатните вкусови и кулинарските квалитети поради што биле препознатливи и ценети низ повеќе генерации. Овие сензорни атрибути најчесто отсутуваат кај современите сорти наменети за интензивните системи на производство (Dwivedi et al., 2019). Типични примери за специфичен препознатлив вкус кај нас се локалните сорти домати и тоа црвен и розев јабучар, воловско срце, сортите кромид скопски сребрењак, бучински и погачар, зрновскиот праз, тетовски грав итн. (Ivanovska & Andonov, 2018; Ivanovska et al., 2020, 2021).

Поради начинот на кој еволуирале во текот на долг период на одредено подрачје, со постојано вкрстување со други локални или комерцијални сорти, локалните сорти се одликуваат со фенотипска и генетска хетерогеност. Важна одлика на локалните сорти е стабилноста на приносите. Во студијата на Ficişian и сор. (2018) се анализирани 41 публикувани студии за периодот 1945 – 2017 година во кои се споредувани нови со локални, традиционални сорти. Авторите заклучиле дека иако производството на нови сорти носи поголеми приноси, локалните подобро реагираат на неповолни услови на производство и имаат постабилен принос, како на пример во услови на суша.

Покрај локалните сорти, од огромно значење за генетскиот диверзитет се и дивите сродници на културните растенија кои се најмалку конзервирани и голем дел од нив се под ризик од исчезнување (Gruber, 2017). Економската добивка од примената на дивите видови во селекцијата на подобрени сорти, е анализирана во студијата на Tyack и сор. (2015). Заклучоците од ова истражување се дека потенцијалната добивка од примената

на диви видови во селекцијата на домотот била проценета на 16 милиони долари за 2012 година, додека потенцијалната добивка за севкупното растително производство во САД била проценета на 196 милијарди долари.

Се очекува дека растителното производство во иднина сè повеќе ќе се потпира на ефикасната употреба на диверзитетот на растителните генетски ресурси, особено како економски исплатлив метод за постигнување на повисоки приноси и за намалување на производните вложувања. Соодветна карактеризација и примена на диверзитетот во селекцијата ќе овозможи развој на сорти што ќе ја редуцираат употребата на хемиски препарати за заштита, ефикасно ќе ги искористуваат водата и ѓубривата, но и развој на сорти со повисока хранлива вредност (Byrne et al., 2018).

2.2. Ерозија кај растителните генетски ресурси

Генетската ерозија се мери како намалување или губење на диверзитетот на родовите, видовите и растенијата од еден вид (внатревидова ерозија) на одредена територија низ одреден временски период. Уште од почетокот на овој век е утврдено дека генетската ерозија ќе има далекусежни импликации во однос на недостигот од храна за населението во светот. На веќе ограничени почвени ресурси треба да се одгледуваат двојно повеќе земјоделски култури за да се овозможи опстанокот на човештвото (Kameswara Rao, 2004). Во тој процес, растителните генетски ресурси што носат во себе значајни гени за отпорност кон абиотски и биотски стресови, родност и други квалитативни особини ќе имаат пресудна улога.

Во една понова студија, Khoury и сор. (2022) извршиле преглед на промените на диверзитетот на растителните генетски ресурси за периодот 1939 – 2021 година, на повеќе нивоа, преку анализа на 139 научни труда. За диверзитетот на фармите, односно состојбите со локалните сорти, во 86,3 % од студиите е евидентирано намалување на диверзитетот, како и комплетно исчезнување на неколку родови и редукција на внатревидовиот диверзитет. Од друга страна, во 33,8 % од студиите документирано е одржување и во 23,7 % зголемување на диверзитетот. Во поглед на новите, современи сорти, состојбите со диверзитетот се следени во помал обем, но евидентен е трендот на хомогенизацијата на сортите што се произведуваат. Во однос на растителните генетски ресурси кои се чуваат *ex situ*, односно во ген-банки, сите анализирани студии утврдиле промени, а 85,7 % од нив евидентираат намалување на диверзитетот, додека 28,6 % документираат зголемување, што најмногу се должи на можностите за регенерација на материјалот. Најзагрижувачки се податоците за генетската ерозија кај дивите форми. Во 90,9 % од студиите е евидентирана генетска ерозија или е проценет висок ризик од исчезнување на генетскиот диверзитет, што е последица од промените во користењето на земјиштето, примената на современи агротехнички мерки во пределите каде што тие природно се среќаваат, како и промените во животната средина. Овие податоци повеќе се однесуваат на житните култури, додека за состојбите со градинарските култури, сознанијата не се систематизирани.

И покрај тоа што постојат бројни истражувања за ризиците од генетската ерозија, како и за губењето на диверзитетот, Piling и сор. (2020) известуваат за еден позитивен тренд, односно за зголемена примена на производни практики што ја поддржуваат или унапредуваат биолошката разновидност на светско ниво. Анализата е базирана на национални извештаи од 91 држава и бројни меѓународни организации, при што земјите истакнуваат дека е потребно подобрување на нивото на знаења за влијанието на различните практики врз диверзитетот и екосистемите.

Денес во светот се произведуваат 1 097 вида зеленчук, кои припаѓаат на 544 рода и 133 фамилии, меѓутоа 270 вида не подлежат на *ex situ* конзервација, односно од нив воопшто нема примероци во светските ген-банки (Meldrum et al., 2018)

За зеленчуковите видови уште во 2013 година е проценето дека генетските ресурси во изминатите 50 години исчезнувале со загрижувачка стапка од 1 до 2 % годишно (Elia & Santamaria, 2013). Во тој период, ризикот од генетска ерозија поради одгледувањето на исти нови сорти со тесна генетска основа бил особено висок кај зеленчукот, како што е лукот, брокулата, домотот, краставицата итн. (Maggioni, 2004). Уште во седумдесеттите години од минатиот век, анализирајќи ги сортните листи во Велика Британија Innes (1975) открила дека 32 сорти кељ пупчар кои биле актуелни во 1965 година веќе не постоеле. Нивното место било заземено од хибриди, чии број во истиот период се зголемил од 1 на 41.

Интензивната селекција на нови сорти и хибриди во изминатите 50 години, придонела за истиснување и губење на голем број на локални сорти од производството, а со тоа и за губење на генетскиот материјал. На тој начин, за локалните сорти домот што се произведуваат во еден регион на Мароко, Walters и сор. (2018) утврдиле дека комплетно се исфрлени од производството, а нивниот диверзитет и развојот на нови сорти зависи исклучиво од конзервираните примероци во ген-банките. Претходно во Шпанија е евидентирана слична состојба со производството на домати (Cebolla-Cornejo et al., 2007), за која големо влијание имале пазарните врски и барањата на големите пазари, како што е стабилното снабдување со унифицирани производи што се издржливи на транспорт и складирање.

Друг аспект за продлабочување на генетската ерозија кај зеленчуковите видови, но и кај другите растенија чие опрашување зависи од инсекти, што треба да се земе предвид, е намалувањето на бројот на копнени инсекти. Wagner и сор. (2021) процениле дека намалувањето изнесува 1-2 % на годишно ниво, а вкупниот број на копнени видови инсекти се намалил за 45 % во последните 40 години.

Процесите на одмакинување и континуирана селекција на пожелни својства кај културните растенија имале негативно влијание врз генетскиот диверзитет. Ова се потврдува и во истражувањето на McCoy и сор. (2023) за популациската структура на 467 дивергентни примерока од 8 *Capsicum* вида од целиот свет, кои утврдиле различен степен на генетски диверзитет кај примероците од различни видови, а на ниво на вид најголема редукција е утврдена кај *C. annuum* и *C. chinense*. Степенот на генетски диверзитет е во негативна корелација со нивото на одомакинување поради повеќе причини. Меѓу нив е интензивната селекција во одредени географски региони, како и користењето на ограничен број родителски линии во процесот на создавање на нови подобрени сорти, што е евидентирано и во други слични истражувања (Pereira-Dias et al., 2019; Tripodi et al., 2021). Araceli и сор. (2009) опсервирале 80 примерока на мексикански популации од *C. annuum* (22 култивирани и 58 полудиви) од четири региони и ги истражиле различните нуклеотидни секвенци кај три локуси со единечна копија: Dhn, G3pdh и Waxu. Во сите три локуси, варијабилноста била намалена за околу 10 % кај култивираните популации во однос на полудивите.

Castañeda-Álvarez и сор. (2016) анализирале податоци за дистрибуцијата на 1 076 диви вида, сродници на 84 културни растенија и извршиле споредба со разновидноста достапна во ген банките на глобално ниво. Заклучиле дека за преку 70 % од таксоните е неопходно итно колекционирање, а преку 95 % од нив се недоволно застапени во смисла на географска и еколошка варијабилност на примероците. Во однос на родот *Capsicum*, од 37 анализирани диви вида, 94,6 % се оценети со висок приоритет за *ex situ* конзервација (Khoury et al., 2020). Од нив, за 23 вида воопшто нема примероци во ген-

банките, додека за 8 диви вида има помалку од 10 генотипови. Ова значи дека генетската основа за идна селекција на нови сорти е под ризик од исчезнување.

Иако отсуствува систематизирано следење на состојбите со биодиверзитетот од зеленчукови видови и на национално ниво, може да се претпостави дека се намалува бројноста на видовите и популациите што се одржувале, поради бројни социо-економски фактори. На прво место е изразената миграција од селата и стареењето на земјоделската популација која останува во руралните средини. Помладите генерации кои сепак остануваат и се занимаваат со земјоделство, се обидуваат да ги следат современите технологии во производството и употребуваат високоприносни хибриди, кои може полесно да ги пласираат на пазарите. Како резултат, се намалува и трансферот на знаења од генерација во генерација, во однос на традиционалните сорти и технологии на производство специфични за одредени региони.

Живееме во време во кое интензивното искористување на природните ресурси во последните 50 години доаѓа на наплата преку намален обем и интегритет на екосистемите, локалните еколошки заедници, како и преку намалено изобилство на диви и култивирани видови на глобално ниво (Díaz et al., 2019). Неопходен е интегрален пристап во модификација на економските, политичките и социјалните системи, како на локално, така и на глобално ниво, со цел да се одговори на овие предизвици и да се проектира одржлива иднина за природата и за квалитетот на животот на населението.

Грижата за растителните генетски ресурси започнува со нивна конзервација, односно зачувување за сегашните и идни генерации, а ген-банките во иднина ќе имаат уште поголема улога во обезбедувањето на генетскиот диверзитет (Lusty et al., 2021).

2.3. Конзервација на растителните генетски ресурси

Како резултат на состојбите со губењето на диверзитетот на глобално ниво, научната јавност иницирала мерки и иницијативи за зачувување на истиот и на тој начин во средината на минатиот век првпат се препознава потребата за конзервација на растителните генетски ресурси и во меѓународната политика. Подоцна е усвоена и меѓународната Конвенција за биолошка разновидност (UN, 1992), ратификувана во 196 земји од светот. Таа претставува основа за креирање на Меѓународниот договор за растителни генетски ресурси за храна и земјоделство (FAO, 2001). Целта на овој договор е зачувување и одржливо користење на растителните генетски ресурси за храна и земјоделство, како и фер и правично споделување на придобивките од нивното користење. Како проширување на Конвенцијата за биолошка разновидност, во 2014 година е усвоен Протоколот од Нагоја (UNEP, 2014), со цел да се постигне подобра правна сигурност и транспарентност при споделувањето на придобивките од користењето на растителните генетски ресурси и традиционалното знаење што го поседуваат домородните и локалните заедници. Овие документи служат како основа за развој на административните, правните и политичките мерки за користењето на растителните генетски ресурси (Brink & van Hintum, 2020).

Конзервацијата подразбира широк опсег на мерки кои во зависност од целта може да се имплементираат на различни нивоа, и тоа: на индивидуални парцели, на ниво на фарми/стопанства, шумски насади, во ген-банки, на ниво на екосистеми, предели, региони, држави или целиот свет (FAO, 2019). Во основа, конзервацијата може да се одвива *in situ* – на местото каде што видовите природно растат или *ex situ* – надвор од местото каде што природно се среќаваат, односно во ген-банки. *Ex situ* конзервацијата овозможува долгорочно зачувување на видовиот и меѓувидовиот диверзитет и обезбедува заштита од ризици предизвикани од елементарни непогоди, климатски

промени, болести, загадувачи, прекумерно искористување итн. Овој начин е економски далеку поприфатлив отколку одржување на *in situ* колекции, што придонело за формирање на голем број ген банки во светот. Според податоците на ФАО (2019) над 4,9 милиони примерока од преку 6 900 рода се конзервирани на среден и долг рок во повеќе од 575 ген-банки во 90 земји, додека преку 17 000 национални, регионални и меѓународни институции и организации се бават со конзервација и одржливо користење на растителните генетски ресурси и се идентификувани како организации што поседуваат *ex situ* гермплазма.

Во однос на материјалот што се конзервира, најчесто се чува семенски материјал, а доколку тоа не е соодветно, тогаш се чуваат цели растенија во ботанички градини или полски ген-банки (Ogwu, et al., 2014). Во современо опремените ген-банки може да се чуваат примероци со култура на ткиво (*in vitro* конзервација) како и со криопрезервација (во течен азот), но тие се финансиски поскапи технологии бидејќи бараат специфична опрема и подготовка на материјалот пред складирање (Panis et al., 2020). Со развојот на молекуларната биологија, се актуелизираат т.н. ДНК-библиотеки кои имаат за цел да чуваат делови или цели ДНК-молекули од генетските ресурси што понатаму би се користеле за реконструкција на примероците преку *in vitro* инокулација на соматски клетки (Salgotra & Chauhan, 2023).

Вообичаено, семенскиот материјал во ген-банките се чува на два начина. За краткотрајно чување, примероците се складираат на температура од 2 до 5 °C и ја сочинуваат активната колекција, односно се користат за карактеризација, евалуација, регенерација, мултипликација и размена на материјалот. По целосна карактеризација и евалуација на примероците тие може да се подложат на долгорочната конзервација што се одвива на -18 °C и таквите примероци ја сочинуваат основната колекција. Од примероците потребно е да се чуваат безбедносни дупликати на друга локација, најдобро во друга ген-банка во соодветни услови. Најголемата ген-банка во светот, Svalbard Global Seed Vault во Норвешка, чува безбедности дупликати од речиси сите држави. Таа е поддржана од меѓународната организација Crop Trust, којашто е формирана за глобална поддршка на конзервацијата и употребата на растителните генетски ресурси (Engels & Ebert, 2021; FAO, 2022).

Една од најзначајните активности за одржливо работење на ген-банките и ефикасно искористување на потенцијалот на колекциите е управувањето со податоците (Byrne et al., 2018; Díez et al., 2018; Wambugu et al., 2018; Weise et al., 2020). За основните пасошки податоци веќе широко се прифатени дескрипторите (MCPD – Multi-Crop Passport Descriptors) развиени од FAO и IPGRI (Alercia et al., 2001, 2012), и тие вклучуваат информации за пристапниот број на примерокот, географското потекло, името на родот и видот, локалното име итн. Но, подетални информации во однос на нивната карактеризација и евалуација често не се вклучени и тоа го отежнува пребарувањето на примероци според својствата што се бараат за селекциски цели. Во однос на фенотипските и агрономските својства што најчесто се евалуираат при размножување на материјалот, се користат унифицираните дескриптори на Меѓународниот институт за растителни генетски ресурси (IPGRI/Bioversity International). Меѓутоа, не секогаш се собираат сите податоци што се наведени во дескрипторите или во зависност од потребите тие се менуваат и/или надополнуваат. Од друга страна, достапноста на овие податоци за потенцијалните корисници (селекционери и истражувачи) на генетските ресурси е ограничена, поради индивидуалниот пристап на ген-банките во управувањето со податоците. За зајакнување на меѓународната соработка во ова поле, креирани се повеќе платформи што овозможуваат документирање на податоците (пасошки, фенотипски, генотипски), како и прифаќање на *on line* барања за размена, а некои дури

овозможуваат и водење евиденција за здравствениот статус, проверки на ’ртливоста, размножувањето на примероците итн. Еден од најголемите on line каталози на европско ниво е EURISCO (European Search Catalogue for Plant Genetic Resources), а во САД е системот US GRIN. Со стандардизација на формата и начинот на собирање на податоците, се овозможува функционирање на меѓународните информациски системи, како што се: Светскиот систем за информации и рано предупредување за растителните генетски ресурси за храна и земјоделство (WIEWS, <http://www.fao.org/wiews/>), EURISCO (<http://eurisco.ecpgr.org/>), Genesys (<https://www.genesys-pgr.org/>) или Глобалниот информативен фонд за биолошка разновидност (GBIF, <https://www.gbif.org/>) (Weise et al., 2020).

Темелната фенотипска карактеризација на конзервираните примероци и објавувањето на таквите податоците на глобалните платформи ќе овозможи ефикасно искористување на нивниот потенцијал од страна на фармерите, но и од истражувачите и селекционерите (Díez et al., 2018). Освен морфолошките карактеристики, пожелно е да се евалуираат и агрономските својства, климатската адаптабилност, квалитативните својства, етноботаничките аспекти итн. На овој начин ќе се добијат клучни информации за генотиповите што би се користеле во програмите за хибридизација, како основа за развој на ефикасна селекциска програма (Pérez & de Los Campos, 2014).

Карактеризацијата на примероците е исклучително важна и од аспект на управување со примероците во колекциите преку утврдување на евентуални дупликати, што подразбира и генерирање на ефикасна база на податоци, особено за видови кои имаат голема генетска варијабилност, како што се претставниците на родот *Capsicum* (Dantas et al., 2022). Од друга страна, таа е неопходна за утврдување на генетскиот диверзитет и структурата на колекциите на меѓувидово и внатревидово ниво (Agaceli et al., 2009).

Оперативните трошоците за одржување на колекциите се високи, а финансирањето на работата на ген-банките не е секогаш стабилно и зависи од повеќе политички фактори. Затоа некои ген-банки ги разгледуваат можностите за воведување или веќе имаат воведено трошоци за дистрибуција на примероците (Schreinemachers et al., 2014; Díez et al., 2018). Од друга страна, извонредниот напредок во собирањето на генетски материјал во последните децении придонесе правилната организација и дистрибуција на примероците да стануваат сè покомплицирани поради големината на колекциите (Lee et al., 2016). Како резултат, трошоците за понатамошно одржување растат, како и ризикот од генетска ерозија во колекциите и затоа овие аспекти треба да се имаат предвид при креирање на одржливи практики за работа на ген-банките (Fu, 2017).

За ефикасно користење на големите колекции од генетски материјал, предложен е концептот на централни или кор (core) колекции (Frankel, 1984; Brown, 1989). Централната колекција би требало да содржи ~10 % од вкупниот број конзервирани примероци за една култура и тоа да бидат примероци што ќе го отсликуваат целокупниот генетски диверзитет во рамките на колекцијата, односно најдивергентните примероци. Солидна централна колекција е онаа во која нема дупликати и е доволно мала за лесно да се управува со неа (Odong et al., 2013). Централната колекција, со понатамошна анализа може да се подели на мини групи што би вклучувале до 1 % од конзервираните примероци. Ваква мини колекција е направена за колекцијата од *Capsicum* во Бугарија (Christov et al., 2021). Групирањето се врши во зависност од селекциските цели, како на пример мини група од примероци со високи приносни својства, група за отпорност кон абиотски или биотски стрес, група за нутритивни квалитети итн. (Buge et al., 2018). Кај пиперката, исто како и кај другите култури, централните колекции може да базираат на

географски, морфолошки или молекуларни податоци за примероците, со цел да се овозможи брз и ефикасен пристап до потребниот генофонд (Zewdie et al., 2004; Lee et al., 2016; Carvalho et al., 2020; Nankar et al., 2020).

Улогата на ген-банките низ годините се менува и во поглед на активностите, но и во поглед на крајните корисници кои имаат пристап до конзервираниот генофонд. Westengen и сор. (2018) во својата студија ги анализираат врските помеѓу ген банките и неформалните семенски системи, при што класифицираат шест директни пристапи и модели преку кои на производителите (главно мали фармери), здруженијата, невладините организации итн. им е овозможен пристап до генетскиот диверзитет. Предностите се разгледувани преку моделите на реинтродукција на изгубени видови, моделите за интервентна помош за време или по непредвидени настани, ген банките што се формирани од локалните заедници, партиципаторната селекција, моделите за интродукција на нови сорти што се адаптирани на нови климатски услови, како и преку моделите за интегративни семенски системи што всушност опфаќаат мерки и политики за подобрување на пристапот до квалитетен семенски материјал кај малите производители. Авторите заклучуваат дека продлабочувањето и зајакнувањето на овие врски ќе го зголемат влијанието на ген-банките врз семенските системи, особено во земјите во развој.

Илустративен пример за ова е проектот на Светскиот центар за зеленчук (WorldVeg). Во рамките на проектот, преку ген банката за традиционални африкански сорти зеленчук е извршена дистрибуција на 42 514 комплети од семиња (семе од 4 вида во комплет) за малите фармери во Танзанија, Кенија и Уганда помеѓу 2013 и 2017 година. Активностите придонеле за диверзификација на производството, зајакнување на диверзитетот на локално ниво, приспособување на производството на климатските промени, како и за подобрен квалитет на исхраната кај населението (Stoilova et al., 2019).

Друг перспективен модел е партиципаторната селекција, што во основа значи учество на производителите, но и други ентитети (здруженија, организации итн.) во процесите на селекција на нови сорти, во соработка со научните работници. Почетоците на партиципаторната селекција датираат од крајот на минатиот век, во неразвиени и земји во развој, како и во маргинализирани производни региони, со цел да се унапреди локалното производство преку подобрување на пристапот до соодветни сорти и семенски материјал (Ceccarelli & Grando, 2019). Целта е да се создадат сорти кои ќе одговорат на специфични и локални услови на производство, најчесто на ограничени територии, што вообичаено не е цел на големите селекционерски компании. Од неодамна потенцијалот на овој модел е препознаен и почнува да се применува и во развиените земји (Colley et al., 2021), особено за производство на семенски материјал за органско производство (Ceccarelli & Grando, 2022).

Во основа, ниското ниво на познавање и истражувања за диверзитетот на локалните сорти е главен проблем за нивна успешна промоција и употреба. Meldrum и сор. (2018) нотираат дека локалните традиционални сорти се соочуваат со ограничувања во поглед на истражувањата, размножувањето, карактеризацијата на гермплазмата, како и на нивната застапеност во *ex situ* колекциите.

Глобалната состојба со конзервираниот генофонд од родот *Capsicum* е можеби најдобро илустрирана преку согледување на податоците кои ги содржи Светскиот систем за информации и рано предупредување за растителните генетски ресурси за храна и земјоделство (WIEWS). Во овој систем до 2020 година се внесени податоци за 47 503 примерока од 16 вида (Barchenger & Khoury, 2022). Истовремено, платформата Genesys располага со пасошки податоци за 36 465 примерока од преку 70 институции, од 40 земји од светот (2023). Според Knüpffer (2016) во светските дата бази се евидентирани 2 384

примерока of *Capsicum annuum* L. со потекло од Балканскиот Полуостров. Оваа бројка иако не ги отсликува реалните состојби во целост поради тоа што голем дел од примероците во последните години не се внесени, сепак потврдува дека регионот располага со богат диверзитет од оваа култура.

2.4. Диверзитет на *Capsicum annuum* L.

Генетската варијабилност кај растенијата е сложена и може да биде под влијание на неколку елементи, како што се системот на култивација, растот и развојот на растенијата, дистрибуцијата на семенскиот материјал и географското ширење и групирањето на растенијата врз основа на заедничките карактеристики (Clegg Biometrics, 1990). Степенот и дистрибуцијата на генетската варијабилност кај растителните видови зависат од тоа како е одгледувано растението, колку еволуирало со текот на времето, кои биле природните и топографските услови, климатските екстреми и во голем дел од антропогените фактори (Rao & Hodgkin, 2002).

Кај пиперката, процесот на одомаќинување резултирал со морфолошки промени во однос на големината на плодовите, нивната позиција од исправена во висечка, како и во однос на цврстината на поврзаноста на дршките со плодот, кои потешко се откинуваат кај одомаќинетите видови во споредба со дивиот *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* каде што зрелите плодови сами паѓаат од растенијата (Pickersgill, 2016).

Утврдено е дека правецот на растење на плодовите (исправени или висечки) е својство што е контролирано од еден ген, лоциран на хромозомот 12. Наследувањето на ова својство е доминантно за висечкиот тип, а рецесивно за исправениот тип на раст (Cheng et al., 2016). Сепак, експресијата на ова својство зависи и од други својства како што се големината на плодовите и должината на плодната дршка кои се во позитивна корелација со висечкиот тип на растење на плодовите (Solomon et al., 2021). Цврстината на плодните дршки е регулирана од единствен доминантен локус S, лоциран на хромозомот 10. Rao & Paran (2003) идентификувале локус што кодира специфичен ензим (PG – полигалактуроназа) кај пиперката, што кај домотот има улога во омекнување на плодовите во подоцните фази на зреење. При испитувањето на меѓувидови крстоски од комерцијална сорта од *C. annuum* и дива сорта од *C. frutescens*, утврдиле дека постои делеција на генот кај комерцијалниот вид, во споредба со дивиот на кој зрелите плодови сами отпаѓале. Бидејќи својството омекнување на плодовите во зрелост било следено заедно со опаѓањето на плодовите од растенијата, заклучиле дека овој ген ги регулира и двете својства. Уште едно својство врз кое влијаел процесот на доместикација е дормантноста на семето, кое кај дивите форми потешко и подолго никнува. Забележан е повисок процент на никнување кај култивираниите птичји пиперки (var. *glabriusculum*), во споредба со дивите (González-Jara et al., 2011).

Големината на плодовите е веројатно најзначајното својство што се променило при одомаќинувањето на пиперките, како и низ континуираната селекција во различни правци. Почнувајќи од ситните плодови на дивиот предок (var. *glabriusculum*) до сега, во светот се развиени бројни типови на плодови со различен облик, должина и дебелина на перикарпот, врз основа на кои понекогаш се класифицираат сортите. Во зависност од формата на плодот, должината може да варира од < 1 cm до 32,5 cm (Bosland & Votava, 2012). Должината на плодовите е својство кое е регулирано со интеракција на повеќе гени со адитивен ефект, а помало влијание имаат и условите на надворешната средина (Ben-Chaim & Paran, 2000; Zhigila et al., 2014). Димензиите и обликот на плодовите кај пиперката се сложени својства под контрола на повеќе гени со различен механизам на делување (Chunthawodtiporn et al., 2018). Barchi и сор. (2009) мапирале локуси за

квантитативни својства (QTL) за маса на плод, дијаметар и дебелина на перикарп и констатирале дека тие се поврзани, што би можело да ја објасни и високата корелација на овие својства при фенотипската експресија (Vilarinho et al., 2015). Во наследувањето на дебелината на перикарпот е утврден висок адитивен генски ефект и доминантно наследување на тенкиот перикарп (Ben-Chaim & Paran, 2000). Тоа е потврдено и со истражувањето на Vilarinho и сор. (2015), кои дополнително имплицираат учество на повеќе гени што ги регулираат зголемувањето и делбата на клетките во перикарпот.

Бојата на плодовите е исто така својство од голем интерес кај селекционерите и истражувачите. Присуството на хлорофил и синтезата на различни каротеноиди и флавоноиди во различни концентрации, резултира со голема дивергентност на бои и нијанси (Lightbourn et al., 2008). Освен бојата, каротеноидите имаат улога и во квалитетот на плодовите, со што се отвора правец за селекција на сорти со подобар хранлив состав (Tomlekova et al., 2021). Бојата на плодовите во зрелост е регулирана од три локуси, *c1*, *c2* и *y*, кои кореспондираат со различни гени за регулација на синтезата на различни пигменти и покрај тоа што точниот механизам на регулација сè уште не е разјаснет (Liu et al., 2020). Црвената боја во зрелост е резултат на синтезата на капсантин и капсорубин кои се регулирани од генот *Ccs*, позициониран на локусот *y*, и доманиантно се наследува во однос на жолтата боја. Меѓутоа, Tian и сор. (2015) утврдиле дека експресијата на црвената боја зависи од повеќе предуслови, односно од присуството на генот *Ccs*, отсуството на делеции или мутации на истиот, нормалната експресија во фазата на зреење, како и од присуството и нормалната експресија на уште 3 гени (*Psy*, *Lcyb* и *Crtz*). Во регулацијата на портокалова боја на плодовите најголем удел има локусот *c2* кој преку ензимот *PSY1* (фитоен синтаза) ја регулира синтезата на каротеноидите. Портокаловата боја може да се јави како резултат на намалена количина на капсантин во споредба со количината кај нормално црвени плодови, но може да се јави и поради поголема концентрација на други пигменти, како бета-каротен и зеаксатин (Paran & Van Der Knaap, 2007). Овие промени може да се јават како резултат на генски мутации кои директно ја нарушуваат синтезата на каротеноиди или имаат индиректен ефект врз експресијата на интензитетот на боите. Таков е примерот со фенотипската експресија на кафената боја на плодови, при што се синтетизираат црвени пигменти, а деградацијата на хлорофилот за време на зреењето е инхибирана (Paran & Van Der Knaap, 2007). Stommel и сор. (2014) го истражувале наследувањето на црна и виолетова боја на плодовите во технолошка зрелост, како и на содржината на пигментите и утврдиле висок адитивен ефект на гените што го регулираат ова својство. Во однос на концентрацијата на пигментите, утврдиле дека кај виолетовите плодови концентрацијата на антоцијани била 34 % повисока во споредба со црните, додека кај плодовите со црна боја концентрацијата на хлорофил била 20 пати повисока, а концентрацијата на каротеноиди била 4 пати повисока во споредба со плодовите со виолетова боја. Во друго истражување Jeong и сор. (2020) го анализирале наследувањето на бела боја на плодовите во зрелост кај крстоски од *C. frutescens* и *C. annuum* и утврдиле дека таа се наследува рецесивно. Забележале дека плодовите кои имале потемна зелена боја пред зреење преминувале во светло жолти во зрелост, додека плодовите со светло зелена боја пред зреење преминувале во бела боја во физиолошка зрелост.

Специфична карактеристика по која пиперките се уникатни е лутината која се јавува поради синтеза на алкалоиди од групата капсаицини, специфични исклучиво за родот *Capsicum*. Степенот на лутина зависи од присуството и концентрацијата на капсаицин, дихидрокапсаицин и нордихидрокапсаицин, како примарни капсаицини, чија содржина варира во рамките на сортите и зависно од степенот на зрелост на плодовите (Bosland & Votava, 2012). Капсаицините се наоѓаат единствено во епидермалните клетки на плацентата, под кутикулите. Тие лесно може да пукнат и да се

излеат врз семето и перикарпот, заради што е проширено погрешно верување дека лутината е присутна и во семето и во плодовите (Pickersgill, 2016). Лутината е доминантно наследна особина во чија експресија се идентификувани гените *CS* и *Pun1*, меѓутоа биохемиските реакции, еволуцијата и регулацијата на биосинтезата на капсаициноидите сè уште се во голема мера непознати (Kim et al., 2014). Утврдено е дека отсуството на лутина се јавува како резултат на мутации на *Pun1*, односно делеции на различни аели кај различни видови од родот. Се смета дека мутациите се појавиле независно помеѓу различните видови од комплексот *annuum* и претходат на диверзификацијата на овие видови (Stellari et al., 2010).

Родот *Capsicum* има изразен диверзитет за економски значајните особини: димензија на плодот – должина, широчина и тежина, нутритивен состав на плодот, позиција, форма, боја и лутина, кои предизвикуваат голем интерес кај селекционерите и истражувачите (Chharekar et al., 2020; Lee et al., 2020; Sokona et al., 2013;). Кај пиперката, како и кај повеќето култури, бидиверзитетот останува сепак недоволно истражен, особено за оние карактеристики што се од интерес за исхраната (Ballina-Gómez et al., 2013; Naegele et al., 2016). Фенотипската карактеризација претставува класичен и ефикасен метод за евалуација на диверзитетот, но и за понатамошната експлоатација на потенцијалот кај земјоделските растенија. И покрај развојот на биотехнологијата и примената на генетски анализи, фенотипската евалуација е задолжителна и често пресудна во изборот на материјал за понатамошна селекција (de Almeida et al., 2023). Меѓутоа, со комплементарна примена на достапните современи технологии, може да се утврди поврзаноста и преминот на генетскиот потенцијал од дивите на одомаќинетите видови, како и дистрибуцијата помеѓу различни популации во географски контекст (González-Pérez et al., 2014; Zhang et al., 2016; Palombo & Carrizo García, 2022). Кај пиперката, како и кај други факултативни самооплодни видови, генетскиот диверзитет поефективно ќе се процени преку анализа на голем број на различни популации, наместо преку интензивна анализа на мал број популации (Pickersgill, 1997).

За ефикасна проценка на генетскиот потенцијал, односно варијабилноста на својствата помеѓу и во рамките на генотиповите, како и влијанието на надворешната средина врз фенотипската експресија, се применуваат различни статистички модели за обработка на податоците. Мултиваријационите статистички анализи како анализата на главните компоненти (PCA – Principal Component Analysis) овозможува трансформација на основните податоци и идентификација на главните компоненти (својства) кои учествуваат во вкупната варијабилност. На овој начин може да се идентификуваат пожелни својства за различни селекциски програми (Bhardwaj et al., 2022). Податоците, понатаму може да се групираат со примена на кластер анализа (Cluster analysis) врз основа на разликите, односно дистанците помеѓу генотиповите, согласно целта на анализата (пр. потекло, приносни компоненти, квалитативни својства, отпорност на болести итн.).

Географската дистрибуција има голема улога во динамиката на диверзитетот. Ibiza и сор. (2012) карактеризирале 260 примерока на *Capsicum* од регионот на Андите. Кај некои видови кои вообичаено се користат како свеж зеленчук и зачини (*C. chinense* Jacq., *C. baccatum* (Willd.) Eshb. и *C. pubescens* Ruiz & Pav.) забележале меѓувидова варијабилност, додека кластер анализата укажала на јасна географска поделба на примероците според земјата на потекло.

Van Zonneveld и сор. (2015) направиле скрининг на сет од 100 генотипови од родот *Capsicum* од регионот на Боливија и Перу како иницијален центар на биодиверзитетот на пиперката, за идентификација на потенцијални генотипови за понатамошна употреба. Со биохемиската анализа на плодовите биле идентификувани 44

примерока од Боливија, кои подоцна биле анализирани за агрономските својства, при што заклучиле дека тие бараат поспецифични услови за производство. Преку анализата на примероците од Перу биле идентификувани 23 примерока со висок потенцијал за понатамошно производство, кои за разлика од претходните, добро реагирале на различните производни услови.

Bharath и сор. (2014) констатирале дека испитуваните популации пиперка во Јужнокарибските острови се многу слични, односно разликите меѓу својствата повеќе се должат на интензивниот селекциски процес на одредени морфотипови, отколку на генетска варијабилност.

Импресивната фенотипска дивергентност на плодовите кај пиперката се развила како резултат на континуираната селекција во текот на илјадници години, во различни агро-климатски региони во светот. Nicolai и сор. (2013) извршиле фенотипска и генетска анализа на 1 352 примерока пиперки (од сите видови на *Capsicum*) од 89 земји во светот, при што генотиповите се класифицирале во 6 групи. Анализираниите примероци од видот *Capsicum annuum* формирале 3 дистинктивни кластера, од кои во еден доминираат примероци од Европа, односно од Унгарија, поранешна Југославија, Бугарија, Турција, Полска и јужните предели на Русија. Карактеристични за овој кластер се издолжените плодови со триаголна, конусна или роговидна форма, плодови со дебел перикарп во споредба со другите кластери, и светло зелена и кремастобела боја кај незрелите плодови. Во овој кластер се застапени многу традиционални екотипови кои се одгледуваат во регионот како ‘Podarok Moldavia’, ‘Feherozon’, ‘Bela Krupna’, ‘Sivri’, ‘Maras’ итн.

Во Шпанија, која се третира како секундарен центар за биодиверзитет на пиперката, применета е фенотипска карактеризација со Tomato Analyzer (софтвер за висококвалитетна фенотипска анализа) на колекција од 106 генотипови пиперка од кои мнозинството се опишани под ист назив, како Pimiento Morrón или Pimiento de Morro. За повеќето дигитални параметри, примероците биле класифицирани во повеќе од 4 групи, наспроти конвенционалните параметри кои ги класифицирале примероците во 2 до 4 групи. Феномичните алатки за карактеризација даваат одлични резултати за генотипови со слични морфолошки својства, но и прецизна карактеризација на својствата (Nankar et al., 2020; Pereira-Dias et al., 2020; Silvar et al., 2022). Исто така, Martínez-Ispizua и сор. (2022) во Шпанија карактеризирале 17 локални сорти пиперка од регионот на Валенција преку 14 квантитативни и 30 квалитативни конвенционални морфолошки дескриптори, вклучувајќи својства на растенијата, цветовите и плодовите, во две фази на зреење: зелена и црвена. Како резултат на тоа, генотиповите ги групирале главно врз основа на морфологијата на плодовите (тенки и издолжени, крупни и робустни, и топчести).

При анализа на 26 инбред линии добиени со инбридинг на локални сорти и на 3 локални сорти пиперки од северо-западна Шпанија на две локации во текот на три години, утврдена е значајна фенотипска варијабилност. Утврдено е дека експресијата на квалитативните својства не е под влијание на локацијата, за разлика од мнозинството анализирани квантитативни параметри каде што се констатирани разлики помеѓу годините и особено помеѓу локациите во кои се спроведени истражувањата. Меѓутоа, стабилноста на приносите на двете локации укажува на тоа дека генотиповите се одликувале со висока адаптабилност на локалните услови (Rivera et al., 2016).

Во Турција, како секундарен центар на диверзитетот, спроведени се повеќе истражувања на различни колекции од пиперки. Bozokalfa & Eşiyok (2011) направиле евалуација на 94 примерока врз основа на морфолошките и агрономските својства. Со примена на анализа на главните компоненти (PCA), варијабилноста акумулирана во првите три компоненти објаснила 36,11 % од вкупната варијабилност на колекцијата.

Потоа е направено групирање на сортите со примена на кластер анализа при што примероците се класифицирале три групи, базирани главно на квалитативните својства на растенијата и плодовите. Слични резултати добиле и Kahraman и сор. (2020) при агро-морфолошка анализа на 61 локална сорта од егејскиот регион на Турција. Тука, првите три компоненти од РСА анализата објасниле 37,84 % од вкупната варијабилност, а се поврзани со својствата: облик на плод кај дршката, широчина на плод, дебелина на перикарп, висина и боја на стебло, пигментација на чашка и боја на плод пред зреење. Во истражувањето на Sahin и сор. (2022) на 26 традиционални лути сорти од областа Бесни во Турција, евалуирани се 42 својства на растенијата. Утврдено е дека варијабилноста на колекцијата се должи главно на својствата на плодовите, односно во првите три компоненти кои објасниле 51,2 % од вкупната варијабилност учествувале 19 квалитативни и квантитативни својства на плодовите.

Во Балканскиот Регион постојат многу популации пиперки кои сè уште се одржуваат во семејните градини (Todorova, 2007; Krasteva et al., 2012). Тие се многу хетерогени во однос на формата, големината, бојата, аромата и степенот на лутина на плодовите, како и според други својства на плодовите и на растенијата. Поради нивните специфични особини, кои се многу ценети од страна на потрошувачите, тие се задржале во производството. Исто така тие се адаптирани на локалните агроеколошките услови и како такви претставуваат одличен почетен селекциски материјал (Plis et al., 2013). Истражувањето на Nançak и сор. (2020) на централна колекција од 180 примероци од Балканот дава потврда за богатиот диверзитет на пиперката во однос на морфолошките својства, а авторите дополнително идентификувале 2 генотипа кои биле отпорни на вирусите tobacco mosaic virus (TMV) и pepper mild mottle mosaic virus (PMMoV).

Досегашните истражувања во нашата држава покажуваат дека диверзитетот на пиперката е многу богат. Првата колекција ја оформил Алаџајков, а се состоела од 483 локални сорти, кои биле колекционирани во периодот 1969 – 1971 година (Aladzajkov et al., 1974). Подоцна, Zewdie & Zeven (1997) од таа колекција анализирале 67 примерока со лути плодови и утврдиле висока варијабилност помеѓу нив.

Во друго истражување Jankulovski et al. (1994) испитувале 17 автохтони популации пиперка од var. *longum*, при што препорачале тие да се заштитат со оглед на тоа што поседувале потенцијал за вклучување во селекција на нови генотипови со пожелни својства.

Во рамките на регионален проект, колекционирани и евалуирани се 46 примерока од пиперка од околината на Свети Николе, Штип и Струмица (Krasteva et al., 2012). Во истражувањето биле вклучени и примероци од Бугарија, Албанија, Грција и Србија со цел да се формира основна и активна колекција на локални популации од регионот, која ќе се чува во Националната ген-банка во Садово, Бугарија. Авторите извршиле карактеризација на сите колекционирани примероци и утврдиле дека кај македонските примероци доминираат популации со крупни триаголници или издолжени плодови.

Колекцијата од пиперка што се чува во ген банката на Земјоделскиот институт во Скопје се состои од 96 примерока од различни типови пиперка, колекционирани во разни региони од земјава. Најмногу се застапени фефероните, а потоа везени пиперки, капии, тетовска банана, како и неколку ситноплодни примероци (Кратовалиева et al., 2009). Дел од нив (20 генотипа) се евалуирани и за антиоксидативната активност во рамките на меѓународно истражување за диверзитетот на пиперката, во кое се испитувани вкупно 53 примерока од Македонија и Србија (Ristovska et al., 2014). Резултатите покажувале висока антиоксидативна активност кај одредени популации, а од македонските се издвојувале благ каварџик и лута моинка кои може да претставуваат добар извор за одредени нутриенти и антиоксидативни компоненти.

Иако специфични за нашето поднебје, везените пиперки до неодамна беа релативно слабо истражени. Sandeva Atanasova и сор. (2021) ги анализирале плодовите својства на 196 популации везени пипеки, при што е утврдена висока варијабилност на генетскиот материјал. Со примена на кластер анализата примероците се групирани во 5 различни групи.

Големиот број на различни македонски локални сорти застапени во производството, но и колекционирани во ген-банките, се должи на повеќе фактори. Имено, иако мала по површина, Македонија е земја со карактеристична топографија. Тоа придонело за постоење на голем број на специфични микроклиматски услови на ограничени територии, кои овозможиле услови за широка адаптација на оваа култура кај нас. Дополнително, централната позиција на Балканскиот Полуостров, во однос на дистрибуцијата на земјоделските култури низ историјата, имала значајна улога за диверзитетот на пиперката.

3. ОБРАЗЛОЖЕНИЕ НА РАБОТНИТЕ ХИПОТЕЗИ

Предмет на истражување се 101 локална сорта на пиперки, што се колекционирани од различни населени места во земјата и се дел од поголема колекција на Факултетот за земјоделски науки и храна – Скопје.

Основната, нулта хипотеза (H_0) е дека помеѓу примероците не постојат разлики во однос на испитуваните квантитативни и квалитативни својства.

Алтернативната хипотеза (H_1) е дека постојат разлики помеѓу примероците во однос на испитуваните квантитативни и квалитативни својства.

За соодветно тестирање на алтернативната хипотеза, беше извршена анализа на повеќе својства на примероците, како времетраење на фенолошките фази никнење, цветање и плодносење, како и фенотипска карактеризација на стеблото, листовите, цветовите, плодовите и семето за секој генотип посебно.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД НА РАБОТА

За оцена на генетскиот диверзитет на локалните сорти пиперка од Република Северна Македонија, беа применети двегодишни полски опити со теренски истражувања, лабораториски мерења и статистички алатки за сеопфатна анализа на генетската варијабилност на генотиповите. Предмет на истражување се 101 локална сорта на пиперки (*Capsicum annuum* L.) колекционирани од различни населени места во Република Северна Македонија. Примероците се дел од колекцијата на Факултетот за земјоделски науки и храна – Скопје која е формирана во 2014 година, а досега не биле научно анализирани.

4.1. Материјал на работа

Според пасошките податоци добиени при колекционирањето на примероците, дел од испитуваните локални сорти се наменети за свежа конзумација (каварџик, сиврија, козји рог, бела дуга), дел за преработка (тип капи), дел се пиперки за нижење меѓу кои има и везени пиперки, како и други локални сорти, кои врз основа на народните имиња не можат да се вбројат во некоја од претходните групи.

Целосниот список на испитуваните популации со код, место на колекционирање и локалното име е прикажан во Табела 1 на крајот од ова поглавје.

4.2. Методи на работа

4.2.1. Експериментален дизајн

Полските опити беа реализирани во Скопскиот Регион, во село Долно Лисиче. Беше применет методот на рандомизиран блок дизајн во две повторувања, а во секое повторување беа посадени 20 растенија во парцели од 2 m². Експериментот се реализираше во две последователни години: 2017 и 2018.

Растенијата беа одгледувани на отворено, со примена на стандардни агротехнички мерки за производство на пиперка на отворено. Претходно беше извршено производство на расад во експерименталниот стакленик на Земјоделскиот Институт во Скопје, во полистиренски контејнери со волумен од 60 mL и примена на стерилен супстрат Klassman TS3, без пикирање (пресадување). На отворено поле, растенијата се расадуваа на 13.6.2017 и 21.5.2018 год. на растојание од 25 cm во редот и 50 cm меѓу редовите.

Фенолошките и морфолошките својства на секој генотип (локална сорта) беа оценувани за време на вегетацијата и лабораториски по бербата. Начинот на набљудување и мерење на својствата и бележењето на податоците беа извршени според упатството дадено во меѓународниот список на дескриптори Descriptors for Capsicum (*Capsicum* spp.) на Меѓународниот институт за растителни генетски ресурси (IPGRI, AVRDC, CATIE, 1995). Овие дескриптори се користат на глобално ниво за идентификација, карактеризација и евалуација на видовите од родот *Capsicum*. Дополнително, за формата на плодот беше користен и дескрипторот за *Capsicum*

annuum L. на Меѓународната унија за заштита на нови сорти на растенија (UPOV, 2020). Во практиката тој се користи за регистрација на нови сорти, меѓутоа се евалуираат и опишуваат исклучиво сортите од видот *C. annuum*, во кој припаѓаат и испитуваните локални сорти во овој труд, со цел подобро да се опишат и анализираат карактеристиките на плодовите.

За карактеризација на квантитативните и квалитативните својства беа избрани и обележани по 10 растенија од секое повторување, од кои се собираа податоците. Квалитативните својства што се оценуваа визуелно, како на пример облик на лист и плод, тип на раст итн., проценети се врз основа на цртежи дадени во дескрипторот, кои за подобра илустрација се прикажани во Прилог 1.

Карактеризацијата на фенолошките и морфолошките својства на локалните сорти, како основа за оцена на генетскиот диверзитет, се изврши преку бележење и евидентирање на податоци за вкупно 52 квантитативни и квалитативни својства, и тоа:

- Фенолошки својства: број на денови до никнење, број на денови до цветање, број на денови до плодоносење;
- Својства на стебло: боја, облик, влакнатост и висина на стебло (cm), присуство на антоцијаново обојување на нодиите, тип на раст (хабитус) и ширина на растителна покривка (cm);
- Својства на листови: боја, облик и влакнатост на лист, раб на лиската, должина и ширина на лиска (cm) и должина на лисна дршка (cm);
- Својства на цветовите: број на цветови по оска, позиција на цвет, боја на венечни ливчиња, боја на дамки на венче, облик на венче, боја на прашници и боја на прашников конец, позиција на толчник, пигментација и раб на чашка, должина на венечни ливчиња (mm), должина на прашник (mm) и должина на прашников конец (mm);
- Својства на плодови: боја на плод при премин од технолошка во физиолошка зрелост, боја на плод во физиолошка зрелост, формирање на плодовите пред берба, облик на плод според IPGRI и облик на плод според UPOV, должина на плод (cm), ширина на плод (cm), индекс на плод прсметан како однос помеѓу должината и ширината, должина на плодна дршка (cm), дебелина на перикарп (mm), форма на основата на плодот на местото каде е споен со дршката, облик на врвот на плодот, закривеност на пресекот на плодот, број на комори, површина на плод, неотпаѓање на зрелите плодови оценето преку цврстината на плодот со дршката и цврстината на дршката со стеблото, должина на плацента и степен на сортна мешавина;
- Својства на семе: боја, површина на семе и дијаметар на семе (mm).

4.2.2. Статистички методи

Проценката на генетскиот диверзитет на една колекција подразбира утврдување на варијабилноста на материјалот преку примена на различни статистички модели за обработка на податоците. Ваквата проценка овозможува идентификација на потенцијални генотипови, врз основа на нивните својства, при избор на родителски линии за различни селекциски цели. Но, исто така придонесува за ефикасна конзервација на примероците во ген-банките. Мултиваријациските техники широко се применуваат во проучувањето на растителниот диверзитет, бидејќи овозможуваат истовремена анализа на податоците за повеќе својства на индивидуалните примероци.

Анализа на главни компоненти или PCA (Principal Component Analysis) претставува метод што има за цел да го редуцира бројот на варијабилните податоци во

помали групи, а при тоа да се задржи максималниот број податоци кои се присутни во почетната база на податоци (Bhardwaj et al., 2022). Со овој метод се врши трансформација на оригиналната група на променливи во нова група на неповрзани случајни променливи, кои се линеарни комбинации на оригиналните променливи. Бидејќи се работи со квантитативни податоци кои не се изразуваат во исти мерни единици (пр. маса на плод, должина на плод, дебелина на перикарп), неопходна е нивна стандардизација пред да се вклучат во анализата (Mohammadi & Prasanna, 2003). PCA се базира на пресметката на eigen-вредности (за матрица базирана на Pearson-ови корелации) и меѓусебно независни eigen-вектори (главни компоненти) кои се рангираат по опаѓачки редослед на важност, така што првата главна компонента ја објаснува максималната присутна варијација (Venujayakanth et al., 2017). Во практиката, како компоненти со значаен удел во вкупната варијабилност се земаат предвид главните компоненти со вредност на eigen-векторот повисока од 1. Резултатите од анализата на главните компоненти може да послужат како основа за понатамошни анализи, со оглед на тоа што се идентификуваат својствата кои имаат најголем удел во варијабилноста на испитуваната колекција (Karim et al., 2022). Во ова истражување анализата на главните компоненти беше извршена со 19 квантитативни својства (морфолошки и фенолошки) врз основа на кои се дефинираа 7 главни компоненти со вредности за eigen-векторот поголеми од 1. Податоците беа анализирани со софтверот R, преку пакетите „ggplot2“, „FactoMineR“ и „Factoextra“.

Кластер анализа (Cluster analysis) е мултиваријациона техника за групирање примероци врз основа на нивните карактеристики, со тоа што примероците со слични вредности ќе бидат групирани заедно врз основа на генетската дистанца. За анализа на податоци од морфолошка карактеризација, како што се податоците кои се предмет на анализа во ова истражување, најсоодветна е еуклидската дистанца (Euclidian distance) (Bhandari et al., 2017). Постојат повеќе методи за групирање на податоците кои се разликуваат според начинот на кој се пресметуваат разликите помеѓу кластерите. За анализа на растителниот диверзитет вообичаено се користат хиерархиски агломеративни методи за групирање, а во овој случај е применет методот според Вард (Ward's method). Како влезни податоци за кластер анализата беа искористени податоците за 8 својства кои имаа највисока корелација со првата главна компонента утврдена преку PC-анализата, со цел подобро да се класифицираат примероците. Дополнително, беше извршена и двојна кластер анализа, при што се креираше топлинска мапа (heatmap) на која се прикажани начинот на групирање на генотиповите, од една страна и групирањето на анализираните својства, од друга страна.

За подобар опис на добиените кластери, покрај просечните вредности на квантитативните својства, прикажана е и дистрибуцијата на фреквенциите на генотиповите според квалитативните својства. На овој начин се дава сеопфатна слика за варијабилноста на примероците во рамките на одделни кластери, како и увид во дивергентноста на испитуваните сорти.

Табела 1. Листа на испитувани локални сорти пиперки во истражувањето

лс	Код	Локален назив	Место
1.	ФЗНХ040020249	Благ каварцик	Виниче
2.	ФЗНХ040020259	Лут каварцик	Виниче
3.	ФЗНХ040020020	Каварцик	Долно Лисиче
4.	ФЗНХ040020539	Каварцик бел	Илинден
5.	ФЗНХ040020478	Стајковски каварцик	Стајковци
6.	ФЗНХ040020547	Каварцик	Табановце
7.	ФЗНХ040020019	Каварцик	Црешево
8.	ФЗНХ040020281	Бел сиврија	Жиганци
9.	ФЗНХ040020052	Сиврија тенка за сушење	Карбинци
10.	ФЗНХ040020615	Козји рог благ	Кратово
11.	ФЗНХ040020136	Сиврија благ	Козјак
12.	ФЗНХ040020596	Козји рог	Стајковци
13.	ФЗНХ040020566	Козји рог	Младо Нагоричане
14.	ФЗНХ040020372	Козји рог благ	Нивичани
15.	ФЗНХ040020172	Козји рог благ	Селце
16.	ФЗНХ040020213	Козји рог	Смилковци
17.	ФЗНХ040020075	Тенок сиврија	Таринци
18.	ФЗНХ040020315	Бела дуга	Виница
19.	ФЗНХ040020208	Бела дуга	Виниче
20.	ФЗНХ040020070	Благ бела дуга	Сарчиево
21.	ФЗНХ040020597	Бела дуга	Стајковци
22.	ФЗНХ040020387	Бела дуга	Бурилчево
23.	ФЗНХ040020579	Бела дуга благ	Башино Село
24.	ФЗНХ040020287	Бела дуга	Новоселани
25.	ФЗНХ040020465	Бела дуга	Плешанци
26.	ФЗНХ040020389	Бел долг благ	Бурилчево
27.	ФЗНХ040020381	Бел долг	Долни Подлог
28.	ФЗНХ040020705	Долга бела	Каласлари
29.	ФЗНХ040020160	Тенок за урда	Амзабегово
30.	ФЗНХ040020158	Црн тенок	Амзабегово
31.	ФЗНХ040020050	Тенок за пржење	Аргулица
32.	ФЗНХ040020087	Бел благ	Бучин
33.	ФЗНХ040020357	Тенок без лушпа	Видовиште
34.	ФЗНХ040020706	Тенка долга	Каласлари
35.	ФЗНХ040020230	Тенок благ	Конче
36.	ФЗНХ040020347	Тенок благ	Виница
37.	ФЗНХ040020169	Бел прчест	Лозово
38.	ФЗНХ040020319	Ајварска	Белче
39.	ФЗНХ040020344	Ајварски	Виница
40.	ФЗНХ040020255	Куртовска капија за ајвар	Виниче
41.	ФЗНХ040020717	Слоново уше	Вељуса
42.	ФЗНХ040020519	Капија црвена	Дреново
43.	ФЗНХ040020537	Ајварски дебел	Илинден
44.	ФЗНХ040020250	Ајварски	Конче
45.	ФЗНХ040020578	Капија	Кумарино
46.	ФЗНХ040020170	Ајварски благ	Мустафино
47.	ФЗНХ040020266	Ајварски	Немањица
48.	ФЗНХ040020268	Ајварски	Соколарци
49.	ФЗНХ040020635	Капија	Коњари
50.	ФЗНХ040020510	Лута везена	Валандово
51.	ФЗНХ040020024	Ребрајлија	Вруток
52.	ФЗНХ040020496	Кумановски везен	Долно Лисиче
53.	ФЗНХ040020156	Везен благ	Ерцелија
54.	ФЗНХ040020528	Индустриски	Виничка кршла
55.	ФЗНХ040020240	Ајварски	Ракитец

лс	Код	Локален назив	Место
56.	ФЗНХ040020393	Ајварски	Оризари
57.	ФЗНХ040020001	Куртовска капија	Сирково
58.	ФЗНХ040020084	Капија	Крњево
59.	ФЗНХ040020362	Ајварски турски	Прибачево
60.	ФЗНХ040020096	Бугарка	Страјање
61.	ФЗНХ040020532	Везен лут	Илинден
62.	ФЗНХ040020505	Везен лут	Јурумлери
63.	ФЗНХ040020234	Везен благ	Конче
64.	ФЗНХ040020258	Лут везен	Конче
65.	ФЗНХ040020452	Везен лут	Костин Дол
66.	ФЗНХ040020491	Црн за нижење лут	Ациматово
67.	ФЗНХ040020129	Везен благ	Милено
68.	ФЗНХ040020565	Везен благ	Младо Нагоричане
69.	ФЗНХ040020568	Везен лут	Младо Нагоричане
70.	ФЗНХ040020043	Стара решка	Неокази
71.	ФЗНХ040020455	Благ везен	Луковица
72.	ФЗНХ040020014	Пипер низалка	Мороишта
73.	ФЗНХ040020023	Низарски пипер	Бигор Доленци
74.	ФЗНХ040020278	Црн за нижење бугарски	Жиганци
75.	ФЗНХ040020535	Паланчански за нижење	Илинден
76.	ФЗНХ040020702	Црвена за нижење	Каласлари
77.	ФЗНХ040020151	Низарски благ	Лозово
78.	ФЗНХ040020110	Обичен старо семе	Ѓуземелци
79.	ФЗНХ040020161	Бел розев пипер	Каратманово
80.	ФЗНХ040020551	Црна кама	Мороишта
81.	ФЗНХ040020339	Долг црн дебел	Теранци
82.	ФЗНХ040020101	Селски	Габрово
83.	ФЗНХ040020174	Благ	Козјак
84.	ФЗНХ040020656	Благ	Митрашинци
85.	ФЗНХ040020427	Лута буковка	Ињево
86.	ФЗНХ040020436	Лута	Кожле
87.	ФЗНХ040020463	Тенок бел лут	Косевица
88.	ФЗНХ040020559	Пиперова пипер	Кочани
89.	ФЗНХ040020352	Банана благ	Кучичино
90.	ФЗНХ040020382	Бел благ	Мојанци
91.	ФЗНХ040020376	Тенок благ	Мојанци
92.	ФЗНХ040020396	Среднодебел	Оризари
93.	ФЗНХ040020351	Благ тенок долг	Теранци
94.	ФЗНХ040020262	Жолт тенкокор	Лубница
95.	ФЗНХ040020620	Црвен пипер	Мојанци
96.	ФЗНХ040020562	Зелен за пржење	Пирава
97.	ФЗНХ040020450	Розев благ	Плешанци
98.	ФЗНХ040020685	Црни капи	Прилеп
99.	ФЗНХ040020093	Чушки	Сопот
100.	ФЗНХ040020605	Лут	Требино
101.	ФЗНХ040020337	Бел за пржење	Чифлик

5. РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО И ДИСКУСИЈА

Различни својства имаат различна улога во комерцијализацијата на сортите, а познавањето на начинот на наследување е од огромно значење за соодветно планирање на селекциските активности. Кај пиперката, во зависност од почетниот материјал и целта на селекцијата се применуваат повеќе различни конвенционални методи, како што се масовна селекција, педигре методот, потомство од едно семе, повратно вкрстување, рекурентна селекција и хибридизација (Dorêgo & Dorêgo, 2016; Kuhn et al., 2016; Negi et al., 2018; Srivastava & Mangal, 2019).

Фенотипската карактеризација на примероците колекционирани во ген-банките е фундаментална активност од повеќе аспекти (Sudré et al., 2010). Покрај тоа што на овој начин се овозможува утврдување на генетската дивергентност на примероците, фенотипската карактеризација дава добра основа при изборот на потенцијални родителски линии за потребите на различни селекциски цели. На овој начин може да се идентификуваат примероци со различни пожелни својства кои би имале потенцијал за создавање нови хибриди (Lakshmi Tirupathamma et al., 2018). Согласно предложената методологија, фенотипската карактеризација на оваа колекција е извршена со прибирање податоци за 19 квантитативни и 32 квалитативни својства на растенијата.

За подобар увид во дивергентноста на колекцијата, применетите мултиваријационски анализи на податоците од двегодишните полски истражувања се прикажани во одделни потпоглавја, со акцент на кластер анализата, базирана на квантитативните својства на растенијата. Групирањето, односно класификацијата на испитуваниот генофонд е корисна алатка за ефикасно управување со конзервираните генетски ресурси, како и за идентификација на потенцијалите за понатамошна употреба на одделни генотипови во рамки на групите. Со оглед на тоа дека сите испитувани примероци припаѓаат на видот *C. annuum*, некои карактеристики на растенијата, кои се одлика на сите припадници на овој вид, не влијаеја врз дивергентноста на колекцијата и заради тоа не се презентирани во рамки на мултиваријационската анализа на податоците. Квалитативните својства се прикажани преку дистрибуцијата на фреквенции, како на ниво на целата испитувана колекција, така и за секој кластер посебно (Табела 11), а со цел да се даде поширока слика за дивергентноста на анализираниот материјал.

Во однос на својствата на стеблото во колекцијата се евидентирани различни примероци. Бојата кај најголем дел од испитуваните сорти беше зелена (70,3 %), помалку имаа зелени стебла со виолетови ленти (27,7 %), а две сорти имаа виолетови стебла. Со исклучок на 4 примерока (3,9 %), кај останатите беше евидентирано обојување на нодиите и тоа виолетово кај 42,6 %, темновиолетово кај 40,6 % и светловиолетово кај 12,9 % примероци. Виолетовата боја е индикатор за присуство на антоцијани, а слични резултати за овие параметри се добиени при евалуација на поголема колекција од 192 *Capsicum* примероци со потекло од 21 земја (Andrade et al., 2020). Според обликот, стеблата беа оценети како цилиндрични (48,5 %) и аглести (51,5 %), додека сплеснат облик не беше забележан. За својството влакнавоост на стеблото, најголем дел од примероците во колекцијата имаа ретка (84,2 %), а помал дел имаа средна влакнавоост (15,8 %). Стеблото кај пиперката се разгранува дихотомно, должината на интернодиите се скратува кон врвот на растението, а растот стагнира доколку се формирани повеќе плодови во горниот дел (Joshi & Berke, 2004). Според типот на раст, во колекцијата доминираа примероци со средно збиен (компактен) хабитус (57,4 %) и примероци со

исправен раст (40,6 %), додека два примерока (2 %) имаа полегнат тип на раст. Слично и во анализата на *Brilhante* и сор. (2021) на 69 примерока од четири видоа *Capsicum*, доминирале примероци со компактен тип на раст (82,3 %), а најмалку примероци (2,9 %) имале полегнат тип на раст.

Од квалитативните својства на листовите беа оценувани бојата, обликот и работ на лиската, како и степенот на влакнавоост. Во испитуваната колекција најголем дел од примероците имаа зелена боја на листовите (70,3 %), помалку имаа темнозелени листови (21,8 %), а најмалку примероци имаа светлозелени листови (7,9 %). За слични резултати во однос на бојата известуваат и Andrade и сор. (2020) за нивната колекција. Во однос на обликот на лиската во оваа колекција најзастапени беа примероци со јајцевиден облик (76,2 %), а значително помалку примероци со издолжен (18,8 %) и делтоиден (5 %) облик. Од друга страна во колекцијата на *Brilhante* и сор. (2021) дистрибуцијата била речиси еднаква помеѓу јајцевиден и делтоиден облик на листовите, а најмалку примероци имале издолжен облик. Резултатите за влакнатоста на листовите не се прикажани, со оглед на тоа што не влијаеја врз дивергентоста на колекцијата, а се оценети како мазни до умерено влакнести, што е типично за видот *annuum*. Квантитативните својства на листовите, според повеќе автори, се оценети како својства со мал удел во варијабилноста (Bianchi et al., 2016; Santos et al., 2019), меѓутоа утврдена е силна корелација помеѓу нив, што овозможува информирано донесување одлуки при избор на родителски линии за хибридизација.

Својствата на цветовите се силно дискриминирачки при евалуација на примероци од повеќе видови од родот *Capsicum*, што не случај при евалуација на примероци од еден вид. Па така бројот на цветови по разгранување (оска) во колекцијата изнесуваше 1, поретко 2, што е типична карактеристика на видот *annuum*. Исто така и бојата на венечните ливчиња беше бела, со бели дамки, со исклучок на еден примерок (86) што имаше бледо жолтеникави венечни ливчиња. Бојата на филаментите (прашникови конци) кај сите примероци беше бела, а бојата на прашниковите кеси кај најголем број од испитуваните примероци беше виолетова, поретко сина (27 примерока) и светло сина (2 примерока), а само 1 примерок имаше прашникови кеси во жолта боја. Овие податоци се во согласност со дескрипцијата за карактеристиките на генотиповите што припаѓаат на видот *annuum* (Barboza et al., 2022). Во однос на својствата на цветовите, разлики беа утврдени за пигментација и раб на чашката, при што кај најголем дел од испитуваните примероци отсутствуваше пигментацијата (91,1 %) и рабовите им беа назабени (80,2 %).

Семето кај сите популации беше тркалезно, со бледо жолта боја, мазно до благо набрано. Zewdie & Bosland (2003) утврдиле дека за бојата на семето одговорни се најмалку 3 гени, при хибридизација на примероци од *C. pubescens* и *C. eximium*, при што црната боја е доминантна во споредба со жолтата. Пиперката во просек има релативно долг период на ’ртење и краток период на задржување на ’ртливоста (животоспособноста) на семето во споредба со другите родови од фамилијата Solanaceae. Истражувањето на Bissoli и сор. (2022) покажува дека животоспособноста на семето е подолга кај дивите видови, во споредба со одомаќинетите, а значајна улога за тоа има присуството на лигнин во семената обвивка. За квалитетните својства на семето (процент на ’ртливост, енергија на ’ртење, должина на епикотил итн) од аспект на селекцијата Barroso и сор. (2015) утврдиле релативно низок процент на херитабилност и силно влијание на средината врз фенотипската експресија на овие својства. За апсолутната маса на семето Sanjuan-Martínez и сор. (2020) утврдиле низок коефициент на варијација (< 4) при евалуација на својствата на семето кај 3 традиционални сорти во Мексико, а во однос на димензиите и покрај утврдените статистички значајни разлики, тие се оценети како типични за видот *C. annum*. Слично, добиените резултати за својствата на семето од оваа колекција се во рамките на очекуваните граници за пиперките од видот *annuum*.

Во однос на плодовите својства, како најважни карактеристики за дивергентноста на колекцијата, добиените резултати се подетално презентирани во продолжение, во рамки на кластер анализата.

5.1. Анализа на главни компоненти

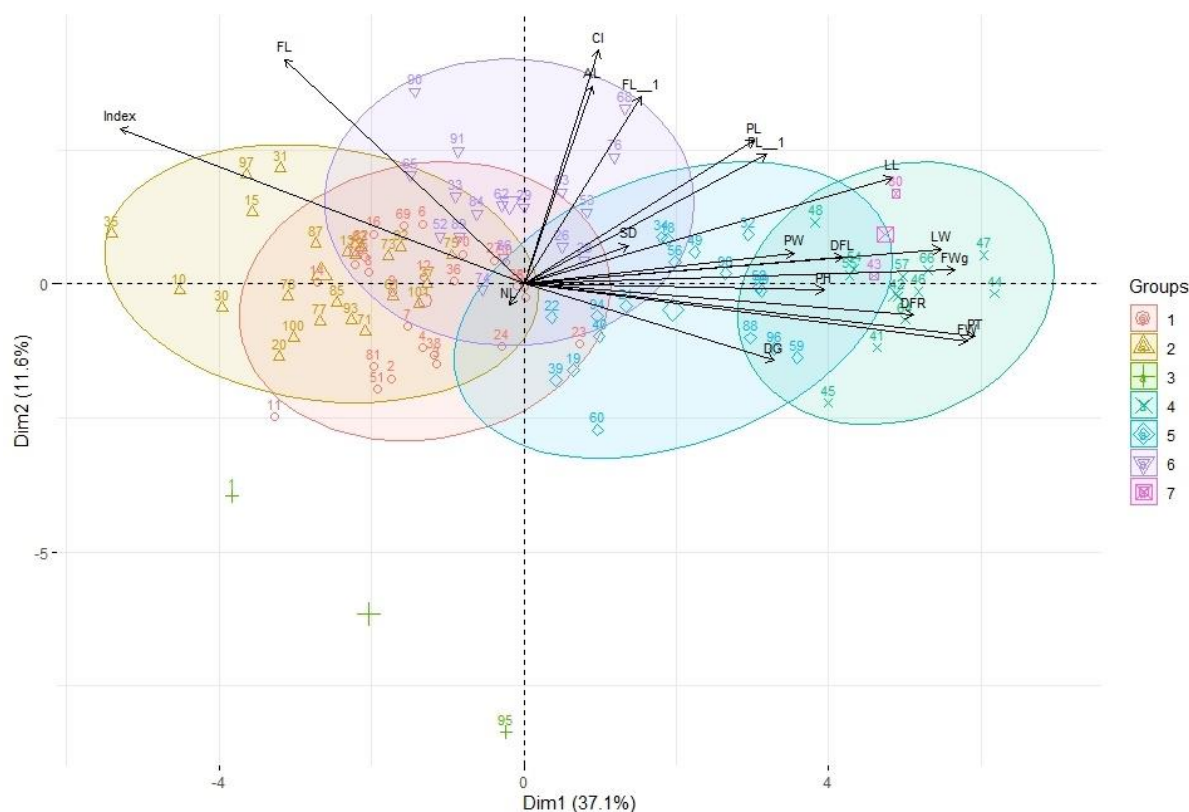
Анализата на главните компоненти или PCA (Principal Component Analysis) е извршена врз основа на сите квантитативни својства со цел да се утврди кои од нив и на каков начин влијаат врз варијабилноста на испитуваната колекција (Табела 2). Резултатите покажаа дека првите 5 компоненти (PC – principal components) објаснуваат 69,79 % од вкупната варијабилност. Со првата компонента е објаснета 37,08 % од варијабилноста, при што највисока позитивна корелација имаат својствата дебелина на перикарп, ширина на плод и маса на плод. Својствата должина и ширина на листот исто така се високо корелирани со првата главна компонента, како и бројот на денови до цветање, број на денови до плодоносење и висина на растение. Негативна корелација со првата компонента беше утврдена за индексот на плодот и должината на плодовите.

Табела 2. Анализа на главни компоненти за квантитативните својства

СВОЈСТВА	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Должина на плод	-0,481	0,642	0,360	0,158	-0,072
Ширина на плод	0,891	-0,164	-0,126	0,177	-0,039
Индекс на плод	-0,811	0,444	0,205	-0,074	-0,116
Маса на плод	0,868	0,039	-0,092	0,258	-0,045
Должина на плодна дршка	0,464	0,411	0,560	0,185	0,105
Дебелина на перикарп	0,907	-0,150	-0,160	0,154	0,073
Број на комори	-0,029	-0,061	-0,099	-0,009	0,823
Должина на венче	0,151	0,668	-0,464	0,162	-0,002
Должина на прашникови кеси	0,136	0,566	-0,351	0,187	0,142
Должина на прашников конец	0,235	0,536	-0,474	-0,082	0,211
Висина на растение	0,603	-0,016	0,479	0,201	0,068
Ширина на растение	0,544	0,088	0,393	-0,272	0,274
Должина на лист	0,742	0,304	0,162	-0,358	-0,026
Ширина на лист	0,838	0,100	0,126	-0,264	-0,109
Должина на лисна дршка	0,487	0,370	0,074	-0,553	-0,093
Дијаметар на семе	0,210	0,109	0,378	0,506	0,099
Денови до никнење	0,504	-0,217	-0,026	-0,089	0,219
Денови до цветање	0,642	0,077	-0,143	0,199	-0,385
Денови до плодоносење	0,783	-0,089	-0,122	-0,036	-0,170
Eigen-вредност	7,04	2,21	1,72	1,18	1,11
% варијабилност	37,08	11,61	9,05	6,19	5,87
% кумулативна варијанса	37,08	48,68	57,73	63,92	69,79

Втората главна компонента објаснува 11,61 % од вкупната варијабилност, а поврзана е со должината на плодот и својствата на цветовите (должина на венче, прашникови кеси и прашников конец). Со вклучување на третата компонента, кумулативно се објаснува 57,73 % од вкупната варијабилност, а највисока корелација со

РС3 има својството должина на плодна дршка. Останатите својства имаат пониска корелација со главните компоненти и немаат значаен придонес во вкупната варијабилност. Слични резултати за 11 квантитативни својства добиле Aguare и сор. (2016), кои при анализа на 48 локални сорти од Гана утврдиле дека првите три компоненти објасниле 59,61 % од варијабилноста на испитуваната колекција. Првите три компоненти објасниле 63,81 % од варијабилноста на колекција од локални и интродуирани сорти во Гана (Nsabiyera et al., 2013). При карактеризација на 17 локални сорти од Валенсија, Martínez-Ispizua и сор. (2022) добиле вредност за кумулативна варијанса од 52,71 % за првите три компоненти. Во анализата на поголема колекција од 94 примерока пиперки (локални сорти и селекциски линии) Bözokalfa & Eşiyok (2011) добиле пониски вредности за првите три компоненти, кои објасниле 36,11 % од вкупната варијабилност на колекцијата. Од друга страна, Tsonev и сор. (2017) добиле многу висока вредност за првите три компоненти од 90 % при анализа на 6 плодови својства на 19 бугарски сорти, слично како и Danojević & Medić-Pap (2018), кои добиле вредност од 73,35 % за првите две компоненти при анализа на 28 локални сорти и селекциски линии од Србија.



Графикон 1. Биplot графикон со елипси за класификација на испитуваните локални сорти врз основа на анализираните својства со РС анализата (FL - должина на плод, FW – ширина на плод, Index – индекс на плод, FWg – маса на плод, PL – должина на плодна дршка, PT – дебелина на перикарп, NL – број на комори, CL – должина на венче, AL – должина на антери, FL_1 – должина на прашников конец, PH – висина на растение, PW – ширина на растение, LL – должина на лист, LW – ширина на лист, PL – должина на лисна дршка, SD – дијаметар на семе, DG – денови до никнење, DFL – денови до цветање, DFR – денови до плодносење)

Фенотипската дивергентност на испитуваната колекција е визуелизирана преку конструкција на дводимензионален графикон (биplot) на кој се претставени локалните сорти во однос на својствата од првите две компоненти (Графикон 1). Дисперзираната позиција на локалните сорти низ сите четири квадранти ја потврдува дивергентноста на испитуваната колекција. Во десниот дел од графиконот се распоредени сортите со највисоки вредности за својствата што имаат висока корелација со првата компонента, додека примероците со најдолги плодови и највисок индекс на плодот се на спротивната лева страна. Примероците што се позиционирани поблиску до векторите (својствата) имаат повисока корелација со тие вектори, додека со зголемување на аголот, корелацијата опаѓа. Должината на векторите го покажува интензитетот на влијанието на секое својство врз дивергентноста. Обоените елипси ги групираат испитуваните примероци според класа на ознаки дадени во легендата, а големината на групите е определена со ниво на веројатност од 0,95. Интересно е да се забележи дека локалната популација 95 е самостојно позиционирана во долниот дел на графиконот, а тоа се должи на фактот што таа е единствен ситноплоден примерок во испитуваната колекција, додека сите останати се крупноплодни пиперки.

5.2. Кластер анализа

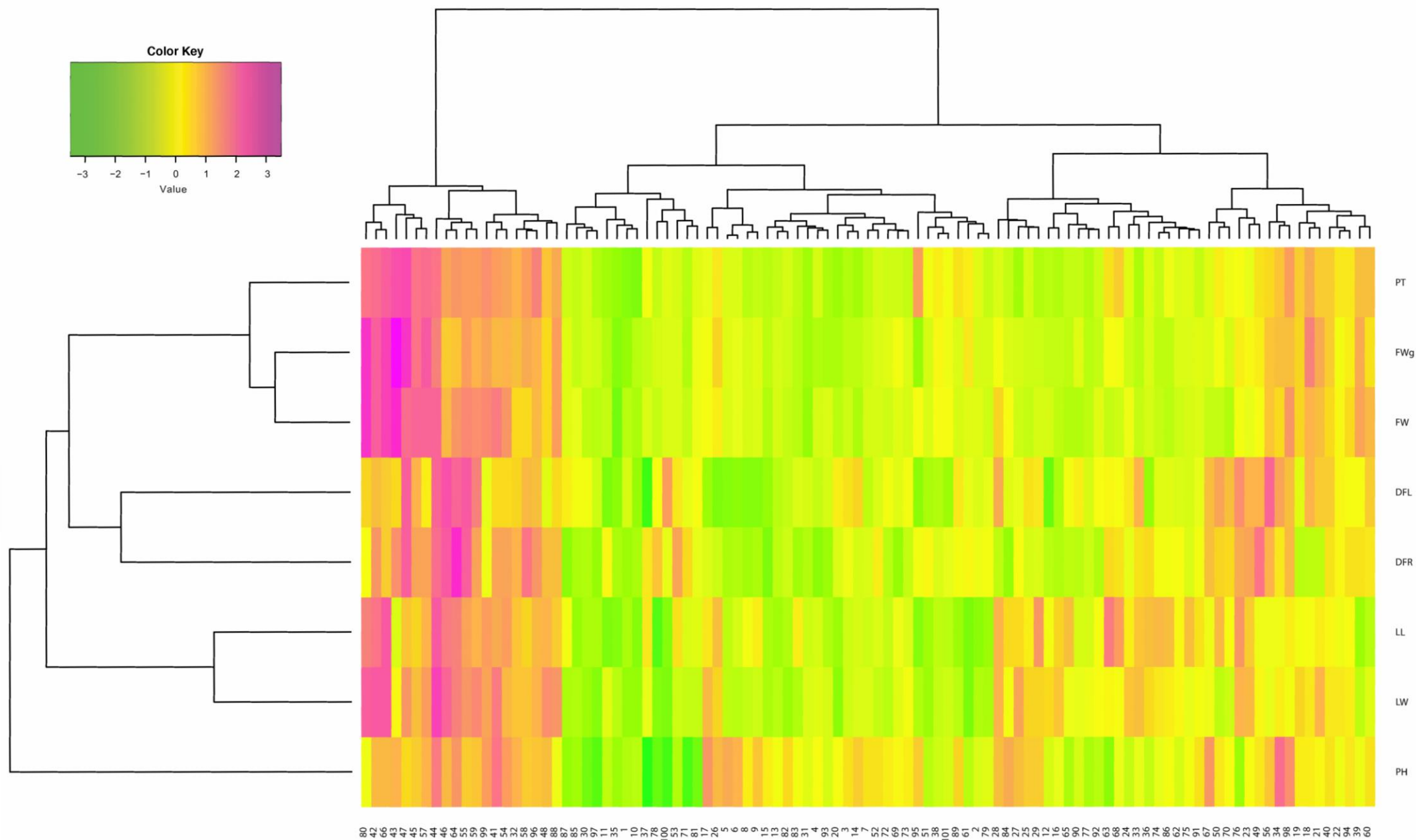
Примената на кластер анализата успешно се применува во систематизација на податоците за дивергентноста кај пиперката во голем број истражувања. При тоа се анализираат различни колекции од локални сорти (Lahbib et al., 2021; Sandeva Atanasova, Ivanovska, et al., 2021; Bedjaoui et al., 2022), селекциски линии (Danojevic et al., 2017, 2018), мутантни линии (Karim et al., 2022) итн.

Од големиот број на променливи (својства) кои нормално се евидентираат при анализа на генетската дивергентност, сите немаат еднаков придонес во варијабилноста. Најчесто кластерите нема да претрпат значајни промени доколку се отфрлат дел од променливите што немаат придонес или имаат незначително влијание врз вкупната варијабилност. Дobar критериум врз основа на кој може да се изврши отфрлање на променливите е РС-анализата (do Rego et al., 2003). Оттаму, во ова истражување, како влезни податоци за кластер анализата се искористени резултатите за својствата кои имаа највисока корелација ($> 0,6$) со првата оска од РС анализата. Тука се вклучени: дебелина на перикарпот, маса на плод, ширина на плод, број на денови до плодоносење, должина на лист, ширина на лист, број на денови до цветање и висина на растение. Поради тоа што најголем дел од испитуваните сорти имаат релативно долги плодови, својствата должина на плод и индекс на плодот имаа висока негативна корелација со првата оска и беа исклучени од кластер анализата. За подобра визуелизација на групирањето во однос на својствата изработена е двојна кластер анализа, прикажана на топлинска мапа (heatmap), од која може да се забележи врз основа на кои својства се диференцирани групите. Својствата со високи вредности се обоени со розова и црвена боја, додека оние со зелена и жолта боја имаат ниски вредности (

Графикон 2).

Како резултат на кластер анализата, испитуваните локални сорти се групираа во две основни групи. Во првата група се класифицираа 20 локални сорти кои имаа највисоки вредности за анализираните квантитативни својства, додека сите останати сорти припаѓаат во втората група. Тука се класифицираа поголем број на различни екотипови кои според намената може да се користат во зелена (технолошка) зрелост, односно за свежа конзумација, како и сорти кои се наменети за комбинирана употреба

(свежа, за сушење, нижење, разни преработки итн.). Од тие причини, а со цел да се обезбеди подобар увид во дивергентноста на испитуваната колекција, разгледувањето на дистанците помеѓу групите беше спуштено за едно ниво. На овој начин примероците може да се разгледуваат во четири групи, односно кластери. Поради тоа што квалитативните својства не се вклучени во оваа анализа, се јавува преклопување помеѓу последните три кластери за некои од испитуваните примероци. Анализата за секој кластер е презентирана одделно, со табеларен приказ на просечните вредности за сите анализирани квантитативни својства на примероците од секој кластер. На крајот од поглавјето е прикажана табела за дистрибуцијата на фреквенции за квалитативните својства на испитуваните локални сорти по кластер и на ниво на цела колекција.



Графикон 2. Heatmap (топлинска мапа) за формираните кластери врз основа на 8 својства

5.2.1. Кластер I

Во првиот кластер се групирани сорти наменети за преработка, главно од типот капии, познати уште како ајварски пиперки. Овој тип на сорти се одликуваат со крупни плодови, со дебел и месест перикарп, а растенијата имаат исправен хабитус и големи листови. Во споредба со другите кластери, во овој се групирани сортите со највисоки вредности за плодовите својства, највисок раст и најдолг период до цветање и плодonoсење. Во Табела 3 се прикажани минималните и максималните вредности за квантитативните својства врз основа на кои е извршена класификацијата, а пресметана е и просечната вредност за истите на ниво на кластер.

Испитуваните локални сорти од овој кластер, според должината на фенофазите се сметаат за доцни сорти, со должина на вегетација од никнување до физиолошка зрелост (зрели плодови на прво и второ разгранување) од 140 до 150 дена. Во тригодишната евалуација на сортата „амфора“ од типот капија, Gvozdenovic и сор. (2002) добиле разлика од 14 дена помеѓу различни години на испитување за бројот на денови до физиолошка зрелост. Оттука, може да се констатира дека при обезбедување интензивни услови на производство, некои од овие локални сорти би можеле да имаат и пократка вегетација. Еден важен услов за тоа е и обезбедување на оптимални услови за порано цветање (раностасност), со оглед на тоа дека високите температури ($> 35^{\circ}\text{C}$) предизвикуваат аборттирање на цветовите и отфрлање на плодовите кај пиперката. Бројот на денови до цветање кај овој кластер во просек изнесуваше 84,35. Слични резултати добиле Panayotov и сор. (2018) кои проучувале 6 селекциски линии со крупни, конусни плодови, од Бугарија, Грција, Полска и Унгарија и утврдиле просек од 83 дена до цветање за испитуваниот материјал.

Растенијата од оваа група имаат средно збиен и исправен хабитус, со претежно аглести стебла, по боја зелени или зелени со виолетови ленти, а сите испитувани примероци имаа антоцијаново обојување на нодиите со различен интензитет. Во однос на висината, просечната вредност за кластерот изнесува 59,21 cm, а највисоки растенија имаа примероците лс41, лс44, лс54, лс99, лс43 и лс32 со висина над 60 cm.

Листовите се крупни, претежно со зелена боја, помалку примероци имаа темнозелена боја на листовите. Според обликот на листовите, испитуваните примероци главно беа јајцевидни (Табела 11). Големината на листовите изразена преку должината и ширината на лиската, значајна е заради фотосинтетскиот капацитет на растенијата, односно обезбедување на оптимален раст и развој. Просечните вредности за овој кластер за должина и ширина на листовите изнесуваат 9,45 cm и 4,91 cm соодветно, додека најголеми листови беа измерени кај примероците лс44, лс66, лс42 и лс46.

Табела 3. Просечни вредности за 8 квантитативни својства на кластер I

	ШП (cm)	МП (g)	ДПе (mm)	ВР (cm)	ДоЛ (cm)	ШЛ (cm)	ДЦ	ДП
Мин.	3,78	58,48	4,12	51,93	7,91	4,07	78,00	135,00
Макс.	6,20	123,62	5,43	65,43	10,51	5,59	91,00	160,00
Просек	4,99	81,33	4,76	59,21	9,45	4,91	84,35	147,75

Легенда: ШП – ширина на плод, МП – маса на плод, ДПе – дебелина на перикарп, ВР – висина на растение, ДоЛ – должина на лист, ШЛ – ширина на лист, ДЦ – број на денови до цветање, ДП – број на денови до плодonoсење

Во однос на цветовите, во рамки на кластерот доминираа цветови со кружно венче, а според позицијата на раст најголем дел беа висечки. Од квалитативните својства на цветовите, можеби најзначајно е утврдувањето на позицијата на жигот на толчникот во однос на прашниците, што се набљудува кога цветовите се целосно отворени. Пиперката е факултативно странооплодна култура, што значи дека цветовите се хермафродитни и способни за самооплодување. Меѓутоа процентот на странооплодување, зависи од повеќе фактори и може да се движи од 2 до 90 % (Pickersgill, 1997). Позицијата на толчникот може да биде под, на исто ниво и над прашниците, а последната позиција ги зголемува шансите за странооплодување. Од анализираните примероци во овој кластер, кај 6 толчникот е позициониран под прашниците, кај 10 е на исто ниво, а кај 4 е над нивото на прашниците.

Карактеристиките на плодовите се најдискриминирачки во анализата на една колекција. Нивната карактеризација овозможува идентификација на специфични фенотипови и согледување на потенцијалот за понатамошна употреба согласно барањата на различните пазари и намената.

Должината на плодовите кај испитуваните локални сорти се движеше од 10,96 cm кај лс64 до 14,37 cm кај примерокот лс42 (Табела 4). Овие вредности се во очекуваните граници за сортите за преработка, како што е амфората со просечна должина од 12,1 cm (Gvozdenovic et al., 2002), како и евалуирани локални сорти и селекциски линии од куртовска капија со просек од 12,53 cm (Todorova, 2007).

За својството ширина на плодовите, просекот за овој кластер изнесува 4,99 cm, додека измерените вредности кај поединечните примероци се движеа од 3,78 cm (лс58) до 6,09 cm (лс80). Ширината на плодот е главно генетски регулирано својство, а во истражувањето на Todorova (2007) воедно е својство со најнизок коефициент на варијација. Добиените резултати за оваа колекција покажуваат дека локалните сорти лс43, лс80, лс66 и лс42 имаат потенцијал за вклучување во идни селекциски програми со вредност над 5,5 cm за ова својство.

Кај пиперките за преработка, голема агрономска важност има дебелината на плодното месо, односно перикарпот. За ова својство просечната вредност изнесува 4,76 mm на ниво на кластер. Од анализираните примероци во оваа група, највисоки вредности имаа генотиповите лс47 (5,43 mm), лс43 (5,37 mm) и лс66 (5,22 mm), а уште пет други може да се сметаат за перспективни, со вредност за ова својство над 4.96 mm. Овој потенцијал не е за занемарување, со оглед на тоа што овие вредности се блиску до резултатите што ги даваат некои хибриди испитувани во наши услови од Bogevska и сор. (2017) и повисоки од резултатите што ги добиле Cvikić и сор. (2022) при евалуација на 5 селекциски линии од типот капија во Србија.

Масата на плодот е една од најважните компоненти што го детерминираат приносот кај пиперката. Просечната вредност за ова својство на ниво на кластер изнесува 81,33 g. Поголеми плодови имаат повисок рандман, полесно се преработуваат од аспект на печење и лупење и ја зголемуваат ефикасноста на процесот на преработка. Дополнително, количината на отпад како резултат на преработката е помала во споредба со количината на отпад кај поситни плодови (Guerra et al., 2022). Според масата, плодовите се класифицираат на: многу големи (> 150 g), големи (40 – 150 g), средно големи (10 – 40 g), мали (4 – 10 g) и многу мали (< 4 g) (Gvozdenovic, 2010). Испитуваните примероци од оваа група спаѓаат во сорти со големи плодови, при што највисока вредност за масата на плодовите имаа локалните сорти лс43 (123,62 g), лс47 (107,05 g), лс80 (105,51 g) и лс66 (102,55 g). Овие примероци може да бидат одличен почетен селекциски материјал во иднина. Имајќи предвид дека овие вредности се во рангот на широко прифатени сорти како амфора (Gvozdenovic et al., 2002), куртовска капија

(Todorova, 2007; Panayotov & Dimova, 2014), слоново уво, како и некои хибриди (Bogevska et al., 2017), некои од овие примероци би можеле да се препорачаат и за директно вклучување во производството. Меѓутоа, конкретни препораки би можеле да се дадат по краткотрајна евалуација на примероците на поголеми површини и во различни микроклиматски услови, со цел да се утврди целокупниот приносен потенцијал и влијанието на средината во различни региони.

Обликот на плодовите според декскрипторот на IPGRI (1995) е оценет како триаголен, со исклучок на еден примерок со издолжен плод, но за подобар опис на испитуваните примероци, за ова својство користен е дескрипторот на UPOV (2020), бидејќи нуди подетална дискриминација помеѓу облиците. Според тоа, во овој кластер најголем дел од примероците (12 примерока) имаа умерено триаголен облик, 5 примерока имаа трапезоиден, 2 срцевиден и еден примерок имаше роговиден облик на плодот.



Слика 1. Облик на плод кај испитуваните локални сорти од кластер I: а – умерено триаголен (лс44); б-трапезоиден (лс88); в – срцевиден (лс59), г – роговиден (лс48)

За обликот на плодовите се евидентираат и формата на основата на плодот каде што е прикачена дршката, при што најголем дел од примероците имаа срцевидна форма на основата (12), помал број имаа скратена (6), а само две имаа вдлабната форма на основата. Во однос на врвот на плодот, најголем дел имаа испакнат врв на плодот (14 примерока), вовлечен со испакнат врв имаа 5 примерока, додека вовлечен врв беше забележан само кај еден примерок. Закривеноста на плодовите на пресек (набљудуван при попречен пресек на плодот во висина на 1/3 од основата) е својство што има влијание врз визуелниот аспект на плодот и преференците на потрошувачите, за успешен пласман. Кај сортите за преработка, закривеноста е непожелна особина бидејќи го отежнува рамномерното печење и лупење на плодовите. Во овој кластер половина примероци имаа слабо закривени плодови, а другата половина имаа средна закривеност, додека силно закривени плодови не беа евидентирани.



Слика 2. Закривеност на плодот на пресек: а – слабо закривени (лс44), б – средно закривени (лс88)

Цврстината на плодната дршка со стеблото е својство од интерес за олеснување на бербата. Бидејќи растенијата кај сортите за преработка се најчесто високи, робустни со големи листови, при процесот на берба на плодовите лесно може да дојде до поткршување на помали гранки со плодови и/или цветови на нив и да се редуцира приносот. Цврстината се бележи како слаба, средна и добра, а во овој кластер испитуваните локални сорти кај најголем дел беше оценета како добра, додека кај два примерока беше оценета како слаба. Како што беше претходно наведено, цврстината на плодните дршки се зголемила во процесот на доместикација на пиперката. Ова својство се оценува на ист начин како претходното, а од агрономски аспект е релевантно за олеснување на процесите на преработка на плодовите. Од 20 локални сорти анализирани во овој кластер, цврстината беше оценета како средна кај половина примероци, а другата половина беа оценети со добра цврстина на плодната дршка со плодот.



а



б

Слика 3. Боја на плод при премин од технолошка во физиолошка зрелост
а – порткалова (лс41), б – зелена (лс57)

Бојата е својство од интерес за селекцијата, како во технолошка зрелост, така и во ботаничка зрелост, во зависност од намената и желбите на потрошувачите, односно од барањата на пазарите. Промената на бојата на плодовите се јавува како резултат на процесот на зреење, односно по достигнување на оптималната големина и со почетокот на созревање на семето, се јавува промена во експресијата на многу гени, метаболити и протеини во перикарпот, како и промена во вкусот, текстурата, аромата и нутритивниот состав на плодовите (Kumar et al., 2021). Испитуваните примероци од овој кластер имаат зелена боја во технолошка зрелост, а разлики се јавуваат во деградацијата на хлорофилот и синтезата на каротеноидите со почетокот на физиолошкото созревање. Па така кај 8 примерока бојата од зелена преминуваше во портокалова (портокалово-кафена), а кај 12 примерока од зелена преминуваше директно во црвена боја. Во однос на бојата во физиолошка зрелост на плодовите, 9 примерока имаа црвена боја, а 11 имаа темно црвена боја.

Табела 4. Просечни вредности за квантитативните својства на испитуваните локални сорти од кластер I

Локална сорта (лс)	ДоП (cm)	ШП (cm)	И	МП (g)	ДПД (cm)	ДПе (mm)	БрК	ДВ (mm)	ДА (mm)	ДПК (mm)	ВР (cm)	ШР (cm)	ДоЛ (cm)	ШЛ (cm)	ДЛД (cm)	ДС (mm)	ДН	ДЦ	ДП
80	12,09	6,09	2,01	105,51	3,88	4,96	2	13,10	3,43	3,44	52,30	33,98	9,95	5,34	3,91	3,78	12	83	137
42	14,37	5,55	2,59	93,31	3,19	5,06	2	11,07	3,17	3,28	59,33	38,93	10,14	5,40	4,21	3,87	12	84	149
66	12,63	5,91	2,15	102,55	3,63	5,22	3	11,94	3,29	3,16	59,30	40,18	10,47	5,40	3,85	3,90	11	83	142
43	13,74	6,20	2,21	123,62	4,17	5,37	3	12,30	3,21	3,39	60,30	38,63	7,91	4,07	3,35	3,74	11	82	149
47	12,78	5,31	2,43	107,05	4,12	5,43	2	12,95	2,95	3,28	56,30	47,75	9,04	4,87	3,91	3,89	12	90	155
45	11,31	5,48	2,10	88,81	3,80	5,00	2	10,84	3,12	2,83	57,88	39,83	8,89	4,50	3,46	3,88	12	85	147
57	13,53	5,44	2,61	95,32	3,60	5,04	2	11,96	3,16	3,24	59,70	43,23	9,35	4,84	4,23	4,07	14	81	147
44	12,31	5,48	2,24	83,26	3,76	5,02	2	11,48	3,07	3,33	64,83	46,28	10,51	5,59	3,77	3,77	12	90	153
46	11,50	4,29	2,67	62,15	3,65	4,50	2	11,52	3,10	3,07	59,65	48,15	10,04	5,31	4,44	4,00	11	91	156
64	10,96	4,80	2,31	64,35	3,58	4,62	2	11,40	3,41	2,90	62,53	40,55	9,92	5,09	3,86	3,94	12	90	160
55	13,06	4,98	2,63	75,48	3,66	4,57	2	11,97	3,22	3,11	57,80	34,68	9,51	4,91	3,89	4,12	11	91	155
59	10,60	4,91	2,17	70,17	3,36	4,52	2	11,77	3,14	2,92	58,20	38,08	9,37	4,98	3,55	3,62	10	88	147
99	13,45	4,99	2,68	74,31	3,35	4,70	3	12,29	3,17	3,10	61,73	38,50	9,56	4,77	3,79	3,90	12	79	135
41	12,52	5,17	2,44	68,17	3,90	4,51	2	10,93	3,03	3,05	65,43	46,25	9,39	5,10	3,98	3,87	13	82	147
54	11,01	4,81	2,28	69,29	3,96	4,50	2	12,16	3,17	3,25	62,08	43,53	9,64	4,60	4,21	3,67	12	82	147
32	13,65	3,80	3,58	66,18	3,82	4,32	2	11,92	3,49	3,25	60,23	38,43	9,02	4,45	3,32	4,47	13	83	146
58	13,87	3,78	3,73	72,33	3,89	4,54	2	11,55	3,23	3,05	57,65	44,78	8,83	4,46	3,56	3,75	11	84	152
96	11,50	4,32	2,67	70,09	3,04	4,83	3	10,92	3,50	3,02	58,13	38,20	9,21	4,66	3,55	4,01	12	84	149
48	15,90	3,84	4,14	58,48	4,32	4,12	2	11,88	3,33	3,03	58,95	45,78	9,37	4,94	4,58	3,80	18	78	144
88	11,28	4,66	2,41	76,30	3,56	4,36	3	11,28	3,12	3,24	51,93	38,55	8,95	4,91	3,94	3,53	11	82	144

Легенда: ДоП – должина на плод, ШП – ширина на плод, И – индекс на плод, МП – маса на плод, ДПД – должина на плодна дршка, ДПе – дебелина на перикарп, БрК – број на комори, ДВ – должина на венче, ДА – должина на антери, ДПК – должина на прашников конец, ВР – висина на растение, ШР – ширина на растение, ДоЛ – должина на лист, ШЛ – ширина на лист, ДЛД – должина на лисна дршка, ДС – дијаметар на семе, ДН – број на денови до никнење, ДЦ – број на денови до цветање, ДП – број на денови до плодносење

5.2.2. Кластер II

Во вториот кластер се групирани 43 локални сорти кои имаа најниски вредности за својствата врз основа на кои е извршено групирањето. Тие се карактеризираат со тенки и долги плодови и најниска просечна вредност за дебелината на перикарпот, во споредба со другите групи. Во овој кластер доминираат сорти наменети за употреба во зелена, односно технолошка зрелост од типот на каварџик, сиврија, козји рог итн, а вклучени се и 6 примерока везени пиперки.

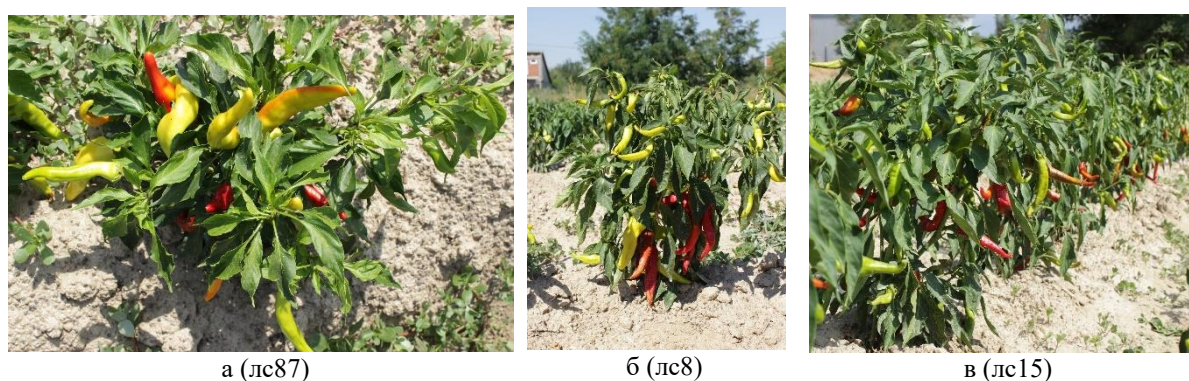
Фенотипската карактеризација, како основна и почетна активност за одржливо зачувување и управување со генетскиот материјал се потврдува и во ова истражување. Имено, во овој кластер се утврдени отстапувања од изгледот на фенотиповите според народното име под кое се колекционирани. Па така од примероците лсб1 и лсб9 колекционирани како везен лут, испитуваните растенија не дадоа ниту лути ниту везени плодови, додека примерокот лс5 колекциониран како каварџик имаше везени плодови. Друг примерок колекциониран како благ бела дуга (лс20), според морфологијата на плодовите не припаѓа во таа група сорти, туку е сличен со примероците од оваа група и соодветно е класифициран во овој кластер.

Раностасноста, односно должината на периодот до цветање и следствено плодносење е економски значајно својство. За производителите, покрај приносот, важно е да ги пласираат производите порано на пазарот, кога можат да остварат и повисоки откупни цени. Ова е особено важно кај пиперките наменети за свежа консумација, какви што се примероците во оваа група. Со оглед на тоа дека наследувањето на должината на фенофазите има висок хетеротичен ефект при хибридизација (Zecevic et al., 1997), за раностасноста може да се разгледуваат потенцијалите на примероците од оваа група. На ниво на кластер, просечниот број на денови до цветање изнесува 76,48, а до плодносење 131,63 дена. Во однос на цветањето најдобри резултати (< 74 дена) покажаа 10 локални сорти (лс11, лс26, лс5, лс8, лс9, лс35, лс10, лс6, лс15, лс95). За бројот на денови до плодносење (< 125 дена) идентификувани се 5 потенцијални примерока (лс15, лс87, лс4, лс97 и лс125). Со оглед на тоа дека двегодишните полски опити беа реализирани на отворено, може да се очекува дека испитуваните сорти би имале и пократки фенофази, доколку растенијата се одгледуваат во заштитен простор, поради подобрата регулација на микроклиматските услови. Ваква евалуација ќе одговара и на целите на производството, имајќи предвид дека ранопролетното производство се одвива во заштитени простори.

Кај испитуваните примероци од овој кластер доминира средно збиен (компактен) тип на раст, со просечна висина од 50,30 cm и ширина на растителната покривка од 30 до 40 cm (Табела 5 и Табела 6). Исклучок има кај 5 примерока со исправен раст и 2 со полегат (Слика 4). Стеблата се главно цилиндрични, а кај помал број аглести, претежно со ретка влакнавоост. Бојата на стеблото е зелена кај најголем дел од карактеризираните локални сорти, помал дел имаа зелени стебла со виолетови линии, а примероците лсб и лс52 имаа виолетови стебла. Антоцијаново обојување отсутствуваше кај еден примерок, а најголем број имаа виолетово до темно виолетово обоени нодии. Во овој кластер се групирани примероци со најмали листови со просечна вредност за должината од 7,55 cm и 3,45 cm ширина. Листовите по боја беа зелени и темно зелени, а според обликот главно беа јајцевидни, со исклучок на 12 примерока со издолжен и 2 примерока со делтоиден облик (Табела 11).

Цветовите имаа средна до висечка позиција во однос на правецот на раст, а само два примерока имаа исправена. Од испитуваните локални сорти во овој кластер, позицијата на толчникот е над прашниците кај 4 примерока, додека кај 21 е на исто ниво,

а кај 18 примерока е под нивото на прашниците. Може да се констатира дека примероците од оваа група се главно самооплодни, а поголем ризик за странооплодување имаат оние каде толчникот ги надраснува прашниците.



Слика 4. Тип на раст кај локалните сорти од кластер II:
а – полегат, б – средно збиен и в – исправен

Според должината, групираниите локални сорти од овој кластер спаѓаат во долги, а вредностите варираат од 11,47 cm кај примерокот лс37 до 19,22 cm кај примерокот лс6. Слични вредности за должината на плодовите добиле Јанкуловски и сор. (1994) при евалуација на 17 локални сорти var. longum од Македонија. За должината на плодовите е утврдена висока херитабилност, при што преовладува адитивниот во однос на доминантниот ефект на гените (Ben-Chaim & Paran, 2000). Во истражувањето на 33 генотипа чили пиперки Mallimar & Meena (2017) заклучуваат дека поголем дел од фенотипската варијанса се должи на генотипската варијанса и може да се направи веродостојна селекција врз основа на фенотипската експресија за ова својство.

Просечната вредност за ширината на плодовите во овој кластер изнесува 2,71 cm. Најниски вредности (< 2 cm) имаа примероците 35 (1,36 cm) и 31 (1,88 cm), највисоки вредности (> 3 cm) имаа шест примерока и тоа: 85 и 6 (3 cm), 95 (3,29 cm), 17 (3,30 cm), 101 (3,34 cm) и 26 (3,56 cm). Со исклучок на примерокот 95 кој има тркалезни плодови, останатите може да се разгледуваат како потенцијален извор за идна селекција.

Табела 5. Просечни вредности за 8 квантитативни својства на кластер II

	ШП (cm)	МП (g)	ДПе (mm)	ВР (cm)	ДоЛ (cm)	ШЛ (cm)	ДЦ	ДП
Мин.	1,36	12,82	2,10	30,95	6,19	2,88	67,00	123,00
Макс.	3,56	60,10	4,51	62,28	9,14	4,56	86,00	147,00
Просек	2,71	34,43	2,99	50,37	7,55	3,45	76,48	131,63

Легенда: ШП – ширина на плод, МП – маса на плод, ДПе – дебелина на перикарп, ВР – висина на растение, ДоЛ – должина на лист, ШЛ – ширина на лист, ДЦ – број на денови до цветање, ДП – број на денови до плодоносење

Дебелината на перикарпот се наследува на сличен начин како и должината на плодовите, со тоа што наследувањето на тенок перикарп е доминантно (Ben-Chaim & Paran, 2000; Vilarinho et al., 2015). Просечната вредност за дебелината на перикарпот за овој кластер е 2,99 mm. Со исклучок на примерокот лс95, како и 6 примерока од типот везени (лс97, лс53, лс71, лс5, лс52, лс51), кај останатите може да се разгледува

потенцијалот за идна селекција на сорти за свежа консумација. Најниски вредности за ова својство беа евидентирани кај примероците лс10 (2,10 mm), лс1 (2,21 mm), лс35 (2,40 mm), лс20 (2,45 mm) и лс31 (2,49 mm). Највисоки вредности имаа примероците лс38 и лс61 (3,64 mm), лс26 (3,70 mm) и лс89 (3,81 mm).

За масата на плодовите, просечната вредност на ниво на кластер изнесува 34,43 g и според класификацијата на Gvozdenovic (2010), најголем дел од испитуваните примероци се средно големи (10 – 40 g), додека помал број се големи (> 40 g). Најниска маса на плод (< 24 g) имаа примероците лс35 (12,82 g), лс1 (17,27 g), лс31 (21,76 g), лс20 (22,75 g), лс93 (23,73 g), како и примерокот лс95 (17,09 g). Од друга страна, најголема маса (> 45 g) во текот на двегодишните експерименти покажаа примероците лс69 (45,05 g), лс17 (46,35 g), лс38 (49,77 g), лс61 (52,91 g) и лс26 (60,10 g). Дел од примероците имаат потенцијал за понатамошна селекција со оглед на тоа што оствариле споредливи резултати со веќе широко прифатените сорти од овој тип како пиран (Trajkova & Gudeva, 2017), каварцик и сиврија (Bogevska et al., 2012).

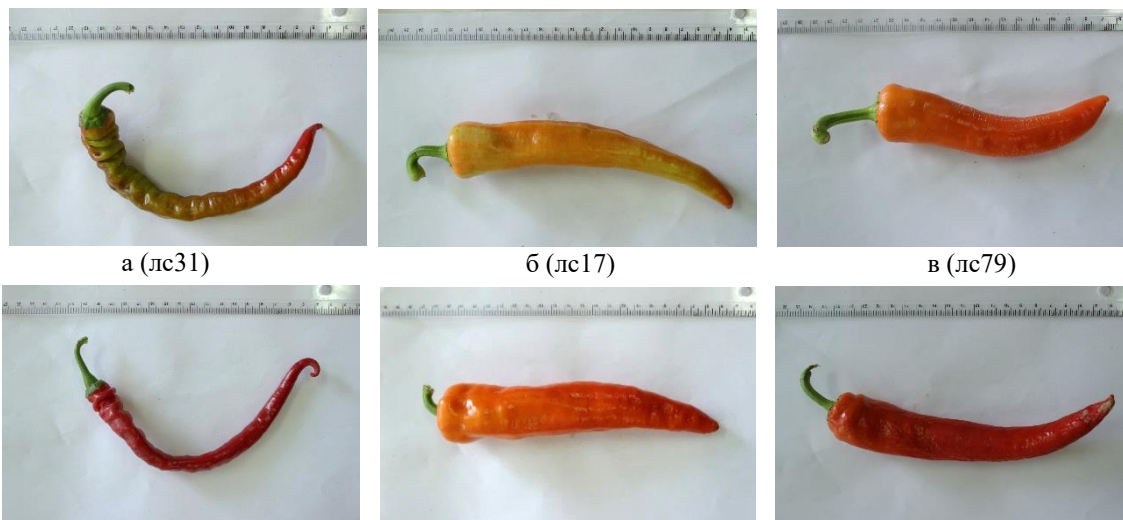
Во однос на везените примероци, тука се групирани оние со средно големи плодови (35,15 – 40,37 g) и вредност за индексот на плодот од 4,32 до 7,05. Sandeva Atanasova и сор. (2021) при карактеризација на 189 локални сорти везени пиперки од Македонија извршиле групирање врз основа на плодовите својства и добиле 5 групи, од кои во едната се класифицирани слични примероци како овие.

Индикатор за степенот на зрелост е бојата на плодовите. Во технолошка зрелост, плодовите ги имаат постигнато соодветните димензии карактеристични за сортата, а нијансите и интензитетот на зелена боја варираат. Познавањето на промената на бои во процесот на зреење е предуслов за навремена берба, а е поврзано со одржување на квалитетот во постбербениот период. Díaz-Pérez и сор. (2007) утврдиле дека најголема загуба на вода во постбербениот период се јавува кај незрелите плодови, а потоа кај плодовите во технолошка (зелена) зрелост, додека најмали загуби имаат физиолошки зрелите плодови во анализираната сорта од типот бабури. Бојата на плодовите во овој кластер во технолошка зрелост беше зелена, светло зелена, белозелена и зеленожолта. При преминот во физиолошка зрелост најголем дел (33 примерока) имаа портокалова боја, а помал број (9 примерока) имаа зелена боја. Кај испитуваната локална сорта 17 од зеленобела боја во технолошка зрелост преодната боја беше жолта, а во физиолошка зрелост портокалова. Останатите бои кај физиолошки зрелите плодови се јавуваа со следниве фреквенции: светло црвена - 4 примерока, црвена – 25 примерока и темно црвена – 13 примерока.

Сите испитувани примероци имаат издолжен облик на плодот, со исклучок на лс95 кој имаше тркалезен. Според дескрипторот на UPOV (2020), во овој кластер доминираа локални сорти со тесно триаголен (24 примерока) и роговиден облик (16 примерока), а две имаа триаголен облик. Формата на основата на плодот беше речиси подеднакво дистрибуирана помеѓу тапа (22 примероци) и скратена (21 примерок). Во однос на обликот на врвот на плодовите кај 28 примероци беше евидентиран остар врв, испакнат врв имаа 14 примероци, а примерокот лс95 имаше вовлечен врв. Во овој кластер беа евидентирани најголем број на средно закривени плодови (18 примероци) во споредба со другите групи. Само еден примерок имаше многу закривени плодови на пресек, додека најголем дел од испитуваниот материјал имаше слабо закривени плодови (24 примерока). За површината на плодовите најголема фреквенција имаа мазните плодови (19 примерока), полунабрани (16 примероци) и набрани (2 примерока). Шарите или навезеноста на плодот кај везените пиперки е својство што не е опишано во дескрипторите, затоа што според Jankulovska и сор. (2019) овој тип на пиперка се одгледува само во Македонија и пограничните делови од Косово, Албанија и Србија во

кои живее македонско население; и шарите (навезеноста) на овој тип пиперка можат силно да варираат во однос на правецот, изразеноста и застапеноста на плодовата површина. Затоа во овој труд својството е прикажано одделно со цел подобро да се диференцира анализираниот материјал (Табела 11).

Во однос на својството што е релевантно за бербата на плодовите, односно цврстината на плодната дршка со стеблото, може да се констатира дека најголем дел од примероците (26) беа оценети средно цврсти, а кај 15 примерока цврстината беше оценета како слаба. Потешко се откинуваа плодовите кај 12 примерока кои беа оценети со добра цврстина.



Слика 5. Боја на плодови при премин од технолошка во физиолошка зрелост и боја во физиолошка зрелост (а – зелена и темно црвена, б – жолта и портокалова, в – портокалова и светло црвена)

И покрај тоа што денес на пазарот се застапени нови сорти со високи приноси, во овој кластер се идентификувани потенцијални локални сорти со добри приносни компоненти. Нивно искористување во селекциски програми во моментов не е остварливо на национално ниво, меѓутоа постојат и други начини за нивно искористување. Дobar пример е локалната сорта „Decebal“ од Романија, која по пат на конзервативна селекција е заштитена од исчезнување, вратена во производството и од година во година се бележи раст на производството (Barcanu Tudor et al., 2019). Може да се препорачаат вакви активности за стајковскиот каварџик, добро позната локална сорта, која е под ризик од ерозија поради вкрстување со други популации и несоодветна селекција на семенскиот материјал. Согледувајќи ги резултатите од истражувањето, но и добиените сознанија од терен во директна комуникација со производителите, постои потреба да се идентификуваат перспективни линии и да се соработува со научната јавност за зачувување и унапредување на овој генофонд. Сепак, за ваквата соработка е неопходна институционална, односно системска поддршка преку градење стратегии и акциски планови за успешна реализација на ваквите активности.

Табела 6. Просечни вредности за квантитативните својства на испитуваните локални сорти од кластер II

Локална сорта (лс)	ДоП (cm)	ШП (cm)	И	МП (g)	ДПД (cm)	ДПе (mm)	БрК	ДВ (mm)	ДА (mm)	ДПК (mm)	ВР (cm)	ШР (cm)	ДоЛ (cm)	ШЛ (cm)	ДЛД (cm)	ДС (mm)	ДН	ДЦ	ДП
87	18,90	2,93	6,43	39,66	3,37	2,97	2	11,45	3,17	3,06	44,28	35,10	8,21	3,25	3,27	3,56	9	81	124
85	14,51	3,00	4,82	32,27	3,24	2,87	3	11,49	3,09	3,34	45,23	32,80	6,98	3,35	3,28	3,82	9	79	127
30	17,72	2,44	7,22	35,41	2,57	3,07	2	11,50	3,17	3,08	41,45	33,15	7,23	3,14	2,57	3,54	9	79	128
97	16,75	2,36	7,05	32,82	2,80	2,69	3	13,32	3,41	3,25	39,63	29,35	7,22	2,96	3,54	4,00	10	77	125
11	16,28	2,54	6,45	26,20	3,29	2,52	2	9,85	2,84	2,78	47,63	33,83	6,70	3,73	3,26	3,84	11	71	137
35	16,18	1,36	11,76	12,82	2,84	2,40	2	11,96	3,31	2,94	44,68	33,95	6,76	3,42	3,47	2,98	10	73	127
1	11,50	2,35	4,89	17,27	2,70	2,21	2	10,82	2,68	2,58	46,75	35,78	7,26	3,10	2,54	4,00	10	77	126
10	17,24	2,20	7,81	28,00	3,28	2,10	2	11,85	3,03	2,94	47,18	34,98	6,76	3,11	2,60	3,84	9	73	128
37	11,49	2,79	4,12	31,37	2,64	3,41	3	12,00	3,30	3,28	30,95	48,70	8,60	3,79	3,77	3,67	9	67	139
78	15,24	2,52	6,00	36,57	2,76	2,86	2	11,85	3,41	3,11	40,50	35,95	6,19	2,95	2,74	3,71	9	80	143
100	15,38	2,84	5,36	38,06	2,87	3,22	3	11,48	3,12	3,00	37,70	24,20	6,80	2,92	3,51	3,67	9	86	134
53	12,37	2,85	4,32	36,64	3,29	3,04	3	12,34	3,22	3,30	46,48	42,65	8,73	3,55	5,25	3,71	11	81	147
71	11,79	2,59	4,52	25,28	2,69	2,76	2	11,59	3,23	2,99	38,28	32,65	7,86	3,53	3,80	3,91	9	79	141
81	16,34	3,15	5,15	43,49	3,42	3,20	2	10,67	2,92	2,84	41,13	33,93	8,00	3,51	3,20	3,70	10	80	135
17	16,14	3,30	4,88	46,35	3,37	3,23	2	11,03	2,88	3,17	62,28	41,05	8,60	4,56	3,87	3,86	9	74	133
26	17,63	3,56	4,90	60,10	3,53	3,70	2	10,56	3,23	3,34	59,28	36,73	9,14	4,35	4,24	3,60	12	72	131
5	17,79	2,86	6,16	40,37	3,18	3,12	3	11,11	3,43	2,98	60,35	39,50	7,49	3,46	3,35	3,98	9	72	128
6	19,22	3,00	6,37	41,71	4,50	3,14	3	11,22	3,04	3,04	60,08	47,50	7,76	3,37	3,32	3,92	8	73	128
8	17,52	2,78	6,27	35,10	3,69	2,75	2	11,31	2,93	3,09	54,35	37,75	8,24	3,51	3,47	3,89	11	72	127
9	18,24	2,87	6,33	40,31	4,33	2,88	3	10,52	2,91	2,80	58,13	40,15	8,53	3,56	3,37	3,98	9	72	128
15	19,10	2,30	8,28	29,54	3,40	2,73	2	11,24	3,21	3,29	54,25	31,93	7,26	3,28	3,31	4,07	10	73	123
13	16,82	2,74	6,06	35,73	3,76	2,88	3	11,12	3,34	3,24	52,50	34,65	7,20	3,36	3,00	3,98	10	75	130
82	16,05	2,52	6,30	32,57	3,28	3,07	3	11,79	3,56	2,87	56,13	35,55	7,36	3,14	3,25	4,22	10	76	131
83	16,96	2,39	7,04	27,40	3,85	2,81	2	11,72	2,90	2,96	53,03	38,75	8,49	3,30	3,79	3,56	10	78	127
31	17,41	1,88	9,18	21,76	3,19	2,49	2	12,56	3,04	3,44	50,98	37,58	7,72	3,72	3,60	3,36	9	77	128
4	13,17	2,75	4,78	25,35	3,25	3,02	2	11,26	3,27	2,95	53,35	38,43	7,76	3,75	3,17	3,86	14	76	124
93	12,54	2,80	4,46	23,73	3,23	2,58	3	12,10	3,02	3,40	49,68	34,00	7,37	3,61	2,94	3,37	11	77	126

Локална сорта (лс)	ДоП (cm)	ШП (cm)	И	МП (g)	ДПД (cm)	ДПе (mm)	БрК	ДВ (mm)	ДА (mm)	ДПК (mm)	ВР (cm)	ШР (cm)	ДоЛ (cm)	ШЛ (cm)	ДЛД (cm)	ДС (mm)	ДН	ДЦ	ДП
20	14,40	2,33	6,19	22,75	2,63	2,45	2	11,95	2,93	2,95	53,58	34,23	7,09	3,03	2,82	3,82	10	81	133
3	13,61	2,64	5,10	29,66	3,39	2,65	2	10,86	3,00	2,73	55,50	40,75	7,68	3,54	3,48	4,27	10	82	135
14	18,07	2,13	8,38	30,47	3,68	2,51	2	11,34	2,99	2,59	57,88	34,08	7,80	3,68	3,41	3,68	9	83	132
7	15,54	2,75	5,63	33,57	3,69	2,78	3	11,08	2,84	2,91	55,50	39,18	7,74	3,68	3,21	4,62	9	76	133
52	16,45	2,73	5,98	38,50	3,41	3,07	3	11,52	3,33	3,11	55,90	38,03	7,86	3,49	3,97	3,63	10	78	139
72	17,49	2,65	6,54	39,83	3,44	2,97	2	11,85	2,98	3,00	54,70	37,53	7,59	3,40	3,09	4,11	8	79	129
69	19,00	2,94	6,39	45,05	3,65	2,95	2	11,06	3,33	3,02	53,85	34,03	8,12	3,73	3,90	3,69	11	78	125
73	16,64	2,77	5,93	37,91	3,16	2,87	3	11,35	3,29	3,12	54,68	36,83	7,88	3,92	3,40	3,70	8	79	131
95	2,58	3,29	0,78	17,09	2,23	4,51	3	9,17	2,63	2,85	57,33	1,85	6,78	3,35	2,56	3,66	15	73	136
51	12,86	2,79	4,61	35,15	3,51	3,44	3	11,37	2,94	2,84	47,15	38,20	7,20	3,16	3,20	3,71	9	74	137
38	14,75	3,35	4,56	49,77	3,42	3,64	2	11,43	3,08	2,87	48,80	34,65	7,54	3,51	3,22	3,74	12	75	133
101	14,85	3,34	4,42	42,95	3,19	3,39	3	11,78	3,25	3,12	49,65	30,03	7,45	3,54	3,45	3,95	11	74	135
89	14,40	2,72	5,28	37,87	3,38	3,81	2	12,40	3,42	3,43	57,23	37,43	7,06	3,40	2,65	3,91	10	81	136
61	17,10	2,95	5,75	52,91	3,28	3,64	3	11,33	3,40	3,10	47,10	39,38	6,61	2,88	2,89	3,59	12	79	138
2	13,67	2,93	4,64	35,96	3,09	3,16	3	10,60	3,27	2,76	50,15	36,40	6,88	3,36	3,77	3,66	10	78	135
79	15,57	2,61	5,94	35,08	3,22	2,93	2	12,02	3,10	3,50	50,95	34,33	7,04	3,25	3,05	3,67	10	79	136

Легенда: ДоП – должина на плод, ШП – ширина на плод, И – индекс на плод, МП – маса на плод, ДПД – должина на плодна дршка, ДПе – дебелина на перикарп, БрК – број на комори, ДВ – должина на венче, ДА – должина на антери, ДПК – должина на прашников конец, ВР – висина на растение, ШР – ширина на растение, ДоЛ – должина на лист, ШЛ – ширина на лист, ДЛД – должина на лисна дршка, ДС – дијаметар на семе, ДН – број на денови до никнење, ДЦ – број на денови до цветање, ДП – број на денови до плодносење

5.2.3. Кластер III

Во третиот кластер се групирани примероци со слични вредности за плодовите својства како и примероците од претходниот кластер, а главните разлики се однесуваат на големината на листовите и должината на фенофазите кои имаат повисоки вредности од претходната група (

Графикон 2).

Доколку се направи споредба со пресметаните просечни вредности за двата кластера, може да се забележи дека примероците од оваа група имаат плодови со подебел перикарп и поголема маса на плодовите, како и повисок раст на растенијата. Тука се групирани 21 локална популација од испитуваната колекција, од кои 7 се везени примероци, а останатите се претежно со тенки и долги плодови од типот на козји рог, како и некои примероци кои според локалните имиња се користат за сушење и нижење.

Во однос на должината на фенофазите, на ниво на кластер, просечниот број на денови до цветање изнесува 78,62, додека бројот на денови до плодоносење 133,31. Најкраток период до плодоносење од 124 дена имаше лс84, следни беа лс16 и лс92 со 128 дена, а од везените најдобри резултати покажаа лс65 со 130 дена до плодоносење и лс25 со 132 дена до плодоносење.

Според хабитусот на растенијата, 12 примерока имаат исправен раст, а останатите 9 имаат средно збиен раст. Стеблата по боја беа зелени, со исклучок на 5 примерока, кои имаа виолетови ленти. На нодиите беше присутно антоцијаново обојување и тоа темно виолетово кај 11 примерока, виолетово кај 7 и светло виолетово кај 3 примерока. Во однос на обликот беа речиси подеднакво присутни цилиндрични и аглести стебла, претежно со ретка влакнавоост. Висината на стеблата кај везените примероци се движеше од 43,55 cm (лс63) до 57,35 cm (лс25), а кај останатите од 46,25 cm (лс77) до 60,78 cm (лс84). Во овој кластер има најголема фреквенција на светло зелени листови (4 примерока) во споредба со другите групи, но сепак доминираа примероци со листови во зелена боја (14), а останатите имаа темно зелени листови (3 примерока). За големината на листовите, просечната вредност за овој кластер изнесува 8,88 cm ширина и 4,17 cm должина, а според формата главно се јајцевидни со исклучок на 5 примерока со издолжен облик на листовите.

Табела 7. Просечни вредности за 8 квантитативни својства на кластер III

	ШП (cm)	МП (g)	ДПе (mm)	ВР (cm)	ДоЛ (cm)	ШЛ (cm)	ДЦ	ДП
Мин.	2,25	26,93	2,55	43,55	7,76	3,81	70,00	125,00
Макс.	3,85	48,19	4,05	60,78	10,05	4,77	85,00	140,50
Просек	2,71	35,28	3,02	51,88	8,88	4,17	78,62	133,31

Легенда: ШП – ширина на плод, МП – маса на плод, ДПе – дебелина на перикарп, ВР – висина на растение, ДоЛ – должина на лист, ШЛ – ширина на лист, ДЦ – број на денови до цветање, ДП – број на денови до плодоносење

Во овој кластер, во просек, цветните елементи се поголеми од примероците групирани во вториот кластер, меѓутоа на ниво на поединечни примероци не секогаш најкрупните цветови даваат и најкрупни плодови. Овие наоди се слични со заклучоците на Jankulovski и сор. (1994) за зависноста помеѓу големината на цветовите и големината на плодовите. Според позицијата на раст на цветовите, во оваа група не е забележан исправен раст, туку доминираат средно поставени цветови (12 примерока) и надолу

поставени (9 примерока). Интересно е да се забележи дека испитуваните примероци од оваа група се под најмал ризик од странооплодување, од аспект на распоредот на прашниците и толчникот. Имено, според позицијата на толчникот кај 9 примерока се наоѓа под нивото на прашниците, а кај останатите 12 примерока е на исто ниво, а не се евидентирани примероци каде што толчникот ги надраснува прашниците. Сличен однос за распоредот на цветните елементи е добиен од Ristovska и сор. (2013) при евалуација на колекција локални сорти од Балканот. Сепак градбата на цветот и поставеноста на цветните елементи, иако може да ги намали шансите за странооплодување, не може сосема да ги елиминираат, особено во услови каде што има голем број полинатори (инсекти).



Слика 6. Позиција на толчник а – под нивото на прашниците и б – на исто ниво со прашниците

За должината на примероците од овој кластер може да се констатира дека преовладуваат примероци со поголема должина во споредба со претходниот кластер. Најдолги плодови се забележани кај лс91 со 19,97 cm и лс90 со 19,97cm, а од везените најдолги плодови имаше примерокот лс68 со 16,49 cm. Големината на плодовите, освен од должината, детерминирана е и од ширината (дијаметарот) на плодот. Просечната вредност за ширината на плодовите од оваа група е 2,71 cm. Најшироки плодови беа набљудувани кај примероците лс28 (3,85 cm), лс84 (3,36 cm) и лс24 (3,12) cm. Вредностите кај примероците на везени пиперки се движеа од 2,25 cm (лс65) до 2,64 cm (лс62). Со оглед на начинот на наследување на ширината на плодовите, овие примероци може да се оценат како перспективни за понатамошна експлоатација.

Утврдено е дека ширината на плодовите заедно со дебелината на перикарпот се во позитивна корелација со масата на плодот (Vilarinho et al., 2015), па така анализата на овој параметар е од значење за утврдување на приносниот потенцијал. Исто така плодовите со подебел перикарп издржуваат подолги постбербени активности како транспорт и складирање (Silva & Silva, 2021). Во просек, дебелината на перикарпот кај овој кластер изнесува 3,02 mm. Примероците со највисоки вредности се лс36 (3,21 mm), лс24 и лс75 (3,19 mm), како и лс28 (3,10 mm). Високата просечна вредност за оваа група се должи најмногу на дебелината на перикарпот измерена кај примероците од везените пиперки. Водечки примерок е лс68 со дебелина од 4,05 mm и воедно ова е највисока вредност за везените на ниво на колекцијата. Сепак кај сортите наменети за сушење, со цел да се комплетира сликата за потенцијалот, неопходно е проширување на сознанијата преку анализа на процентот на суви материи (Mulge et al., 2001; Srivastava & Mangal, 2019). Дополнителни перспективи за производи со додадена вредност (мелени и/или иситнети плодови, димена пиперка, зачински смеси итн.) може да се отворат и преку

биохемиска карактеризација на плодовите, со цел да се задржат и пренесат понатаму традиционалните вкусови и ароми (Campos-Hernández et al., 2018; Getahun et al., 2021).

Во однос на масата на плодовите, како една од најзначајните приносни компоненти, може да се констатира дека примероците од овој кластер, како за свежа употреба, а особено за добивање на сушени плодови, имаат добар потенцијал. Тоа е потврдено и со проценка на формираните плодови пред берба, која покажа дека испитуваните локални сорти од оваа група имаат средно до големо формирање плодови пред првата берба (Табела 11). Највисоки вредности за масата на плодот имаа две локални сорти везени пиперки со просечна вредност 48,19 g (лс63) и 45,30 g (лс68), а потоа следуваа лс28 со маса од 45,24 g, лс91 со 39,32 g и лс90 со маса од 39,00 g.

Квалитативните својства на плодовите имаа слична дистрибуција како оние во вториот кластер. Според описната листа на IPGRI (1995), обликот на плодот кај 20 примерока беше оценет како издолжен, а само кај еден примерок како триаголен. Појасна слика за обликот на плодовите може да се добие преку анализата со декскрипторот на UPOV (2020) при што најголем дел од примероците (11) беа тесно триаголни, 7 имаа роговиден облик, 2 трапезоиден и еден примерок имаше умерено триаголен облик. За обликот на врвот на плодовите, Srivastava и сор. (2019) утврдиле дека наследувањето на остар врв е доминантно во однос на испакнат врв на плодот. Во оваа група 14 примерока имаа остар врв, а 7 примерока имаа испакнат врв. Во однос на формата на основата на плодот 13 примерока имаа тапа, а останатите скратена форма. Закривеноста на плодовите на пресек беше оценета како средна кај 11 примерока, слабо закривена кај 7 примерока и останатите три примерока имаа силно закривена форма на пресек.



Слика 7. Површина на плод (а – мазна, б – полунабрана, в – везена)

Портокаловата боја доминираше (15 примерока) во однос на зелената (6 примерока) набљудувана кај плодовите на премин од технолошка во физиолошка зрелост. Во однос на бојата кај физиолошки зрелите плодови 12 примерока имаа црвена боја, 8 темноцрвена, а еден примерок имаше портокалова боја. Физиолошки зрелите плодови имаат најмал губиток на пигментацијата за време на складирањето до доработка (Bridgemohan et al., 2018). Кај сортите наменети за сушење бојата може да деградира при несоодветни услови за дехидрација и преработка на плодовите и со тоа се намалува комерцијалната вредност на суровината. Површината на плодот е својство кое е

позабележително кај плодови што се сушат цели, без да се ситнат. Низите со пиперки се дел од руралната традиција кај нас, но и во светски рамки пазарот за овие производи е голем. Во меѓународната трговија задолжителна е примената на стандардот за цели сушени чили пиперки (UNECE, 2013). Во однос на површината на плодовите, најголема фреквенција имаа мазни плодови (8 примерока), полунабрани (6 примерока) и везени (7 примерока).

Должината на плодните дршки е својство од интерес за оваа група, со оглед на тоа дека нижењето се одвива во основата. Ben-Chaim & Pagan (2000) утврдиле дека генетската варијанса е адитивна, а врз фенотипската експресија влијание имаат условите на средината. Вредностите за овој кластер се движат над 3 cm, со исклучок на два примерока со должина на плодните дршки помеѓу 2,50 cm и 3 cm. Манипулацијата со плодовите за време на берба може да се процени врз основа на цврстината на дршките со стеблото, а од испитуваните примероци 13 се оценети со средна, 5 со слаба и 3 со добра цврстина. За послебербените процеси, зависно од тоа дали плодовите ќе се преработуваат без плодни дршки или ќе се сушат како цели плодови, важно е познавањето на цврстината со која плодната дршка е поврзана со плодот. За ова својство 15 примерока беа оценети со средна, а останатите 6 со добра цврстина помеѓу плодната дршка и плодот.

Карактеризацијата на локалните сорти од оваа група иако нуди иницијални информации за потенцијалот на индивидуалните примероци за различни селекциски цели, но за нивно ефикасно искористување ќе бидат потребни подлабоки и долгорочни истражувања. Сепак, потенцијалот на везените пиперки лс63 и лс68 би можел да се искористи и поскоро, доколку се изврши проценка на квалитетниот состав и стабилноста во повеќе климатски региони. Истото се однесува и за примероците лс77 и лс90.



лс77



лс90



лс65



лс68

Слика 8. Изглед на плодовите кај некои од испитуваните локални сорти од кластер III

Табела 8. Просечни вредности за квантитативните својства на испитуваните локални сорти од кластер III

Локална сорта (лс)	ДоП (cm)	ШП (cm)	И	МП (g)	ДПД (cm)	ДПе (mm)	БрК	ДВ (mm)	ДА (mm)	ДПК (mm)	ВР (cm)	ШР (cm)	ДоЛ (cm)	ШЛ (cm)	ДЛД (cm)	ДС (mm)	ДН	ДЦ	ДП
28	16,72	3,85	4,50	45,24	3,44	3,10	3	10,80	3,21	3,16	58,53	41,50	9,33	4,62	3,76	3,71	10	85	130
84	16,65	3,36	4,90	37,13	3,09	2,90	2	12,22	3,29	3,42	60,78	38,45	8,80	3,92	3,12	3,88	11	78	125
27	16,35	2,64	6,16	34,59	3,48	2,55	3	11,41	3,18	2,80	58,98	42,13	8,83	4,77	3,58	4,10	10	79	137
25	12,60	2,53	4,95	34,54	4,05	3,04	3	12,35	3,12	2,90	57,35	39,55	8,56	4,32	2,85	3,86	11	82	132
29	16,15	2,69	5,98	32,98	3,37	2,66	3	11,28	3,06	3,42	57,38	40,15	9,70	4,32	4,23	3,93	10	81	133
12	16,70	2,76	6,02	32,08	3,85	2,73	3	11,46	3,14	3,17	49,60	37,18	8,22	4,30	3,08	3,77	16	70	129
16	18,24	2,47	7,34	32,50	4,01	2,68	2	11,18	3,16	2,94	51,80	40,95	8,89	4,47	2,78	3,81	9	74	128
65	14,48	2,25	6,41	30,48	3,33	2,92	2	12,90	3,14	3,38	46,08	33,43	9,16	3,88	3,69	4,07	9	79	130
90	19,36	2,28	8,41	39,00	3,94	2,90	2	12,19	3,53	3,25	49,63	39,13	7,76	3,84	4,01	4,16	11	81	129
77	14,92	2,43	6,12	27,21	2,54	2,68	2	10,99	3,07	3,09	46,25	35,90	7,81	3,88	3,99	3,37	9	77	131
92	15,15	2,93	5,14	30,56	3,24	2,97	2	12,06	3,34	3,04	47,23	32,93	8,29	3,97	3,52	3,70	10	80	128
63	15,60	2,56	6,04	48,19	3,68	3,81	3	11,62	3,33	3,28	43,55	43,45	10,05	4,08	3,81	3,68	10	80	141
68	16,49	2,63	6,16	45,30	4,10	4,05	3	12,78	3,46	3,25	51,25	46,03	9,58	3,99	4,07	4,16	11	80	140
24	13,25	3,12	4,27	34,11	3,35	3,19	2	11,23	3,07	2,76	48,33	33,00	8,54	4,46	3,93	3,95	11	81	134
33	15,15	2,52	5,98	26,93	3,55	2,58	3	12,04	3,36	3,30	51,33	33,98	9,06	4,51	3,24	3,49	8	85	140
36	15,52	2,76	5,58	36,61	3,40	3,21	2	11,41	3,17	2,84	48,75	37,98	9,18	4,29	3,78	3,62	9	73	141
74	13,17	2,50	5,24	29,44	3,37	2,92	2	11,23	3,15	3,22	51,25	38,78	9,21	4,20	3,68	3,40	11	78	136
86	13,00	2,34	5,57	28,80	3,64	3,38	3	11,85	3,11	3,17	52,90	38,08	9,19	4,12	3,70	4,01	10	78	136
62	15,62	2,64	5,91	37,97	3,55	3,08	2	12,00	3,32	3,14	49,70	39,38	8,45	4,03	4,03	4,21	12	78	137
75	14,93	2,70	5,46	37,87	2,87	3,19	3	12,23	3,34	3,20	52,75	39,08	9,16	3,81	3,21	3,53	11	77	133
91	19,97	2,84	6,97	39,32	3,76	2,90	3	12,11	3,27	3,25	56,03	41,10	8,66	3,93	3,48	3,90	10	79	136

Легенда: ДоП – должина на плод, ШП – ширина на плод, И – индекс на плод, МП – маса на плод, ДПД – должина на плодна дршка, ДПе – дебелина на перикарп, БрК – број на комори, ДВ – должина на венче, ДА – должина на антери, ДПК – должина на прашников конец, ВР – висина на растение, ШР – ширина на растение, ДоЛ – должина на лист, ШЛ – ширина на лист, ДЛД – должина на лисна дршка, ДС – дијаметар на семе, ДН – број на денови до никнење, ДЦ – број на денови до цветање, ДП – број на денови до плодносоње

5.2.4. Кластер IV

Последниот кластер вклучува најмал број примероци, вкупно 17 од целата колекција. Тука се издвоени примероците кои според просечните вредности на ниво на кластер се наоѓаат помеѓу првиот и третиот. Во оваа група доминираат сортите со конусовидна и умерено триаголна форма од типот на бела долга и некои примероци од типот капии, но со помали плодови.

Според должината на периодот до цветање и плодносење, групираниите примероци се оценети како средно доцни до доцни, со просечни 140 дена до плодносење (физиолошки зрели плодови на првите две разгранувања) на ниво на кластер. Најдобри резултати за должината на фенофазите покажа лс19 со 78 дена до цветање и 129 дена до плодносење. Слични резултати добиле Cvikić и сор. (2011) при споредба на новосоздадената сорта „Dora“ со сортите бела долга, златен медал и рана жупска.

Растенијата од овој кластер имаат исправен хабитус, со исклучок на два примерока со средно збиен раст. Просечната висина за кластерот изнесува 55,68 cm што ги карактеризира растенијата како средно високи, а поединечните вредности варираат од 65,83 cm (лс34) до 45,05 cm (лс76). Стеблата се ретко влакнести, цилиндрични кај 9 примерока, а кај останатите 8 забележани се аглести стебла. По боја најголем дел се зелени, а кај 3 примерока се евиденирани зелени стебла со виолетови ленти. Антоцијаново обојување на нодиите отсутуваше кај 3 примерока, кај 2 се забележа светло виолетово, 8 примерока имаа виолетово и 4 примерока имаа темно виолетово обоени нодии. Според обликот, листовите беа претежно јајцевидни, освен два примерока што имаа издолжена форма. Според големината, листовите беа релативно крупни, со просечни вредности од 8,35 cm и 4,05 cm за должината и ширината соодветно. Најголем дел од примероците имаа зелени листови (12), помалку светло зелени (3) и темно зелени (2) листови.

Распоредот на цветните елементи кај примероците од оваа група е сличен со претходниот кластер. И овде се забележани примероци само со средна и висечка позиција на раст на цветовите, што условува и ист правец на раст на плодовите, иако честопати поради тежината го менуваат правецот надолу. Позицијата на толчникот во однос на прашниците укажува дека ризикот од странооплодување е понизок и кај оваа група испитувани локални сорти, поради тоа што кај 9 примерока се наоѓа под прашниците, а кај 8 е забележан на исто ниво (Табела 11).

Табела 9. Просечни вредности за 8 квантитативни својства на кластерот IV

	ШП (cm)	МП (g)	ДПе (mm)	ВР (cm)	ДоЛ (cm)	ШЛ (cm)	ДЦ	ДП
Мин.	2,26	36,27	3,15	45,05	7,08	3,43	78,00	128,50
Макс.	4,79	83,95	4,55	65,83	9,70	4,65	89,50	152,00
Просек	3,64	57,08	3,85	55,68	8,35	4,05	83,38	140,15

Легенда: ШП – ширина на плод, МП – маса на плод, ДПе – дебелина на перикарп, ВР – висина на растение, ДоЛ – должина на лист, ШЛ – ширина на лист, ДЦ – број на денови до цветање, ДП – број на денови до плодносење

Вредностите за својството должина на плодовите се движеа од 11,35 cm (лс60) до 16,90 cm (лс21), а просекот на ниво на кластер се движи околу 14 cm. Иако овие вредности може да се сметаат за добар потенцијал во селекција на ваков тип на сорти,

треба да се има предвид дека големо влијание врз експресијата имаат условите на средината, како и адитивниот генски ефект (Zhigila et al., 2014), што условува подолгорочен селекциски план. Слични резултати за должината на плодовите добиле и други истражувачи од регионот при евалуација на сорти и линии од ваков тип (Cvikić et al., 2011; Cvikić et al., 2021; Danojević et al., 2016).

Ширината на плодовите на ниво на кластер има просечна вредност од 3,64 cm, меѓутоа на поединечно ниво, најшироки плодови имаше примерокот лс98 со 4,79 cm, а најмала ширина беше евидентирана кај трите примероци везени пиперки (< 3 cm), додека сите останати имаа плодови со ширина над 3 cm. Со оглед на тоа дека за ова својство се утврдени значајни корелации со масата на плодот и приносот по растение (Madosa et al., 2010; Santosh, 2013), а наследувањето е главно генетски регулирано, може да се разгледува потенцијалот на оваа група за подобрување на приносните компоненти низ селекцијата. Особено поради тоа што испитуваните примероци може да се споредуваат со веќе широко познати сорти анализирани од Cvikić и sor. (2011).

Формирањето на плодовите и останатите приносни компоненти се под силно влијание на условите на средината, како и начинот на производство со примена на различни агротехнички мерки. Таков е примерот со приспособувањето на густината на садење, при што е утврдено дека зголемувањето на бројот на растенија на единица површина влијаело позитивно врз сите компоненти на приносот, освен врз дебелината на перикарпот (Islam et al., 2011). Просечната вредност за дебелината на перикарпот, на ниво на кластер, изнесува 3,85 mm, а највисоки вредности имаа локалните сорти лс98 (4,55 mm) и лс18 (4,41 mm). Плодовите со подебел перикарп се поотпорни на механички оштетувања во постбербениот период, што е важно за складирање и трговија (Danojević et al., 2016).

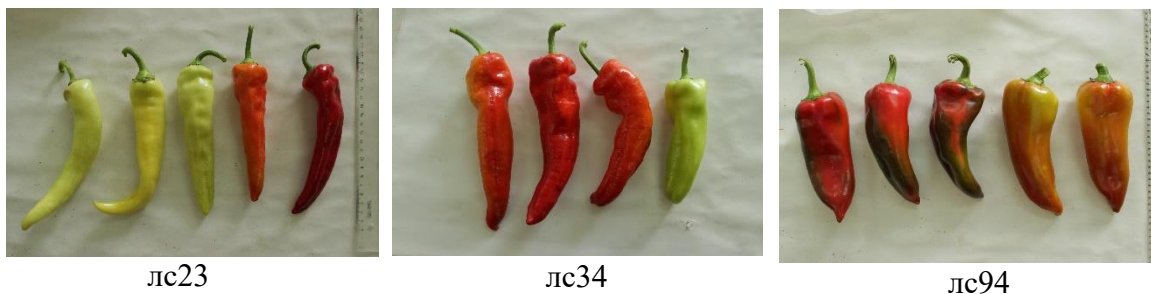


Слика 9. Разлики во дебелината на перикарпот помеѓу испитуваните примероци од кластер IV

Според масата, примероците од овој кластер имаат крупни плодови со просечна вредност од 57,08 g. Првите три примерока имаат најниски вредности во рамки на примероците од оваа група и тие се везени локални сорти, а се класифицирани тука врз основа на висината на растенијата. Највисоки вредности за масата на плодовите беа евидентирани кај лс18 (83,95 g), лс21 (71,80 g) и лс39 (71,15 g). Добиените вредности покажуваат дека се конзервирани одлични потенцијали во однос на ова својство. Иако се пониски од резултатите на Cvikić и sor. (2011; 2021), во споредба со резултатите на Bogevska и sor. (2012) може да се оценат позитивно.

Навремената берба, зависно од степенот на зрелост и бојата на плодовите, е еден од условите за обезбедување подолг период на чување и складирање. Плодовите на пиперката по берба не дозреваат, како што е тоа случај со домотот, а тоа значи дека не се јавуваат значителни промени во бојата. Должината на периодот на складирање, зависи

од начинот на кој плодовите ја губат водата, а тоа е условено од повеќе аспекти како големина на плодовите, големина на плодната дршка, површината на плодот и степенот на зрелост (Díaz-Pérez et al., 2007). Во истражувањето за должината на периодот на складирање на примероците од *C. chinense*, Elibox и сор. (2017) утврдиле дека плодовите со зелена боја во физиолошка зрелост имале најмала загуба на вода и најдолг период на чување, при што сметаат дека се должи на зголеменото присуство на хлорофил, како основа за фотосинтетска активност и содржината на јаглехидратите со кои се задржува цврстината во постбербениот период. Примероците од овој кластер се користат и во технолошка и во физиолошка зрелост на плодовите. Во зависност од намената, за зелена консумација плодовите имаат зелена, бело зелена или жолто зелена боја. Со почетокот на процесот на зреење кај најголем дел од примероците бојата преминуваше во портокалова (14), а кај помалку во зелена (3). Во однос на бојата на физиолошки зрели плодови, најголем дел од примероците имаа црвена (13), додека по два примерока имаа светло црвени и темно црвени плодови.



Слика 10. Боја и форма на плод кај дел од испитуваните примероци од кластер IV

Во однос на формата на плодовите, според дескрипторот на UPOV (2020) примероците се класифицирани како: умерено триаголни (11), тесно триаголни (4), трапезоидни (1) и роговидни (1). Во однос на формата на основата на плодот 11 примерока имаа скратена, 5 тапа и 1 примерок со срцевидна основа на плодот. Треба да се забележи дека најголем дел од примероците имаа добра конусовидна форма, без закривувања што е прикажано и преку степенот на закривеност на плодовите на пресек (13 примерока со слаба закривеност, 4 со средна закривеност). Површината на плодовите е мазна кај сите примероци, со исклучок на три везени. За цврстината на плодовите со плодната дршка примероците беа оценети со средна (10), добра (6) и слаба (1) цврстина, додека за степенот на цврстина на плодот со стеблото: 11 средна, 5 слаба и 1 добра.

Табела 10. Просечни вредности за квантитативните својства на испитуваните локални сорти од кластер IV

Локална сорта (лс)	ДоП (cm)	ШП (cm)	И	МП (g)	ДПД (cm)	ДПе (mm)	БрК	ДВ (mm)	ДА (mm)	ДПК (mm)	ВР (cm)	ШР (cm)	ДоЛ (cm)	ШЛ (cm)	ДЛД (cm)	ДС (mm)	ДН	ДЦ	ДП
67	13,89	2,56	5,39	37,55	3,41	3,15	3	11,25	3,44	2,81	62,15	40,85	8,17	3,89	3,61	3,85	9	84	144
50	16,68	2,55	6,52	46,25	4,01	3,68	3	11,22	3,13	2,76	55,35	39,15	9,22	3,43	3,49	3,98	8	86	142
70	15,05	2,26	6,63	36,27	3,93	3,34	3	11,38	3,30	2,82	53,48	39,78	8,30	3,56	3,62	3,72	9	84	141
76	15,58	3,18	4,90	51,43	3,90	3,48	3	12,45	3,32	3,36	45,05	37,38	9,70	4,63	3,60	3,79	8	87	146
23	14,86	3,02	4,92	50,57	3,73	3,27	2	10,78	2,88	2,74	57,38	37,80	8,98	4,58	3,64	3,96	10	85	147
49	12,73	3,30	3,93	51,99	3,87	3,82	2	2,20	3,37	3,10	55,43	39,13	8,12	4,04	3,88	4,17	13	85	152
56	15,37	4,08	3,76	63,11	3,50	3,84	2	12,25	2,97	3,37	58,35	41,93	8,12	3,84	3,48	3,90	11	90	146
34	16,12	3,83	4,19	66,92	4,01	4,09	3	12,01	3,35	3,09	65,83	43,45	8,20	4,12	3,19	3,54	10	86	139
98	13,98	4,79	2,90	66,37	3,58	4,55	3	12,06	3,27	3,35	62,80	38,58	8,56	3,93	3,25	4,10	11	84	144
19	13,50	3,93	3,43	59,20	3,86	4,04	3	10,94	2,99	3,02	54,75	38,53	8,27	4,34	2,96	3,75	11	78	129
18	15,82	4,39	3,59	83,95	4,04	4,41	2	12,20	3,16	3,09	54,55	39,55	8,29	4,14	3,54	4,05	10	85	130
21	16,90	4,17	4,04	71,80	3,94	3,98	3	10,43	3,13	3,05	53,70	33,55	8,53	4,65	3,91	3,83	12	83	130
40	13,63	3,81	3,57	61,32	3,40	4,04	3	11,84	3,22	2,84	55,93	35,33	8,45	4,16	3,12	3,78	11	83	140
22	12,97	3,42	3,79	44,93	3,30	3,72	3	11,94	3,04	3,20	51,90	35,70	8,11	4,20	3,62	3,68	11	80	138
94	12,82	3,79	3,48	52,33	3,27	3,71	2	11,30	3,25	3,28	55,43	37,98	8,35	4,11	3,34	3,87	11	80	140
39	13,52	4,57	2,95	71,15	3,22	4,18	3	11,15	3,39	2,96	52,40	37,45	7,08	3,48	2,67	3,75	11	80	140
60	11,35	4,26	2,69	55,22	3,29	4,18	2	11,27	2,99	2,95	55,98	36,93	7,43	3,74	3,08	3,59	12	83	139

Легенда: ДоП – должина на плод, ШП – ширина на плод, И – индекс на плод, МП – маса на плод, ДПД – должина на плодна дршка, ДПе – дебелина на перикарп, БрК – број на комори, ДВ – должина на венче, ДА – должина на антери, ДПК – должина на прашников конец, ВР – висина на растение, ШР – ширина на растение, ДоЛ – должина на лист, ШЛ – ширина на лист, ДЛД – должина на лисна дршка, ДС – дијаметар на семе, ДН – број на денови до никнење, ДЦ – број на денови до цветање, ДП – број на денови до плодоносење

Табела 11. Дистрибуција на фреквенции за квалитативните својства кај испитуваните локални сорти по кластери и на ниво на цела колекција*

Бр.	Квалитативни својства	Дистрибуција на фреквенции				Застапеност во рамки на колекцијата
		Кластер I	Кластер II	Кластер III	Кластер IV	%
1.	Боја на плодови при премин од технолошка во физиолошка зрелост <i>Бела</i> <i>Жолта</i> <i>Зелена</i> <i>Портокалова</i> <i>Виолетова</i> <i>Темно виолетова</i>					
			1			1
		12	9	6	3	29,7
		8	33	15	14	69,3
2.	Боја на плодови во физиолошка зрелост <i>Бела</i> <i>Лимон жолта</i> <i>Бледа</i> <i>портокаловожолта</i> <i>Протокаловожолта</i> <i>Бледо портокалова</i> <i>Портокалова</i> <i>Светло црвена</i> <i>Црвена</i> <i>Темно црвена</i> <i>Виолетова</i> <i>Кафена</i> <i>Црна</i>					
			1	1		2
			4		2	5,9
		9	25	12	13	58,4
		11	13	8	2	33,7
3.	Облик на плод (IPGRI) <i>Издолжен</i> <i>Тркалезен</i> <i>Триаголен</i> <i>Своначест</i> <i>Коцкест</i>					
		1	42	20	9	71,3
			1			1
		19		1	8	27,7
4.	Облик на плод (UPOV) <i>Сферичен</i> <i>Тркалезен</i> <i>Срцевиден</i> <i>Коцкест</i> <i>Правоаголен</i> <i>Трапезоиден</i> <i>Умерено триаголен</i> <i>Тесно триаголен</i> <i>Роговиден</i>					
		2	1			1
						2
		5		2	1	7,9
		12	2	1	11	25,7
			24	11	4	38,6
		1	16	7	1	24,8
5.	Формирање плодови пред берба <i>Слабо</i> <i>Средно</i> <i>Големо</i>					
		4			2	5,9
		11	15	9	11	45,6
		5	28	12	4	48,5
6.	Форма на основата на плодот каде што е споен со дршката <i>Остра</i> <i>Тапа</i> <i>Скратена</i> <i>Срцевидна</i>					
			22	13	5	39,6
		6	21	8	11	45,6
		12			1	12,8

Бр.	Квалитативни својства	Дистрибуција на фреквенции				Застапеност во рамки на колекцијата
		Кластер I	Кластер II	Кластер III	Кластер IV	%
	<i>Вдлабната</i>	2				2
7.	Облик на врв на плод					
	<i>Остар</i>		28	14	4	45,6
	<i>Испакнат</i>	14	14	7	13	47,5
	<i>Вовлечен</i>	1	1			2
	<i>Вовлечен со испакнат врв</i>	5				4,9
8.	Закривеност на плодот на пресек					
	<i>Слаба</i>	10	24	7	13	53,5
	<i>Средна</i>	10	18	11	4	42,6
	<i>Многу закривена</i>		1	3		3,9
9.	Површина на плод					
	<i>Мазна</i>	20	19	8	14	60,4
	<i>Полунабрана</i>		16	6	1	22,8
	<i>Набрана</i>		2			2
	<i>Везена</i>		6	7		12,8
10.	Цврстина на дршка со плод					
	<i>Слаба</i>		9		1	9,9
	<i>Средна</i>	10	22	15	10	56,4
	<i>Добра</i>	10	12	6	6	33,7
11.	Цврстина на плод со стебло					
	<i>Слаба</i>	2	15	5	5	26,7
	<i>Средна</i>	18	26	13	11	67,3
	<i>Добра</i>		2	3	1	6
12.	Должина на плацента (во однос на должината на плодот)					
	<i><1/4</i>	9	2	2		12,8
	<i>1/4 до 1/2</i>	11	35	19	17	81,2
	<i>>1/2</i>		6			6
13.	Состојба (степен) на сортна мешавина (присуство на други генотипови)					
	<i>Незначителни примеси</i>	12	27	10	9	57,4
	<i>Умерени примеси</i>	8	14	10	8	39,6
	<i>Високи примеси</i>		2	1		3
14.	Позиција на раст на цветови					
	<i>Висечка</i>	11	15	9	7	41,6
	<i>Средна</i>	9	26	12	10	56,4
	<i>Исправена</i>		2			2
15.	Позиција на толчник (во однос на прашниковите кеси)					
	<i>Под</i>	6	18	9	9	41,6
	<i>На исто ниво</i>	10	21	12	8	50,5
	<i>Над</i>	4	4			7,9
16.	Пигментација на чашка					
	<i>Отсутна</i>	20	36	20	16	91,1
	<i>Присутна</i>		7	1	1	8,9
17.	Раб на чашка					

Бр.	Квалитативни својства	Дистрибуција на фреквенции				Застапеност во рамки на колекцијата
		Кластер I	Кластер II	Кластер III	Кластер IV	%
	<i>Целосен</i>	6	8	4	2	19,8
	<i>Умерено назабен</i>	14	35	17	15	80,2
18.	Боја на листови					
	<i>Жолта</i>	1		4	3	7,9
	<i>Светло зелена</i>	13	32	14	12	70,3
	<i>Зелена</i>	6	11	3	2	21,8
	<i>Темно зелена</i>					
	<i>Светло виолетова</i>					
	<i>Виолетова</i>					
	<i>Шарена</i>					
19.	Облик на листови					
	<i>Делтоиден</i>	3	2			5
	<i>Јајцевиден</i>	17	29	16	15	76,2
	<i>Издолжен</i>		12	5	2	18,8
20.	Раб на лиската					
	<i>Целосен</i>	20	39	20	15	93,1
	<i>Закривен</i>		4	1	2	6,9
	<i>Назабен</i>					
21.	Боја на стебло					
	<i>Зелено</i>	10	31	16	14	70,3
	<i>Зелено со виолетови ленти</i>	10	10	5	3	27,7
	<i>Виолетово</i>		2			2
22.	Антоцијан на нодии					
	<i>Зелени</i>		1		3	3,9
	<i>Светло виолетови</i>	2	6	3	2	12,9
	<i>Виолетови</i>	10	18	7	8	42,6
	<i>Темно виолетови</i>	8	18	11	4	40,6
23.	Облик на стебло					
	<i>Цилиндрично</i>	4	26	10	9	48,5
	<i>Аглесто</i>	16	17	11	8	52,5
	<i>Сплеснато</i>					
24.	Влакнавоост на стебло					
	<i>Ретка</i>	18	35	17	15	84,2
	<i>Средна</i>	2	8	4	2	15,2
	<i>Густа</i>					
25.	Тип на раст					
	<i>Полегнат</i>		2			2
	<i>Средно збиен (компактно)</i>	11	36	9	2	57,4
	<i>Исправен</i>	9	5	12	15	40,6

*Во табелата не се презентирани сите 32 анализирани својства поради тоа што сите испитувани примероци припаѓаат на видот *C. annuum*, односно дел од карактеристиките на растенијата се одлика на сите припадници на овој вид и не влијаеја врз дивергентноста на анализираната колекција.

6. ЗАКЛУЧОК

Врз основа на извршената фенотипска карактеризација на колекцијата од 101 локална сорта од видот *Capsicum annuum* L. од Република Северна Македонија, може да се изведат следниве заклучоци:

Сите анализирани локални сорти се разликуваат во однос на квалитативните и квантитативните својства, а со тоа се отфрла нулта хипотезата во истражувањето. Од добиените резултати може да се заклучи дека не се евидентирани дупликации во рамки на колекцијата.

Врз основа на анализираниите 52 својства на растенијата, утврдена е голема дивергентност помеѓу испитуваните локални сорти пиперки. Според РС-анализата, најголем удел во варијабилноста на испитуваната колекција имаат својствата на плодовите (маса, ширина и дебелина на перикарп), должината на фенофазите (денови до цветање и плодоносење), својствата на листовите (должина и ширина) и висината на растенијата, за кои е утврдена највисока позитивна корелација со првата главна компонента.

Примероците се класифицирани во 4 кластера со слични биолошки и агрономски особини, оформени со примена на кластер анализа преку пресметка на еуклидска дистанца и агломеративно хиерархиско групирање според Вард методот.

Во првиот кластер групирани се 20 сорти од типот капи кои имаа највисоки вредности за испитуваните квантитативни својства. Идентификувани се повеќе примероци со висок потенцијал за вклучување во идни селекциски програми, особено за својствата висина на растенијата, ширина на плод и дебелина на перикарп. Од оваа група, за примероците лс66, лс43 и лс80 може да се препорача и директно вклучување во земјоделското производство со претходна краткотрајна евалуација на стабилноста во различни климатски региони, со оглед на тоа дека покажаа високи вредности за повеќе својства поврзани со приносот.

Вториот кластер е најброен и спротивно на првиот, вклучува 43 примерока со најниски вредности за квантитативните својства врз основа на кои е извршено групирањето. Тука се издвоени локални сорти кои главно се употребуваат во зелена (технолошка зрелост) од типот на каварчик, сиврија итн. Примероците од оваа група имаат потенцијал за селекција на раностасност (пократок број на денови до цветање и плодоносење) и должина на плодовите. Во однос на бојата на плодовите, примероците се најдивергентни во споредба со останатите кластери, како во фазата пред зреење, така и во фазата на физиолошка зрелост.

Во третиот кластер се групирани 19 локални сорти со слична морфологија како во вториот кластер од типот козји рог, како и примероци за сушење/нижење и везени. Според анализираниите податоци, перспективни сорти од оваа група се лс77 и лс90 од примероците за сушење/нижење, додека од везените пиперки лс63 и лс68 се оценети со висок потенцијал за вклучување во поширокото производство. За овој кластер главна препорака е да се продлабочат истражувањата со анализа на квалитативниот состав на плодовите, со оглед на тоа што имаат перспектива за создавање на традиционални производи со додадена вредност.

Четвртиот кластер ги вклучува преостанатите 17 локални сорти, кои имаат крупни плодови со умерено триаголен облик и припаѓаат на сортите од типот бела долга и капија. Се консумираат и во свежа и во преработена состојба, а според масата на

плодовите за идна селекција може да се искористат лс18, лс21 и лс39, додека за ширина на плодовите и дебелина на перикарпот со висок потенцијал се оценети лс98 и лс18.

Резултатите од истражувањето покажуваат дека во испитуваната колекција постои висок степен на разновидност во однос на анализираните својства. Овој труд претставува иницијална активност за соодветно управување со конзервираниот генофонд од пиперка на национално ниво. Добиени се корисни сознанија на потенцијалот на локалните сорти, кои би можеле да се искористат за идна селекција на нови сорти. Од друга страна, откриени се примероци со високи позитивни својства поврзани со приносот, кои би можеле релативно брзо да се направат достапни за производителите на пиперка во Македонија.

7. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

- Afshin, A., Sur, P. J., Fay, K. A., Cornaby, L., Ferrara, G., Salama, J. S., Mullany, E. C., Abate, K. H., Abbafati, C., Abebe, Z., Afarideh, M., Aggarwal, A., Agrawal, S., Akinyemiju, T., Alahdab, F., Bacha, U., Bachman, V. F., Badali, H., Badawi, A., ... Murray, C. J. L. (2019). Health Effects of Dietary Risks in 195 Countries, 1990–2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 393(10184), 1958–1972. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30041-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30041-8)
- Agyare, R., Akromah, R., & Abdulai, M. (2016). Assessment of Genetic Diversity in Pepper (*Capsicum* sp.) Landraces from Ghana Using Agro-Morphological Characters. *American Journal of Experimental Agriculture*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.9734/ajea/2016/25186>
- Aladzajkov, L., Simovski, K., Popov, S., Simonov, D., Medarski, K., Dijamandi, K., Chirkova, M., Kolekjeski, P., Demirovska, V., Jankulovski, D., Jovevski, Z., & Jovanchev, P. (1974). *Collection and Study of Vegetables and Small Fruits from Throughout Macedonia*. Institute of Agriculture, Skopje.
- Albrecht, E., Zhang, D., Deslattes Mays, A., Saftner, R. A., & Stommel, J. R. (2012). Genetic Diversity in *Capsicum baccatum* is Significantly Influenced by Its Ecogeographical Distribution. *BMC Genetics* 13, 68 <http://www.biomedcentral.com/1471-2156/13/68>
- Alercia, A., Diulgheroff, S., & Mackay, M. (2012). *FAO/Bioversity Multi-Crop. Passport Descriptors, V.2.1 (MCPD V.2.1)*. <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49alpha.htm>.
- Alercia, A., Diulgheroff, S., & Metz, T. (2001). *FAO/IPGRI Multi-Crop. Passport Descriptors (MCPD)*.
- Ali, K., Elibox, W., Umaharan, P., & Brathwaite, R. (2020). Evaluation of Yield and Other Agronomic Traits in Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) Under Greenhouse Conditions in the Humid Tropics. *Tropical Agriculture*, 98(4), 337–346. <https://doi.org/10.37234/ta/0000960102>
- Andrade, N. J. P., Monteros-Altamirano, A., Bastidas, C. G. T., & Sørensen, M. (2020). Morphological, Sensorial and Chemical Characterization of Chilli Peppers (*Capsicum* spp.) from the CATIE Genebank. *Agronomy*, 10(11), 1732. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111732>
- Araceli, A. M., Morrell, P. L., Roose, M. L., & Kim, S. C. (2009). Genetic Diversity and Structure in Semiwild and Domesticated Chiles (*Capsicum annuum*; Solanaceae) from Mexico. *American Journal of Botany*, 96(6), 1190–1202. <https://doi.org/10.3732/ajb.0800155>
- Ballina-Gómez, H., Latournerie-Moreno, L., Ruiz-Sánchez, E., Pérez-Gutiérrez, A., & Rosado-Lugo, G. (2013). Morphological Characterization of *Capsicum annuum* L. Accessions from Southern Mexico and Their Response to the Bemisia tabaci - Begomovirus complex. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(4), 329–338. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000400001>
- Barboza, G. E., García, C. C., de Bem Bianchetti, L., Romero, M. V., & Scaldaferrro, M. (2022). Monograph of Wild and Cultivated Chili Peppers (*Capsicum* L., Solanaceae). *PhytoKeys*, 200, 1–423. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.200.71667>

- Barcanu Tudor, E., Vînațoru, C., Mușat, B., Bratu, C., Dobre, O. L., & Drăghici, E. M. (2019). Expressiveness of the Main Characteristics in “Decebal”, a Long Pepper Variety. *Series B, Horticulture, LXIII* (1), 407–410.
- Barchenger DW, & Khoury CK. (2022). *Global Strategy for the Conservation and Use of Capsicum Genetic Resources. The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. 74702 Bonn, Germany: Global Crop Diversity Trust <https://doi.org/10.22001/wvc.74702>
- Barchi, L., Lefebvre, V., Sage-Palloix, A. M., Lanteri, S., & Palloix, A. (2009). QTL Analysis of Plant Development and Fruit Traits in Pepper and Performance of Selective Phenotyping. *Theoretical and Applied Genetics*, 118(6), 1157–1171. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-0970-0>
- Barroso, P. A., Dos, A. M., Medeiros, G. D. A., Da Silva Neto, J. J., Rêgo, E. R., & Rêgo, M. M. (2015). Genetic Control of Seed Germination and Physiological Quality in Ornamental Pepper. *Acta Horticulturae*, 1087, 409–413. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1087.55>
- Bedjaoui, H., Boulelouah, N., Mehaoua, M. S., Baississe, S., Badache, S., Boutiba, S., & Reguieg, L. (2022). Exploring Agro-Morphological Diversity of Algerian Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.) Accessions Using Multivariate Statistics. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 34(10), 836–849. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2022.v34.i10.2939>
- Ben-Chaim, A., & Paran, I. (2000). Genetic Analysis of Quantitative Traits in Pepper (*Capsicum annuum*). In *J. Amer. Soc. Hort. Sci* (Vol. 125, Issue 1).
- Bhandari HR, Bhanu Nishant A, Srivastava K, Singh MN, & Shreya A Hemantaranjan. (2017). Assessment of Genetic Diversity in Crop Plants - An Overview. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 7(3):279-286. <https://doi.org/10.15406/apar.2017.07.00255>
- Bharath, S. M., Cilas, C., & Umaharan, P. (2014). Plant and Fruit Trait Variations Among Four Capsicum species in a Caribbean Germplasm Collection. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 12(1), 48–57. <https://doi.org/10.1017/S1479262113000245>
- Bhardwaj, N., Parashar, B., Kumar, A., Deepankar, & Jaslam, P. K. M. (2022). Principal Component Analysis for the Assessment of Genetic Diversity. *AIP Conference Proceedings*, 2357, 080004. <https://doi.org/10.1063/5.0080566>
- Bianchi, P. A., da Silva, L. R. A., da Silva Alencar, A. A., Araújo Diniz Santos, P. H., Pimenta, S., Sudré, C. P., Corte, L. E. D., Azeredo Gonçalves, L. S., & Rodrigues, R. (2020). Biomorphological Characterization of Brazilian *Capsicum chinense* Jacq. Germplasm. *Agronomy*, 10(3), 447. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030447>
- Bianchi, P. A., Dutra, I. P., Moulin, M. M., Santos, J. O., & Santos Júnior, A. C. (2016). Morphological characterization and Analysis of Genetic Variability Among Pepper Accessions. *Ciencia Rural*, 46(7), 1151–1157. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150825>
- Bissoli, G., Bono, M., Martínez-Almonacid, I., Moreno-Peris, E., Renard, J., Espinosa, A., Naranjo, M. Á., Yenush, L., Fita, A., Serrano, R., Rodríguez-Burruezo, A., & Bueso, E. (2022). Seed Coat Lignification Level is Crucial in Capsicum spp. Seed Longevity. *Physiologia Plantarum*, 174(1), e13600. <https://doi.org/10.1111/ppl.13600>
- Bogevska, Z., Agic, R., Ristovska, B., Ibushoska, A., Davitkovska, M., & Iljovski, I. (2012). Agronomic Traits of Some Newly Pepper Varieties and Hybrids in Republic of Macedonia. *Proceedings of the International Symposium for Agriculture and Food*, 491–502.

- Bogevska, Z., Popsimonova, G., Agic, R., & Davitkovska, M. (2017). Comparative Trials on Kapija Type Pepper Cultivars. *3rd International Symposium for Agriculture and Food – ISAF*, 15–22.
- Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). *Peppers Vegetable and Spice Capsicums* (2nd Edition). CABI International.
- Bozokalfa, M. K., & Eşiyok, D. (2011). Evaluation of Morphological and Agronomical Characterization of Turkish Pepper Accessions. *International Journal of Vegetable Science*, 17(2), 115–135. <https://doi.org/10.1080/19315260.2010.516329>
- Braga Oliveira Vilarinho, L., Jose Henriques da Silva, D., Greene, A., Denée Salazar, K., Alves, C., Eveleth, M., Nichols, B., Kalil Khoury Jr, J., Johnson, J. V., Sargent, S. A., & Rathinasabapathi, B. (2015). Inheritance of Fruit Traits in *Capsicum annuum*: Heirloom Cultivars as Sources of Quality Parameters Relating to Pericarp Shape, Color, Thickness, and Total Soluble Solids. In *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 140(6), 597–604.
- Bridgemohan, P., Mohammed, M., Bridgemohan, R. S. H., & Mohammed, Z. (2018). Hot Peppers: VII. Pre-processing operations on Quality and Color Stability in Caribbean Red Hot Peppers (*Capsicum chinensis* Jacq.) AQ2 AQ3. *Clinical Journal of Nutrition and Dietetics*, 1(2), 1–12.
- Brilhante, B. D. G., Santos, T. de O., Santos, P. H. A. D., Kamphorst, S. H., Neto, J. D. S., Rangel, L. H., Valadares, F. V., de Almeida, R. N., Rodrigues, R., Santos Júnior, A. C., & Moulin, M. M. (2021). Phenotypic and Molecular Characterization of Brazilian Capsicum Germplasm. *Agronomy*, 11(5), 854. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050854>
- Brink, M., & van Hintum, T. (2020). Genebank Operation in the Arena of Access and Benefit-Sharing Policies. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01712>
- Brown, A. H. D. (1989). The Case for Core Collections. In A. H. D. Brown, O. H. Frankel, D. R. Marshall, & J. T. Williams (Eds.), *The use of plant genetic resources* (pp. 136–156). Cambridge Univ. Press.
- Byrne, P. F., Volk, G. M., Gardner, C., Gore, M. A., Simon, P. W., & Smith, S. (2018). Sustaining the Future of Plant Breeding: The Critical Role of the USDA-ARS National Plant Germplasm System. In *Crop Science* 58(2), 451–468. Crop Science Society of America. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.05.0303>
- Campos-Hernández, N., Jaramillo-Flores, M. E., Téllez-Medina, D. I., & Alamilla-Beltrán, L. (2018). Effect of Traditional Dehydration Processing of Pepper Jalapeno rayado (*Capsicum annuum*) on Secondary Metabolites with Antioxidant Activity. *CYTA - Journal of Food*, 16(1), 316–324. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1406407>
- Carvalho, S. I. C., Ragassi, C. F., Faleiro, F. G., Buso, G. S. C., Bianchetti, L. B., Lima, M. F., Reifschneider, F. J. B., & Ribeiro, C. S. C. (2020). Establishment of *Capsicum frutescens* Core Collections Based on Morphological and Molecular Descriptors and on Virus Incidence. *Genetics and Molecular Research*, 19(1): GMR18503. <https://doi.org/10.4238/gmr18503>
- Casañas, F., Simó, J., Casals, J., & Prohens, J. (2017). Toward an Evolved Concept of Landrace. *Frontiers in Plant Science*. 8, 1664–462X. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00145>
- Castañeda-Álvarez, N. P., Khoury, C. K., Achicanoy, H. A., Bernau, V., Dempewolf, H., Eastwood, R. J., Guarino, L., Harker, R. H., Jarvis, A., Maxted, N., Müller, J. v., Ramirez-Villegas, J., Sosa, C. C., Struik, P. C., Vincent, H., & Toll, J. (2016). Global Conservation Priorities for Crop Wild Relatives. *Nature Plants*, 2(4), 16022. <https://doi.org/10.1038/NPLANTS.2016.22>

- Cebolla-Cornejo, J., Soler, S., & Nuez, F. (2007). Genetic Erosion of Traditional Varieties of Vegetable Crops in Europe: Tomato Cultivation in Valencia (Spain) as a Case Study. *International Journal of Plant Production*, 1(2). www.ijpp.info
- Ceccarelli, S., & Grando, S. (2019). Participatory Plant Breeding: Who Did It, Who Does It and Where? In *Experimental Agriculture*. 56(1),1-11. <https://doi.org/10.1017/S0014479719000127>
- Ceccarelli, S., & Grando, S. (2022). Return to Agrobiodiversity: Participatory Plant Breeding. *Diversity*, 14(2),126 <https://doi.org/10.3390/d14020126>
- Cheng, J., Qin, C., Tang, X., Zhou, H., Hu, Y., Zhao, Z., Cui, J., Li, B., Wu, Z., Yu, J., & Hu, K. (2016). Development of a SNP Array and Its Application to Genetic Mapping and Diversity Assessment in Pepper (*Capsicum* spp.). *Scientific Reports*. 6, 33293 <https://doi.org/10.1038/srep33293>
- Chhapekar, S. S., Brahma, V., Rawoof, A., Kumar, N., Gaur, R., Jaiswal, V., Kumar, A., Yadava, S. K., Kumar, R., Sharma, V., Babu, S. S., & Ramchiary, N. (2020). Transcriptome Profiling, Simple Sequence Repeat Markers Development and Genetic Diversity Analysis of Potential Industrial Crops *Capsicum chinense* and *C. frutescens* of Northeast India. *Industrial Crops and Products*. 154, 112687 <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112687>
- Christov, N. K., Tsonev, S., Todorova, V., & Todorovska, E. G. (2021). Genetic Diversity and Population Structure Analysis—a Prerequisite for Constructing a Mini Core Collection of Balkan *Capsicum annuum* Germplasm. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 35(1),1010–1023. <https://doi.org/10.1080/13102818.2021.1946428>
- Chunthawodtiporn, J., Hill, T., Stoffel, K., & Van Deynze, A. (2018). Quantitative Trait Loci Controlling Fruit Size and Other Horticultural Traits in Bell Pepper (*Capsicum annuum*). *The Plant Genome*, 11(1),160125. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2016.12.0125>
- Clegg Biometrics, M. T. (1990). *Plant Population Genetics, Breeding, and Genetic Resources Related papers*.
- Colley, M. R., Dawson, J. C., McCluskey, C., Myers, J. R., Tracy, W. F., & Lammerts Van Bueren, E. T. (2021). Exploring the Emergence of Participatory Plant Breeding in Countries of the Global North - A review. In *Journal of Agricultural Science* 159,(5–6), 320–338. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0021859621000782>
- Cvikic, D., Adzic, S., Girek, Z., Ugrinovic, M., Devisevic, M., & Zivkovic, I. (2022). Morphological Characteristics of Perspective Lines of Pepper of the Institute for Vegetable crops. *Biotehnologija i Savremeni Pristup Gajenju i Oplemenjivanju Bilja*, 65–72.
- Cvikic, D., Muhovic, A., Pavlovic, N., Djordjevic, R., Adzic, S., Pavlovic, S., & Girek, Z. (2021). LPK-10 - New Pepper (*Capsicum annuum* L.) Variety of the Institute for Vegetable crops. *Biotehnologija i Savremeni Pristup u Gajenju i Oplemenivanju Bilja*, 93–98
- Cvikić, D., Pavlović, N., Zdravković, M., Zdravković, J., Adžić, S., & Pavlović, R. (2011). A Contemporary Approach to Breeding Elongated Pepper (*Capsicum annuum* L.) Varieties 1. *Acta Agriculturae Serbica*, XVI, 91–95.
- Danojević, D., & Medić-Pap, S. (2018). Different Multivariate Analysis for Fruit Traits in Sweet Pepper Breeding. *Genetika*, 50(1),121–129. <https://doi.org/10.2298/GENSR1801121D>
- Danojevic, D., Medic-Pap, S., & Cervenski, J. (2017). NS Pepper Varieties in a Multivariate Fruit Analysis. *Proceedings of the VIII International Agricultural Symposium “Agrosym 2017”* 495–500.

- Danojevic, D., Medic-Pap, S., & Cervenski, J. (2018). Selection and Heritability of F2 Sweet Pepper Offspring from the Cross Amfora x Piquillo de Lodosa. *Ratar.Povrt.*, 55(2),80–86.
- Danojevic, D., Medic-Pap, S., Savic, A., & Cervenski, J. (2016). Fruit Traits of Pepper Genotypes Originating from Open Pollination. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 53(2),69–73. <https://doi.org/10.5937/ratpov53-9761>
- Dantas, A. P., Quemel, F. da S., Romero, J. S., Santos, J. O., & Lopes, A. D. (2022). Genetic Diversity Among Pepper (*Capsicum* spp.) Accessions Estimated by Microsatellite Markers. *Genetics and Molecular Research*, 21(1), gmr18953. <https://doi.org/10.4238/gmr18953>
- de Almeida, B. M., Feitoza, L. de L., Lopes, Â. C. de A., Gomes, R. L. F., Almeida, R. da C., Martins, L. D. V., & da Silva, V. B. (2023). Morphological Diversity Among Brazilian *Capsicum* peppers. *Ciencia Rural*, 53(1). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210559>
- Deka, S. D. (2017). Taxonomic Diversity of Cultivated *Capsicum* Genotypes of India. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 8(2),660–667. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2017.00100.4>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K. A., Butchart, S. H. M., Chan, K. M. A., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., ... Zayas, C. N. (2019). Review Summary Pervasive Human-driven Decline of Life on Earth Points to the Need for Transformative Change. *Science*. 366(6471): eaax3100. doi: 10.1126/science.aax3100
- Díaz-Pérez, J. C., Muy-Rangel, M. D., & Mascorro, A. G. (2007). Fruit Size and Stage of Ripeness Affect Postharvest Water Loss in Bell Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(1),68–73. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2672>
- Díez, M. J., de la Rosa, L., Martín, I., Guasch, L., Cartea, M. E., Mallor, C., Casals, J., Simó, J., Rivera, A., Anastasio, G., Prohens, J., Soler, S., Blanca, J., Valcárcel, J. V., & Casañas, F. (2018). Plant Genebanks: Present Situation and Proposals for Their Improvement. The Case of the Spanish Network. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01794>
- do Rego, R. E., Do Rêgo, M. M., Cruz, D. C., Cecon, R. P., Amaral, S. S. L. D., & Finger, L. F. (2003). Genetic Diversity Analysis of Peppers: A Comparison of Discarding Variable Methods. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 3(1),19–26.
- Dorêgo, E. R., & Dorêgo, M. M. (2016). Genetics and Breeding of Chili Pepper *Capsicum* spp. In *Production and Breeding of Chilli Peppers (Capsicum Spp.)* (pp. 57–80). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06532-8_4
- Dwivedi, S., Goldman, I., & Ortiz, R. (2019). Pursuing the Potential of Heirloom Cultivars to Improve Adaptation, Nutritional, and Culinary Features of Food Crops. In *Agronomy*, 9(8),441. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy9080441>
- E Silva, M. R., & Silva, R. N. O. (2021). Morpho-agronomic Characterization and Genetic Diversity in Peppers (*Capsicum* spp.). *Revista Caatinga*, 34(3),505–513. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n302rc>
- Elia, A., & Santamaria, P. (2013). Biodiversity in Vegetable Crops: A Heritage to Save. The Case of the Puglia Region. *Italian Journal of Agronomy*, 8(1),21–34. <https://doi.org/10.4081/ija.2013.e4>

- Elibox, W., Meynard, C. P., & Umaharan, P. (2017). Fruit Volume and Width at Harvest Can be Used to Predict Shelf life in Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). In *Trop. Agric. (Trinidad)* 94(2),
- Engels, J. M. M., & Ebert, A. W. (2021). A Critical Review of the Current Global Ex situ Conservation System for Plant Agrobiodiversity. I. History of the Development of the Global System in the Context of the Political/legal Framework and its Major Conservation Components. In *Plants*. 10(8),1557. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants10081557>
- FAO. (1999). *Agricultural Biodiversity, Multifunctional Character of Agriculture and Land Conference, Background Paper 1* (pp. 1–42). FAO.
- FAO. (2001). *International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*.
- FAO. (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture* (J. Bélanger & D. Pilling, Eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments.
- FAO. (2022). Practical guide for the application of the Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture: Conservation of orthodox seeds in seed genebanks. In *Practical guide for the application of the Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture: Conservation of orthodox seeds in seed genebanks*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0021en>
- FAOSTAT. (2023, April 11). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Ficiciyan, A., Loos, J., Sievers-Glotzbach, S., & Tschardtke, T. (2018). More than yield: Ecosystem Services of Traditional Versus Modern Crop Varieties Revisited. In *Sustainability (Switzerland)*. 10(8),2834. MDPI. <https://doi.org/10.3390/su10082834>
- Frankel, O. H. (1984). Genetic Perspectives of Germplasm Conservation. In W. K. Arber, K. Llimensee, W. J. Peacock, & P. Starlinger (Eds.), *Genetic Manipulation: Impact on Man and Society* (pp. 161–170). Cambridge University Press.
- Fu, Y. B. (2017). The Vulnerability of Plant Genetic Resources Conserved Ex situ. In *Crop Science*. 57(5),2314–2328. Crop Science Society of America. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.01.0014>
- Genesys. (2023). *Accession browser*. <https://www.genesys-pgr.org/a/v2Zd01OkxyE>
- Getahun, E., Delele, M. A., Gabbiye, N., Fanta, S. W., & Vanierschot, M. (2021). Studying the Drying Characteristics and Quality Attributes of Chili Ppper at Different Maturity Stages: Experimental and Mechanistic model. *Case Studies in Thermal Engineering*. 26, 101052 <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101052>
- González-Jara, P., Moreno-Letelier, A., Fraile, A., Piñero, D., & García-Arenal, F. (2011). Impact of Human Management on the Genetic Variation of Wild Pepper, *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*. *PLoS ONE*, 6(12): e28715. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028715>
- González-Pérez, S., Garcés-Claver, A., Mallor, C., Sáenz De Miera, L. E., Fayos, O., Pomar, F., Merino, F., & Silvar, C. (2014). New Insights into *Capsicum* spp Relatedness and the Diversification Process of *Capsicum annuum* in Spain. *PLoS ONE*, 9(12): e116276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116276>
- Gruber Karl. (2017). Agrobiodiversity: The Living Library. *Nature*, 544, 8–10.
- Guerra, M., Gómez, R. M., Sanz, M. Á., Rodríguez-González, Á., & Casquero, P. A. (2022). Effect of Fruit Weight and Fruit Locule Number in Bell Pepper on Industrial Waste and Quality of Roasted Pepper. *Horticulturae*, 8(5),455. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050455>
- Gvozdenovic, D. (2010). *Paprika*. Institut za ratarstvo i povrtarstvo. Novi Sad, p.286

- Gvozdenovic, Dj., Bugarski, D., Takac, A., & Cervenski, J. (2002). Amfora – Nova Sorta Paprike. *Zbornik Radova Instituta Za Ratarstvo i Povrtarstvo*, 36, 69–73.
- Harris, J., Tan, W., Raneri, J. E., Schreinemachers, P., & Herforth, A. (2022). Vegetables for Healthy Diets in Low- and Middle-Income Countries: A Scoping Review of the Food Systems Literature. In *Food and Nutrition Bulletin*. 43(2), 232–248. SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/03795721211068652>
- Harris, J., van Zonneveld, M., Achigan-Dako, E. G., Bajwa, B., Brouwer, I. D., Choudhury, D., de Jager, I., de Steenhuijsen Piters, B., Ehsan Dullloo, M., Guarino, L., Kindt, R., Mayes, S., McMullin, S., Quintero, M., & Schreinemachers, P. (2022). Fruit and Vegetable Biodiversity for Nutritionally Diverse Diets: Challenges, Opportunities, and Knowledge Gaps. *Global Food Security*. 33, 100618. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100618>
- Ibiza, V. P., Blanca, J., Cañizares, J., & Nuez, F. (2012). Taxonomy and Genetic Diversity of Domesticated Capsicum Species in the Andean Region. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(6), 1077–1088. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9744-z>
- Ilic, Z. S., Milenkovic, L., Vasic, M., Girek, Z., Zdravkovic, M., & Zdravkovic, J. (2013). Old Cultivars and Populations from Traditional Pepper-Growing Regions of Serbia as Breeding Potential. *Journal of Agricultural Science*, 5(6), 132–140. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n6p132>
- Innes, N. L. (1975). Genetic Conservation and the Breeding of Field Vegetables for the United Kingdom. *Outlook on Agriculture*, 8(5), 301–305. <https://doi.org/10.1177/003072707500800510>
- IPGRI AVRDC CATIE. (1995). *Descriptors for Capsicum (Capsicum spp.)* (R. I. International Plant Genetic Resources Institute, T. T. The Asian Vegetable Research and Development Center, & T. C. R. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenanza, Eds.). International Plant Genetic Resources Institute.
- Islam, M., Saha, S., Akand, H., & Rahim, M. A. (2011). Effect of Spacing on the Growth and Yield of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Central European Agriculture*, 12(2), 328–335. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/12.2.917>
- Ivanovska, S., & Andonov, S. (2018). *Agrobiodiversity in Southeast Europe – Assessment and Policy Recommendations 1 Country Report- Macedonia* (Ms. Irena Djimrevska, P. PhD; Mr. Hugo Rivera, P. Mr. Helmut Gaugitsch, P. Mr. Andreas Bartel, & P. Mr. Stefan Schindler, Eds.). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Ivanovska, S., Jankulovska, M., Jani, S., Djuric, G., Zecevic, E., Dordevic Milosevic, S., Jovovic, Z., & Fetahu, S. (2020). *Food Beyond Borders* (S. Ivanovska & I. Djimrievska, Eds.). GIZ.
- Ivanovska, S., Jankulovska, M., & Sandeva-Atanasova, N. (2021). *Macedonian Priceless Heritage Genetic Diversity of Beans (Phaseolus sp.)* (pp. 1–96). Macedonian Ecological Society.
- Jankulovska, M., Ivanovska, S., & Sandeva Atanasova, N. (2019). Macedonian Autochthonous Varieties: Embroidered Peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, 73(1), 75–82. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/search.aspx>
- Jankulovski, D., Chirkova-Gjorgievska, M., Martinovski, G., & Petrevska, J. K. (1994). Evaluation of Autochthonic Gen Resources of Pepper in Macedonia. *New Technologies in Vegetable and Flower Production*, 165–171.
- Jeong, H. B., Jang, S. J., Kang, M. Y., Kim, S., Kwon, J. K., & Kang, B. C. (2020). Candidate Gene Analysis Reveals That the Fruit Color Locus C1 Corresponds to PRR2 in Pepper

- (*Capsicum frutescens*). *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00399>
- Jones, S. K., Estrada-Carmona, N., Juventia, S. D., Dulloo, M. E., Laporte, M. A., Villani, C., & Remans, R. (2021). Agrobiodiversity Index Scores Show Agrobiodiversity is Underutilized in National Food Systems. *Nature Food*, 2(9),712–723. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00344-3>
- Joshi, S., & Berke, T. (2004). Perspectives of Bell Pepper Breeding. In *Journal of New Seeds*, 6(2–3),51–74. https://doi.org/10.1300/J153v06n02_04
- Kahraman, A., Binbir, S., Mutlu, S., & Haytaoğlu, M. A. (2020). Genetic Diversity in Pepper (*Capsicum annuum* L.) Genetic Resources Collected from the Aegean Region as Revealed by Agro-Morphological Traits. *Acta Horticulturae*, 1297, 229–236. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1297.31>
- Kalpourtzidou, A., Eilander, A., & Talsma, E. F. (2020). Global Vegetable Intake and Supply Compared to Recommendations: A Systematic Review. *Nutrients*, 12(6),1558. <https://doi.org/10.3390/nu12061558>
- Kameswara Rao, N. (2004). Plant Genetic Resources: Advancing Conservation and Use through Biotechnology. *African Journal of Biotechnology*, 3(2),136–145. <https://doi.org/10.5897/ajb2004.000-2025>
- Karim, K. M. R., Rafii, M. Y., Misran, A., Ismail, M. F., Harun, A. R., Ridzuan, R., Chowdhury, M. F. N., Hosen, M., Yusuff, O., & Haque, M. A. (2022). Genetic Diversity Analysis among *Capsicum annuum* Mutants Based on Morpho-Physiological and Yield Traits. *Agronomy*, 12(10),2436. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102436>
- Khoury, C. K., Brush, S., Costich, D. E., Curry, H. A., de Haan, S., Engels, J. M. M., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K. L., Miller, A. J., Nabhan, G. P., Perales, H. R., Richards, C., Riggins, C., & Thormann, I. (2022). Crop Genetic Erosion: Understanding and Responding to Loss of Crop Diversity. In *New Phytologist* 233(1),84–118. <https://doi.org/10.1111/nph.17733>
- Khoury, C. K., Carver, D., Barchenger, D. W., Barboza, G. E., van Zonneveld, M., Jarret, R., Bohs, L., Kantar, M., Uchanski, M., Mercer, K., Nabhan, G. P., Bosland, P. W., & Greene, S. L. (2020). Modelled Distributions and Conservation Status of the Wild Relatives of Chile Peppers (*Capsicum* L.). *Diversity and Distributions*, 26(2),209–225. <https://doi.org/10.1111/ddi.13008>
- Kim, S., Park, M., Yeom, S. I., Kim, Y. M., Lee, J. M., Lee, H. A., Seo, E., Choi, J., Cheong, K., Kim, K. T., Jung, K., Lee, G. W., Oh, S. K., Bae, C., Kim, S. B., Lee, H. Y., Kim, S. Y., Kim, M. S., Kang, B. C., ... Choi, D. (2014). Genome Sequence of the Hot Pepper Provides Insights into the Evolution of Pungency in *Capsicum* species. *Nature Genetics*, 46(3),270–278. <https://doi.org/10.1038/ng.2877>
- Knüpffer, H. (2016). Plant Genetic Resources from The Balkan Peninsula in The World's Genebanks. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, 69, 53–68. <http://www.bioversityinternational.org/filea>
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., de Jesús Luna Ruiz, J., D'Eeckenbrugge, G. C., Hijmans, R. J., & Gepts, P. (2014). Multiple Lines of Evidence for the Origin of Domesticated Chili Pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(17), 6165–6170. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308933111>
- Krasteva, L., Pandeva, R., Rodeva, R., Todorova, V., Neykov, S., Uzundzhalieva, K., Velcheva, N., Cvikić, D., Tome, E., & Ilieva, V. (2012). Pepper as a Target Object of SEE-ERA.NET

- Project. *Acta Horticulturae*, 960, 151–158.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.960.21>
- Kuhn, H., Padilha, M., & Lía Barbieri, R. (2016). Plant Breeding of Chili Peppers (*Capsicum*, *Solanaceae*) - A Review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(15), 148–154. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Kumar, A., Kumar, S., Anju, T., & Ramchiary, N. (2021). Genetic, Epigenetic, and Hormonal Regulation of Fruit Development and Ripening in *Capsicum* L. Species. *Annual Plant Reviews Online*, 4(2), 295–356. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0782>
- Lahbib, K., Dabbou, S., Bnejdi, F., Pandino, G., Lombardo, S., El Gazzah, M., & El Bok, S. (2021). Agro-Morphological, Biochemical and Antioxidant Characterization of a Tunisian Chili Pepper Germplasm Collection. *Agriculture (Switzerland)*, 11(12), 1236. <https://doi.org/10.3390/agriculture11121236>
- Lakshmi Tirupathamma, T., Venkata Ramana, C., Naram Naidu, L., & Sasikala, K. (2018). Multivariate Analysis in Paprika (*Capsicum annuum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 9(4), 1308–1321. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2018.00164.3>
- Lee, H. Y., Ro, N. Y., Jeong, H. J., Kwon, J. K., Jo, J., Ha, Y., Jung, A., Han, J. W., Venkatesh, J., & Kang, B. C. (2016). Genetic Diversity and Population Structure Analysis to Construct a Core Collection from a Large *Capsicum* Germplasm. *BMC Genetics*, 17(1), 142. <https://doi.org/10.1186/s12863-016-0452-8>
- Lee, H. Y., Ro, N. Y., Patil, A., Lee, J. H., Kwon, J. K., & Kang, B. C. (2020). Uncovering Candidate Genes Controlling Major Fruit-Related Traits in Pepper via Genotype-by-Sequencing Based QTL Mapping and Genome-Wide Association Study. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01100>
- Lightbourn, G. J., Griesbach, R. J., Novotny, J. A., Clevidence, B. A., Rao, D. D., & Stommel, J. R. (2008). Effects of Anthocyanin and Carotenoid Combinations on Foliage and Immature Fruit Color of *Capsicum annuum* L. *Journal of Heredity*, 99(2), 105–111. <https://doi.org/10.1093/jhered/esm108>
- Liu, Y., Lv, J., Liu, Z., Wang, J., Yang, B., Chen, W., Ou, L., Dai, X., Zhang, Z., & Zou, X. (2020). Integrative Analysis of Metabolome and Transcriptome Reveals the Mechanism of Color Formation in Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 306, 125629. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125629>
- Liu, Y., Ren, X., & Lu, F. (2022). Research Status and Trends of Agrobiodiversity and Traditional Knowledge Based on Bibliometric Analysis (1992–Mid-2022). *Diversity*, 14(11), 950. <https://doi.org/10.3390/d14110950>
- Lusty, C., Sackville Hamilton, R., Guarino, L., Richards, C., Jamora, N., & Hawtin, G. (2021). Envisaging an Effective Global Long-Term Agrobiodiversity Conservation System that Promotes and Facilitates Use. *Plants* 10(12), 2764. MDPI. <https://doi.org/10.3390/plants10122764>
- Madosa Emilian, Sasu Lavinia, Ciulca Sorin, Velicevici Giancarla, Ciulca Adriana Elena, & Avandanei Constantin. (2010). Possibility of Use of Romanian Bell Pepper (*Capsicum annuum* L. var. *grossum*) local Landraces in Breeding Proces. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, 38(2 Special Issue), 56–60.
- Maggioni, L. (2004). Conservation and Use of Vegetable Genetic Resources: A European Perspective. *Acta Hort - Advances in Vegetable Breeding*, 637. www.ecpgr.org/eurisco
- Mallimar, M., & Meena, P. S. V. S. (2017). The Magnitude of Variability for Different Quantitative Characters and Genetic Variation in (*Capsicum annuum* L.). *Environment & Ecology*, 35(4A), 2826–2830. <https://www.researchgate.net/publication/321462718>

- Martin, A. R., Cadotte, M. W., Isaac, M. E., Milla, R., Vile, D., & Violle, C. (2019). Regional and Global Shifts in Crop Diversity through the Anthropocene. *PLoS ONE*, 14(2): e0209788. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209788>
- Martínez-Ispizua, E., Calatayud, Á., Marsal, J. I., Mateos-Fernández, R., Díez, M. J., Soler, S., Valcárcel, J. V., & Martínez-Cuenca, M.-R. (2022). Phenotypic Divergence among Sweet Pepper Landraces Assessed by Agro-Morphological Characterization as a Biodiversity Source. *Agronomy* 12(3),632. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030632>
- Martinovska Stojcheska, A., Agic, R., & Janeska Stamenkovska, I. (2021). Vegetable Production in North Macedonia - Competitiveness, Trends and Challenges. *Acta Horticulturae*, 1320,79–86. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1320.10>
- Maxim, A., Străjeru, S., Albu, C., Sandor, M., Mihailescu, L., & Pauliuc, S. E. (2020). Conservation of Vegetable Genetic Diversity in Transylvania-Romania. *Scientific Reports*, 10(1),1841. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75413-x>
- McCoy, J., Martínez-Ainsworth, N., Bernau, V., Scheppler, H., Hedblom, G., Adhikari, A., McCormick, A., Kantar, M., McHale, L., Jardón-Barbolla, L., Mercer, K. L., & Baumler, D. (2023). Population Structure in Diverse Pepper (*Capsicum* spp.) Accessions. *BMC Research Notes*, 16(1),20. <https://doi.org/10.1186/s13104-023-06293-3>
- Meldrum, G., Padulosi, S., Lochetti, G., Robitaille, R., & Diulgheroff, S. (2018). Issues and Prospects for the Sustainable Use and Conservation of Cultivated Vegetable Diversity for More Nutrition-Sensitive Agriculture. *Agriculture (Switzerland)*, 8(7),112. <https://doi.org/10.3390/agriculture8070112>
- Mohammadi, S. A., & Prasanna, B. M. (2003). Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants-Salient Statistical Tools and Considerations. *Crop Sci*, 43,1235–1248.
- Moscone, E. A., Scaldaferrro, M. A., Grabiele, M., Cecchini, N. M., García, Y. S., Jarret, R., Daviña, J. R., Ducasse, D. A., Barboza, G. E., & Ehrendorfer, F. (2007). The Evolution of Chili Peppers (*Capsicum-Solanaceae*): a Cytogenetic Perspective. *Acta Hortic.* 745,137-170 DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.745.5.
- Moses, M., & Umaharan, P. (2012). Genetic Structure and Phylogenetic Relationships of *Capsicum chinense*. In *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 137(4),250-262.
- Mulge, R., Anand, N., & Chavan, M. (2001). Dry Matter Heterosis in Bell Pepper *Capsicum annuum* L. *Veg. Sci.*, 28(2),172–174.
- Naegele, R. P., Mitchell, J., & Hausbeck, M. K. (2016). Genetic Diversity, Population Structure, and Heritability of Fruit Traits in *Capsicum annuum*. *PLoS ONE*, 11(7), e0156969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156969>
- Nankar, A. N., Todorova, V., Tringovska, I., Pasev, G., Radeva-Ivanova, V., Ivanova, V., & Kostova, D. (2020). A Step Towards Balkan *Capsicum annuum* L. Core Collection: Phenotypic and Biochemical Characterization of 180 Accessions for Agronomic, Fruit Quality, and Virus Resistance Traits. *PLoS ONE*, 15(8), e0237741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237741>
- Nankar, A. N., Tringovska, I., Grozeva, S., Todorova, V., & Kostova, D. (2020). Application of High-Throughput Phenotyping Tool Tomato Analyzer to Characterize Balkan *Capsicum* Fruit Diversity. *Scientia Horticulturae*, 260, 108862. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108862>
- Negi, R., Thakur, S., & Sharma, P. (2018). Advances in the Breeding of Bell Pepper - A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(04), 2272–2281. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.260>

- Nicholson, C. C., Emery, B. F., & Niles, M. T. (2021). Global Relationships Between Crop Diversity and Nutritional Stability. *Nature Communications*, 12(1),5310. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25615-2>
- Nicolai, M., Cantet, M., Lefebvre, V., Sage-Palloix, A. M., & Palloix, A. (2013). Genotyping a Large Collection of Pepper (*Capsicum* spp.) with SSR Loci Brings New Evidence for the Wild Origin of Cultivated *C. annuum* and the Structuring of Genetic Diversity by Human Selection of Cultivar Types. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60(8), 2375–2390. <https://doi.org/10.1007/s10722-013-0006-0>
- Nsabiya, V., Logose, M., Ochwo-Ssemakula, M., Sseruwagi, Peter, Gibson, P., & Ojiewo, C. (2013). Morphological Characterization of Local and Exotic Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.) Collections in Uganda. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability*, 7(1), 22–32.
- Odong, T. L., Jansen, J., van Eeuwijk, F. A., & van Hintum, T. J. L. (2013). Quality of Core Collections for Effective Utilisation of Genetic Resources Review, Discussion and Interpretation. In *Theoretical and Applied Genetics* 126(2),289–305. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1971-y>
- Ogwu, M. C., Osawaru, M. E., & Ahana, C. M. (2014). Challenges in Conserving and Utilizing Plant Genetic Resources (PGR). *International Journal of Genetics and Molecular Biology*, 6(2), 16–23. <https://doi.org/10.5897/ijgmb2013.0083>
- Palombo, N. E., & Carrizo García, C. (2022). Geographical Patterns of Genetic Variation in Locoto Chile (*Capsicum pubescens*) in the Americas Inferred by Genome-Wide Data Analysis. *Plants*, 11(21), 2911. <https://doi.org/10.3390/plants11212911>
- Panayotov, N., & Dimova, D. (2014). Assessment of Yield and Yield Stability of New Perspective Pepper Breeding Lines with Conical Shape. *Genetika*, 46(1),19–26. <https://doi.org/10.2298/GENSR1401019P>
- Panayotov, N., Trayanov, A., & Kouzмова, K. (2018). Phenological Behaviors and Productivity of Different Pepper Genotypes in Depending on Environmental Conditions. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 2(4),335–348. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2018.174.7>
- Panis, B., Nagel, M., & den Houwe, I. van. (2020). Challenges and Prospects for the Conservation of Crop Genetic Resources in Field Genebanks, in In Vitro Collections and/or in Liquid Nitrogen. *Plants* 9(12),1–22. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants9121634>
- Paran, I., & Van Der Knaap, E. (2007). Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. In *Journal of Experimental Botany* 58(14),3841–3852. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm257>
- Parisi, M., Di Dato, F., Ricci, S., Mennella, G., Cardi, T., & Tripodi, P. (2017). A Multi-Trait Characterization of the “Friariello” Landrace: A Mediterranean Resource for Sweet Pepper Breeding. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 15(2),165–176. <https://doi.org/10.1017/S1479262115000490>
- Pereira-Dias, L., Fita, A., Vilanova, S., Sánchez-López, E., & Rodríguez-Burruezo, A. (2020). Phenomics of Elite Heirlooms of Peppers (*Capsicum annuum* L.) from the Spanish Centre of Diversity: Conventional and High-Throughput Digital Tools Towards Varietal Typification. *Scientia Horticulturae*, 265,109245. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109245>
- Pereira-Dias, L., Vilanova, S., Fita, A., Prohens, J., & Rodríguez-Burruezo, A. (2019). Genetic Diversity, Population Structure, and Relationships in a Collection of Pepper (*Capsicum* spp.) Landraces from the Spanish Centre of Diversity Revealed by Genotyping-by-

- sequencing (GBS). *Horticulture Research*, 6(1),54. <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0132-8>
- Pérez, P., & de Los Campos, G. (2014). Genome-Wide Regression and Prediction with the BGLR Statistical Package. *Genetics*, 198(2),483–495. <https://doi.org/10.1534/genetics.114.164442>
- Perry, L., Dickau, R., Zarrillo, S., Holst, I., Pearsall, D. M., Piperno, D. R., Berman, M. J., Cooke, R. G., Rademaker, K., Ranere, A. J., Raymond, J. S., Sandweiss, D. H., Scaramelli, F., Tarble, K., & Zeidler, J. A. (2007). Starch Fossils and the Domestication and Dispersal of Chili Peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science*, 315(5814),986–988. <https://doi.org/10.1126/science.1136914>
- Pickersgill, B. (1997). Genetic Resources and Breeding of *Capsicum* spp. In *Euphytica* 96,129-133. Kluwer Academic Publishers.
- Pickersgill, B. (2007). Domestication of Plants in the Americas: Insights from Mendelian and Molecular Genetics. In *Annals of Botany* 100(5),925–940. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm193>
- Pickersgill, B. (2016). *Ethnobotany of Mexico* (R. Lira, A. Casas, & J. Blancas, Eds.; Ethnobiology, pp. 417–437. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_17
- Pilling, D., Bélanger, J., & Hoffmann, I. (2020). Declining Biodiversity for Food and Agriculture Needs Urgent Global Action. In *Nature Food* 1(3),144–147. Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0040-y>
- Popsimonova, G., Benko, B., Karic, L., & Gruda, N. (2021). Production Systems in Southeastern European Greenhouses. *Acta Horticulturae*, 1326,137–143. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1326.18>
- Powell, B., Thilsted, S. H., Ickowitz, A., Termote, C., Sunderland, T., & Herforth, A. (2015). Improving Diets with Wild and Cultivated Biodiversity from Across the Landscape. *Food Security*, 7(3),535–554. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0466-5>
- Rao, G. U., & Paran, I. (2003). Polygalacturonase: A Candidate Gene for the Soft Flesh and Deciduous Fruit Mutation in *Capsicum*. In *Plant Molecular Biology* 51(1):135-41. doi: 10.1023/a:1020771906524
- Rao, V. R., & Hodgkin, T. (2002). Genetic Diversity and Conservation and Utilization of Plant Genetic Resources. In *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 68, 1–19.
- Ray, D. K., Gerber, J. S., Macdonald, G. K., & West, P. C. (2015). Climate Variation Explains a Third of Global Crop Yield Variability. *Nature Nat Commun* 6, 5989. <https://doi.org/10.1038/ncomms6989>
- Ristovska, B., Abraham, V., & Brindza, J. (2014). Variability of Fruit Antioxidant Activity of Old Varieties and Landraces of Peppers (*Capsicum annuum* L.) from Balkan Region. *Aktualni Pytannja Zberežennja Zdorovja Ljudini.*, 214–217.
- Ristovska, B., Brindza, J., Abrahamova, V., & Agic, R. (2013). Variability of Flower Traits in Some Heirloom Pepper (*Capsicum annuum* L.) Varieties from South-Eastern Balkan Region. *Agrobiodiverzita Pre Zlepšenie Života*, 1(1), 127–133. <http://www.uniag.sk/>
- Rivera, A., Monteagudo, A. B., Igartua, E., Taboada, A., García-Ulloa, A., Pomar, F., Riveiro-Leira, M., & Silvar, C. (2016). Assessing Genetic and Phenotypic Diversity in Pepper (*Capsicum annuum* L.) Landraces from North-West Spain. *Scientia Horticulturae*, 203, 1–11.
- Sahin, M., Yetisir, H., & Pinar, H. (2022). Morphological Characterization of Some Besni Pepper (*Capsicum annuum* L.) Genotypes in Kayseri Conditions. *International Journal of*

- Agriculture, Environment and Food Sciences*, 152–164.
<https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.1.20>
- Salgotra, R. K., & Chauhan, B. S. (2023). Genetic Diversity, Conservation, and Utilization of Plant Genetic Resources. *Genes*, 14(1),174. <https://doi.org/10.3390/genes14010174>
- Sandeva Atanasova, N., Ivanovska, S., & Jankulovska, M. (2021). Variability of Fruit Traits in Macedonian Embroidered Pepper Genotypes. *Macedonian Journal of Ecology and Environment*, 23(1),17–23. www.mjee.org.mk
- Sandeva Atanasova, N., Jankulovska, M., & Ivanovska, S. (2021). Genetic Diversity of Macedonian Embroidered Pepper (*Capsicum* spp.) Based on Fruit Morphological Traits. *Acta Horticulturae*, 1320,33–39. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1320.4>
- Sanjuan-Martínez, J., Ortiz-Hernández, Y. D., Aquino-Bolaños, T., & Cruz-Izquierdo, S. (2020). Seed and Seedling Quality of Three Chilis (*Capsicum annuum* L.) Native to Oaxaca, Mexico. *Ciencia Rural*, 50(9),1–10. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190921>
- Santos, T. de O., Moulin, M. M., Rangel, L. H., Pirovani, R. O. L., Valadares, F. V., Almeida, R. N. de, & Silva, L. O. E. (2019). Characterization and Diversity of Peppers (*Capsicum* spp.) Genotypes Based on Morphological Traits Using Multivariate Analysis. *Journal of Experimental Agriculture International*, 1–10. <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v39i130325>
- Santosh, K. (2013). Genetic Variability Studies in Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.). *The Asian Journal of Horticulture*, 8(1),280–284.
- Schreinemachers, P., Ebert, A. W., & Wu, M. H. (2014). Costing the Ex Situ Conservation of Plant Genetic Resources at AVRDC - The World Vegetable Center. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(4),757–773. <https://doi.org/10.1007/s10722-013-0070-5>
- Schreinemachers, P., Simmons, E. B., & Wopereis, M. C. S. (2018). Tapping the Economic and Nutritional Power of Vegetables. In *Global Food Security*, 16, 36–45. Elsevier <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.09.005>
- Sibhatu, K. T., & Qaim, M. (2018). Review: The association Between Production Diversity, Diets, and Nutrition in Smallholder Farm Households. In *Food Policy*, 77, 1–18. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.04.013>
- Silvar, C., Rocha, F., & Barata, A. M. (2022). Tracing Back the History of Pepper (*Capsicum annuum*) in the Iberian Peninsula from a Phenomics Point of View. *Plants*, 11(22),3075. <https://doi.org/10.3390/plants11223075>
- Sokona, D., Niamoye, Y. D., Paul, N. S., Olagorite, A., Aminata, D. N., Kadidiatou, G. T., Aissata, T. T. ra, Seacute riba, K., & Daouleacute, D. B. (2013). Overview of Pepper (*Capsicum* spp.) Breeding in West Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 8(13),1108–1114. <https://doi.org/10.5897/ajar2012.1758>
- Solomon, A. M., Kim, T. G., Han, K., Lee, H. Y., Patil, A., Siddique, M. I., Ahn, J., & Kang, B. C. (2021). Fine Mapping and Candidate Gene Identification for the CapUp Locus Controlling Fruit Orientation in Pepper (*Capsicum* spp.). *Frontiers in Plant Science*, 12:675474. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.675474>
- Srivastava, A., & Mangal, M. (2019). *Capsicum Breeding: History and Development* (pp. 25–55). https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_3
- Srivastava, A., Sharma, V. R., Dishri, M., Dikshit, A., Mangal, M., & Kalia, P. (2019). Inheritance of Fruit Attributes in Chilli Pepper. *Indian Journal of Horticulture*, 76(1),86–93. <https://doi.org/10.5958/0974-0112.2019.00013.6>

- Stellari, G. M., Mazourek, M., & Jahn, M. M. (2010). Contrasting Modes for Loss of Pungency Between Cultivated and Wild Species of *Capsicum*. *Heredity*, 104(5),460–471. <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.131>
- Stoilova, T., van Zonneveld, M., Roothaert, R., & Schreinemachers, P. (2019). Connecting Genebanks to Farmers in East Africa Through the Distribution of Vegetable Seed Kits. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 17(3),306–309. <https://doi.org/10.1017/S1479262119000017>
- Stommel, J. R., Pushko, M., Haynes, K. G., & Whitaker, B. D. (2014). Differential Inheritance of Pepper (*Capsicum annuum*) Fruit Pigments Results in Black to Violet Fruit Colour. *Plant Breeding*, 133(6),788–793. <https://doi.org/10.1111/pbr.12209>
- Sudré, C., Gonçalves, L., Rodrigues, R., do Amaral Júnior, A., Riva-Souza, E., & dos Bento, C. S. (2010). Genetic Variability in Domesticated *Capsicum* spp. as Assessed by Morphological and Agronomic Data in Mixed Statistical Analysis. In *Genetics and Molecular Research*, 9(1),283-94. www.funpecrp.com.br
- Tian, S.-L., Li, L., Shah, S. N. M., & Gong, Z.-H. (2015). The Relationship Between Red Fruit Colour Formation and Key Genes of Capsanthin Biosynthesis Pathway in *Capsicum annuum*. *Biologia Plantarum*, 59, 507–513. <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blas>
- Todorova, V. (2007). Fruit Characterization and Influence of Variation Factors in Pepper Kapiya Type Varieties and Breeding Lines (*Capsicum annuum* L.). In *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 13, 309-315.
- Tomlekova, N., Spasova-Apostolova, V., Pantchev, I., & Sarsu, F. (2021). Mutation Associated with Orange Fruit Color Increases Concentrations of β -carotene in a Sweet Pepper Variety (*Capsicum annuum* L.). *Foods*, 10(6), 1225. <https://doi.org/10.3390/foods10061225>
- Trajkova, F., & Gudeva, L. (2017). Evaluation and Agronomic Potential of Androgenic Pepper Genotypes Derived from Piran (*Capsicum annuum* L. cv. Piran). *Journal of Experimental Agriculture International*, 16(4),1–12. <https://doi.org/10.9734/jeai/2017/33807>
- 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>
- Tripodi Pasquale, Rabanus-Wallace T. Mark, Barchi Lorenzo, Kale Sandip, Esposito Salvatore, Acquadro Alberto, Schafleitner Roland, van Zonnenveld Maarten, Prohens Jaime, Jose Diez Maria, Borner Andreas, Salinier Jeremey, Caromel Bernard, Bovy Arnaud, Boyaci Filiz, Pasev Gancho, Brandt Ronny, Himmelbach Axel, Portis Ezio, ... Stein Nils. (2021). Global Range Expansion History of Pepper (*Capsicum* spp.) Revealed by Over 10,000 Genebank Accessions. *PNAS*, 118(34), e2104315118). <https://doi.org/10.1073/pnas.2104315118/-/DCSupplemental>
- Tsonev, S., Todorova, V., Groseva, S., Popova, T., & Todorovska, E. G. (2017). Evaluation of Diversity in Bulgarian Pepper Cultivars by Agronomical Traits and ISSR Markers. *Genetika*, 49(2),647–662. <https://doi.org/10.2298/GENSR1702647T>
- Tyack, N., & Dempewolf, H. (2015). *The Economics of Crop Wild Relatives under Climate Change in: Crop Wild Relatives and Climate Change* (Redden Robert, Yadav S. Shyam, Maxted Nigel, Dullo Ehsan Mohammad, Guarino Luigi, & Smith Paul, Eds.; pp. 281–291). John Wiley & Sons, Inc.
- UN. (1992). *Convention on Biological Diversity*.
- UNECE. (2013). Standard on the Marketing and Commercial Quality Control of Whole Dried Chilli Peppers. In *Explanatory brochure* (pp. 1–62). United Nations.

- UNEP. (2014). *Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization to the Convention on Biological Diversity* (pp. 1–25). United Nations Environmental Programme, Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- UPOV. (2020). Sweet Pepper, Hot Pepper, Paprika, Chili, UPOV Code: CAPSI_ANN *Capsicum annuum* L. In *International Union for the Protection of New Varieties of Plants. Guidelines for the Conduct of Test for Distinctness, Uniformity and Stability: Vol. TG/76/8* (Issue Rev.2, pp. 1–52). www.upov.int
- 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>
- Venujayakanth, B., Dudhat, A. S., Swaminathan, B., & Lakhlani Anurag, M. (2017). Assessing Crop Genetic Diversity using Principal Component Analysis: A Review. In *Trends in Biosciences* 10(2),523-528.
- Wagner, D. L., Grames, E. M., Forister, M. L., Berenbaum, M. R., & Stopak, D. (2021). Insect Decline in the Anthropocene: Death by a Thousand Cuts. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(2), e2023989118. National Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1073/PNAS.2023989118>
- Walters, S. A., Bouharroud, R., Mimouni, A., & Wifaya, A. (2018). The Deterioration of Morocco's Vegetable Crop Genetic Diversity: An Analysis of the Souss-Massa Region. *Agriculture (Switzerland)*, 8(4),49. <https://doi.org/10.3390/agriculture8040049>
- Wambugu, P. W., Ndjiondjop, M. N., & Henry, R. J. (2018). Role of Genomics in Promoting the Utilization of Plant Genetic Resources in Genebanks. In *Briefings in functional genomics* 17(3),198–206. NLM (Medline). <https://doi.org/10.1093/bfpg/ely014>
- Weise, S., Lohwasser, U., & Oppermann, M. (2020). Document or Lose It—On the Importance of Information Management for Genetic Resources Conservation in Genebanks. In *Plants* 9(8),1–13. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants9081050>
- Westengen, O. T., Skarbø, K., Mulesa, T. H., & Berg, T. (2018). Access to Genes: Linkages Between Genebanks and Farmers' Seed Systems. *Food Security*, 10(1),9–25. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0751-6>
- Zecevic, B., Stevanovic, D., & Savic, D. (1997). Genetic Analysis of Earliness in Pepper Hybrids (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulturae* 462: 697–703, *ISHS I Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes*.
- Zeven, A. C. (1998). Landraces: A Review of Definitions and Classifications. In *Euphytica* 104, 127–139.
- Zewdie, Y., & Bosland, P. W. (2003). Inheritance of Seed Color in Capsicum. *Journal of Heredity*, 94(4),355–357. <https://doi.org/10.1093/jhered/esg063>
- Zewdie, Y., Tong, N., & Bosland, P. (2004). Establishing a Core Collection of Capsicum Using a Cluster Analysis with Enlightened Selection of Accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51,147–151.
- Zewdie, Y., & Zeven, & A. C. (1997). Variation in Yugoslavian Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.) Accessions. In *Euphytica*, 97(1),81-89. Kluwer Academic Publishers.
- Zhang, X. Min, Zhang, Z. Hai, Gu, X. Zhen, Mao, S. li, LI, X. Xiang, Chadœuf, J., Palloix, A., Wang, L. hao, & Zhang, B. xi. (2016). Genetic diversity of Pepper (*Capsicum* spp.) Germplasm Resources in China Reflects Selection for Cultivar Types and Spatial

- Distribution. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(9),1991–2001.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61364-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61364-3)
- Zhigila, D. A., Abdulrahman, A. A., Kolawole, O. S., & Oladele, F. A. (2014). Fruit Morphology as Taxonomic Features in Five Varieties of *Capsicum annuum* L. Solanaceae. *Journal of Botany*, Article ID 540868. <https://doi.org/10.1155/2014/540868>
- ДЗС, Д. З. за С. (2023). Земјоделски површини и растително производство, 2022. *Земјоделски површини и растително производство, 2022: Vol. 5.1.23.03*.
- Државен завод за статистика, МАКСТАТ. (n.d.). <Http://Makstat.Stat.Gov.Mk/PXWeb/Pxweb/Mk/MakStat/?Rxid=46ee0f64-2992-4b45-A2d9-Cb4e5f7ec5ef>.
- Јанкулоски Д. (1997). *Пиперка и патлиџан*. Земјоделски факултет. НИП Басс Трејд 1-106.
- Кратовалиева, С., Попсимонова, Г., Ивановска, С., Агич, Р., Симеоновска, Е., Белески, К., Димов, З., Стефков, Ѓ., & Ѓамовски, В. (2009). *Каталог на национални ex situ конзервирани растителни генетски ресурси*. Земјоделски институт - Скопје.

8. ПРИЛОЗИ

Прилог 1. Методологија и илустрации за евалуација на својствата според дескрипторите на IPGRI и UPOV

I Фенолошки својства

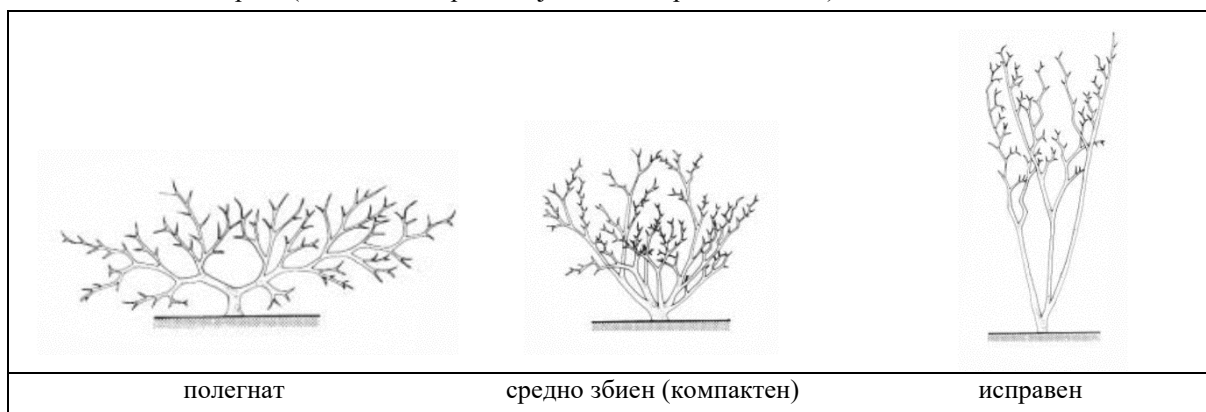
1. Број на денови до никнење (број на денови од сеидба до никнување на 50 % од растенијата)
2. Број на денови до цветање (сметано од дата на никнење до појава на отворен цвет кај 50 % од набљудуваните растенија)
3. Број на денови до плодносење (сметано од дата на никнење до појава на најмалку еден зрел плод кај 50 % од набљудуваните растенија)

II Својства на стебло

4. Боја на стебло (евидентирани кај млади растенија пред расадување)
5. Присуство на антоцијаново обојување на нодиите (на зрели растенија)
6. Облик на стебло (на зрели растенија)
7. Влакнавоост на стебло (кај зрели растенија, над првите две разгранувања)



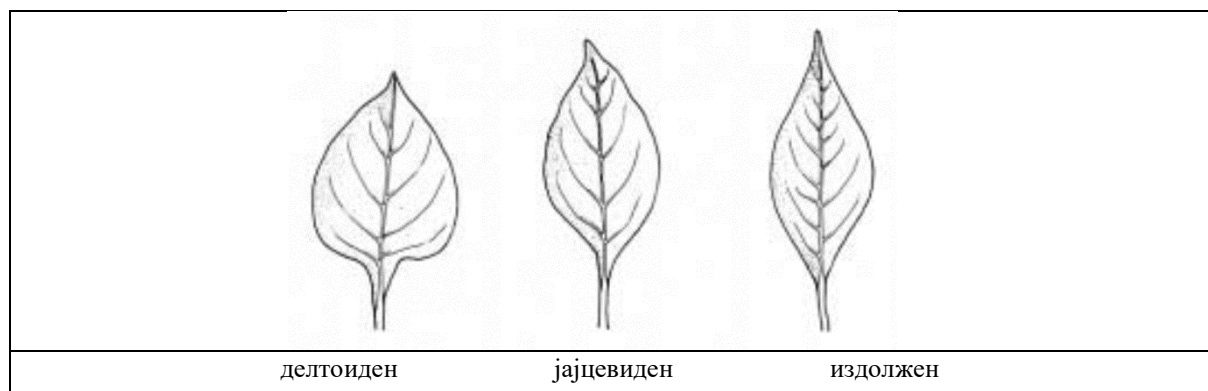
8. Висина на стебло (мерена кога на 50 % од растенијата започнува да зрее првиот плод)
9. Тип на раст (кога 50 % од растенијата имаат зрели плодови)



10. Ширина на растителна покривка (мерена веднаш по првата берба, на најширокиот дел)

III Својства на листови (мерени кога на 50 % од растенијата започнува да зрее првиот плод, а се зема просек од 10 репрезентативни листа набрани од главното стебло)

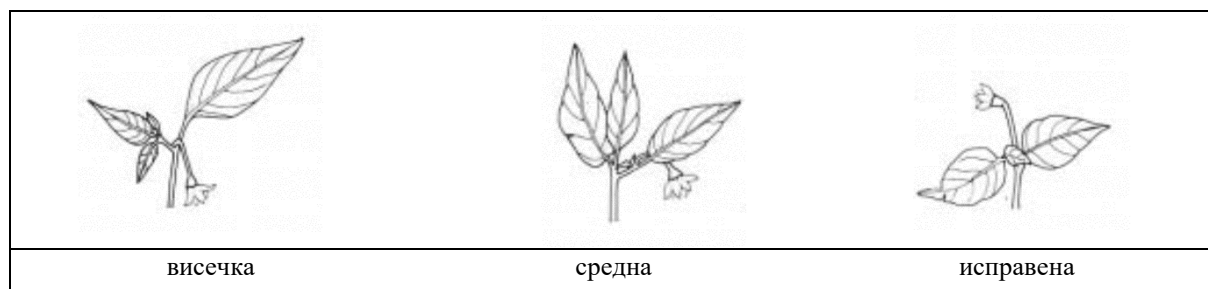
11. Боја на лист
12. Облик на лист



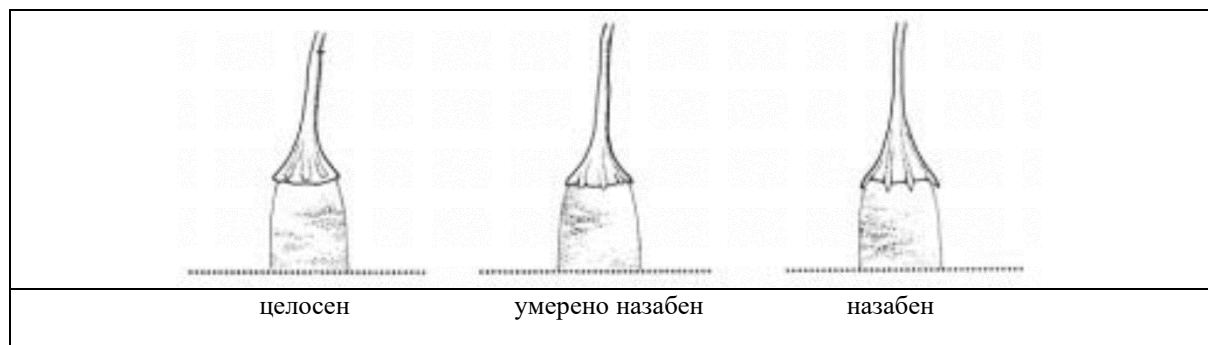
13. Влакнаост на лист
14. Раб на лиската
15. Должина на лиска
16. Ширина на лиска (се мери на најширокиот дел)
17. Должина на лисна дршка

IV Својства на цветовите (мерени на првите целосно отворени цветови)

18. Број на цветови на оска
19. Позиција на цвет



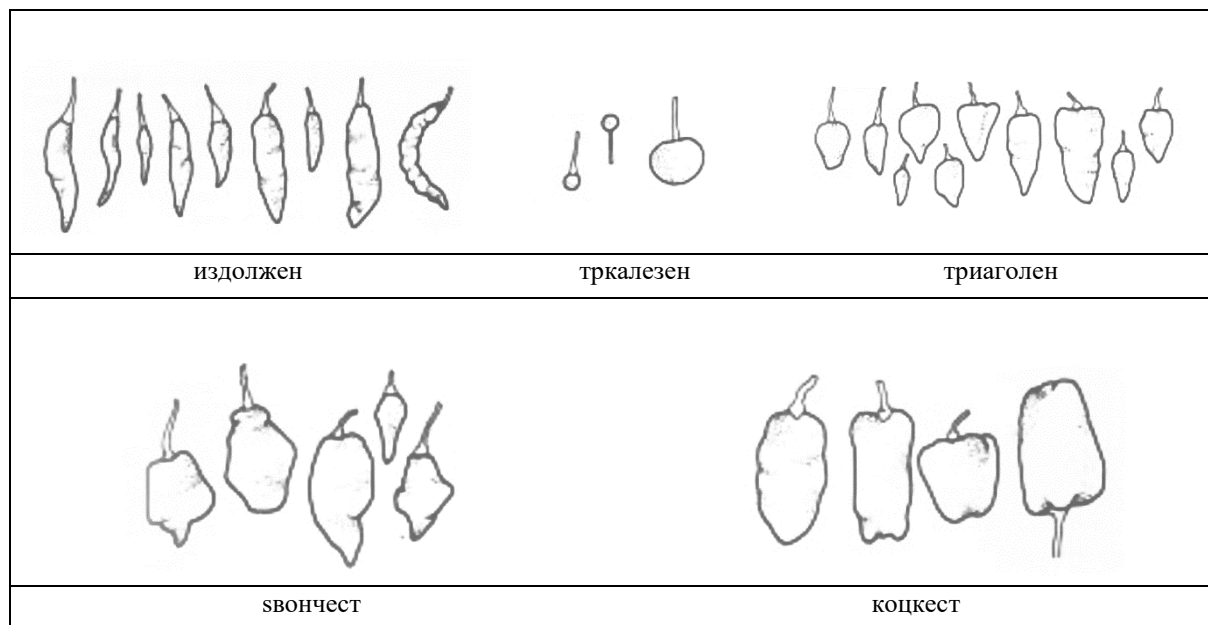
20. Боја на венечни ливчиња
21. Боја на дамки на венче
22. Облик на венче
23. Боја на антери (прашници)
24. Боја на прашников конец
25. Позиција на толчник
26. Пигментација на чашка
27. Раб на чашка



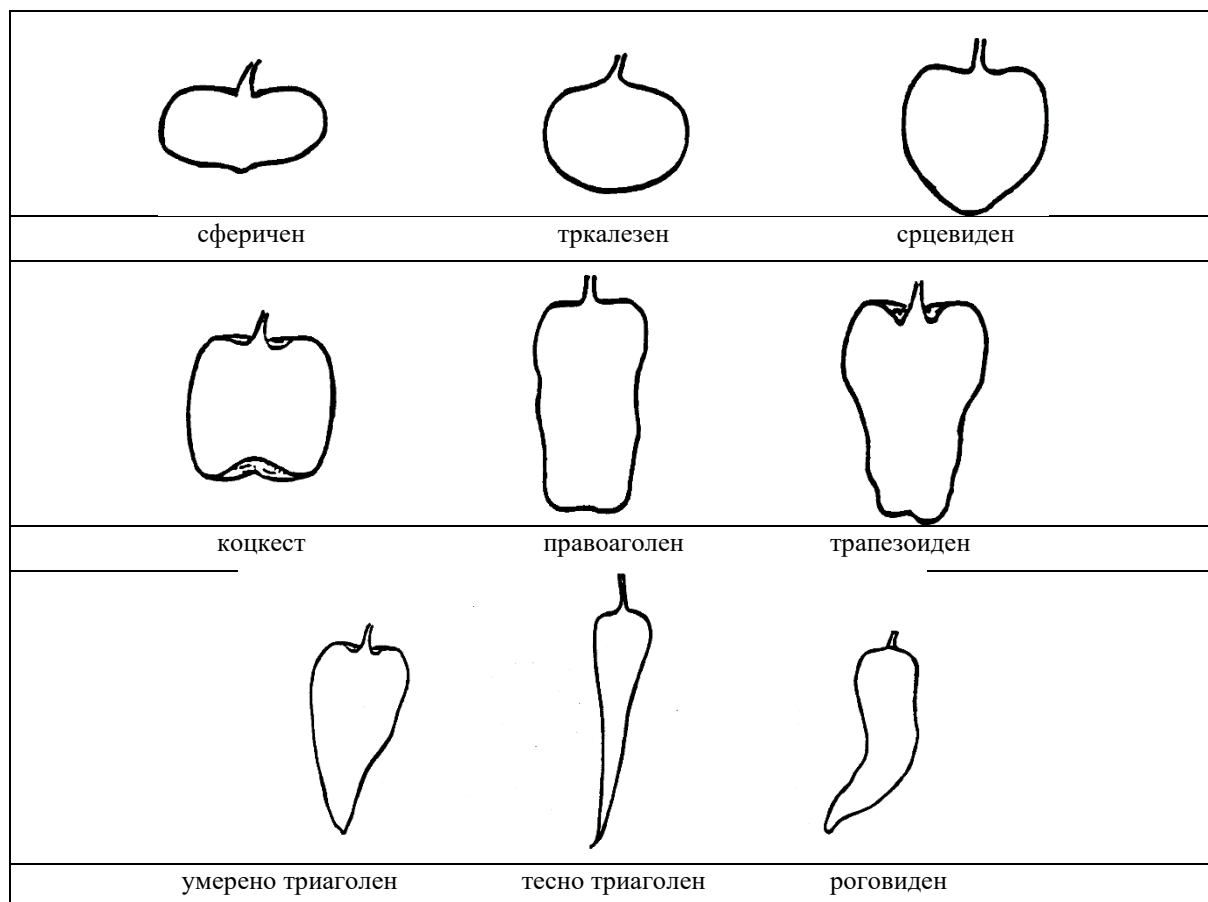
28. Должина на венечни ливчиња
29. Должина на антери
30. Должина на прашников конец

V Својства на плодови

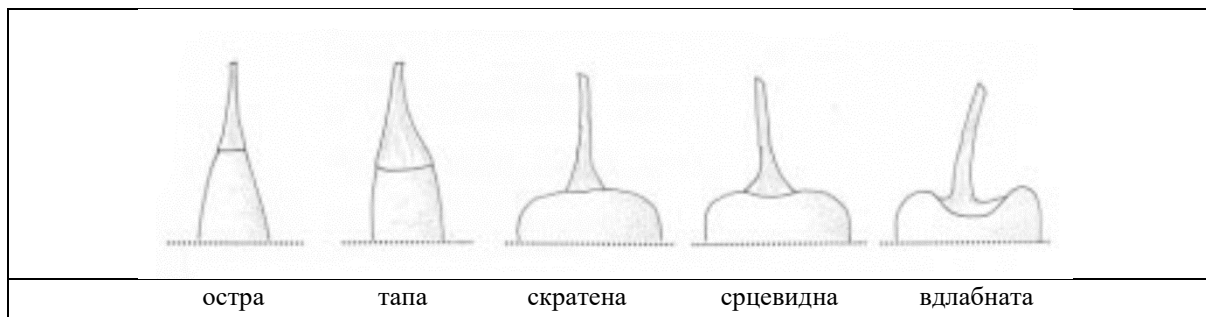
31. Боја на плод при премин од технолошка во физиолошка зрелост
32. Боја на плод во физиолошка зрелост
33. Формирање плодови пред берба (оценето пред првата берба)
34. Облик на плод според IPGRI



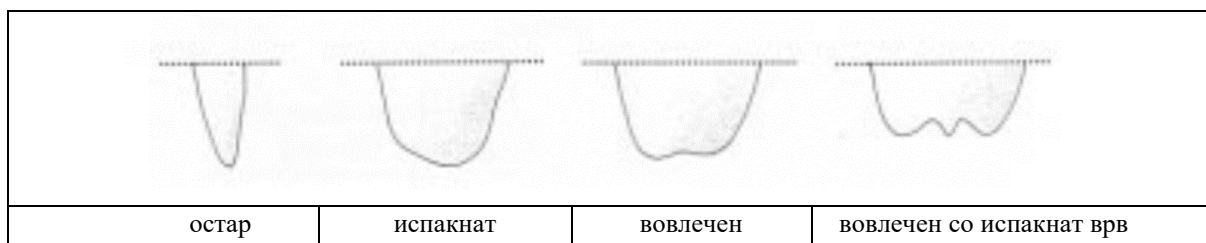
35. Облик на плод според UPOV



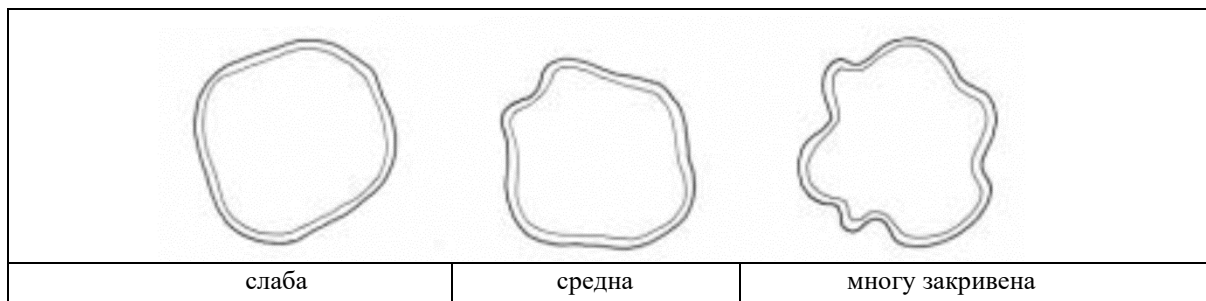
36. Должина на плод (мерени на плодови од втората берба)
37. Ширина на плод (мерени на плодови од втората берба)
38. Индекс на плод (однос помеѓу должината и ширината на плодот)
39. Должина на плодна дршка (мерени на плодови од втората берба)
40. Дебелина на перикарп (мерени на плодови од втората берба)
41. Форма на основа на плод (каде што е споен со дршката)



42. Облик на врв на плод



43. Закривеност на плодот на пресек (пресек на 1/3 од основата каде што е прикачена дршката)



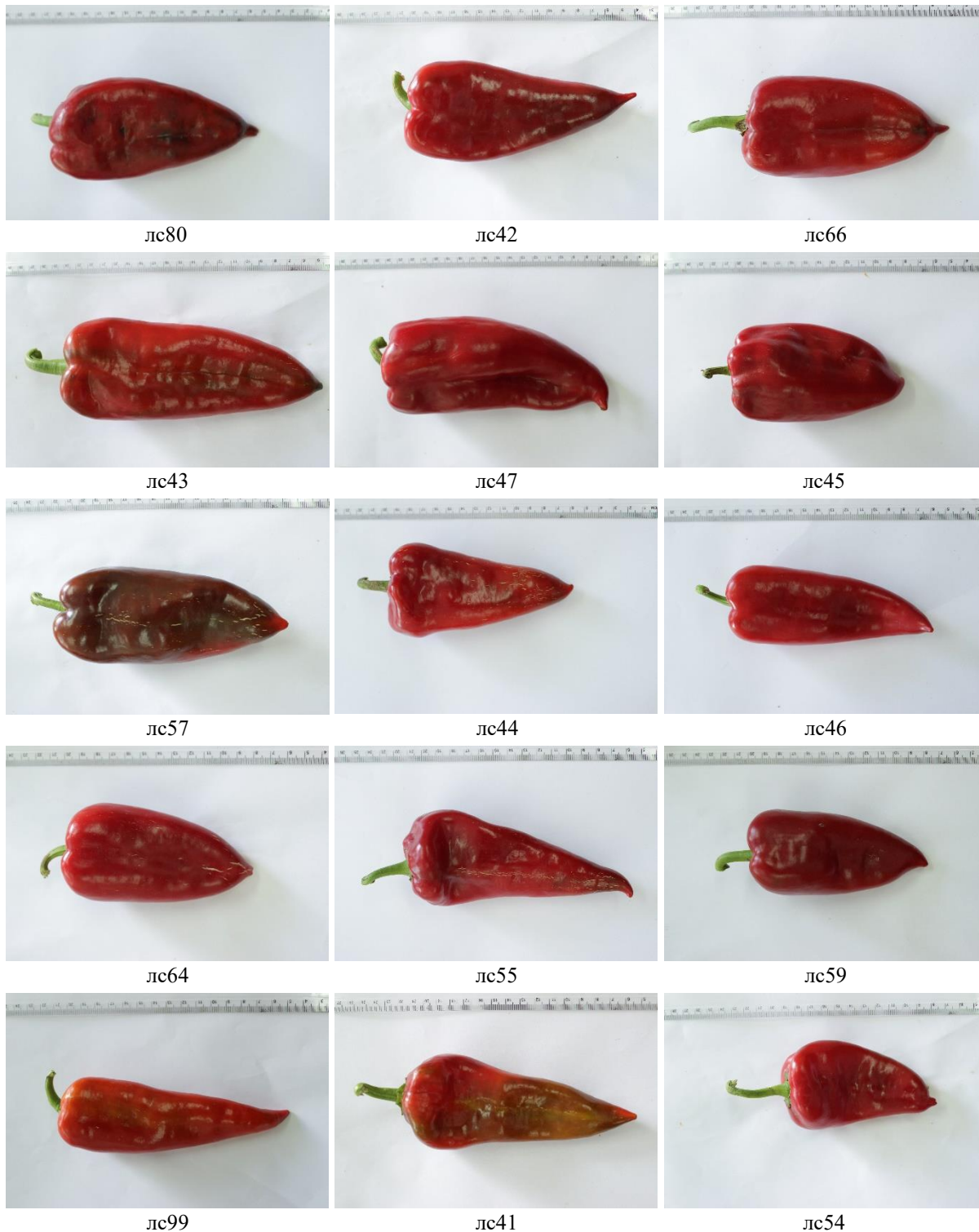
44. Број на комори
45. Површина на плод
46. Цврстина на зрел плод со дршка
47. Цврстина на зрел плод со стебло
48. Должина на плацента
49. Степен на сортна мешавина

VI Својства на семе

50. Боја на семе
51. Површина на семе
52. Дијаметар на семе

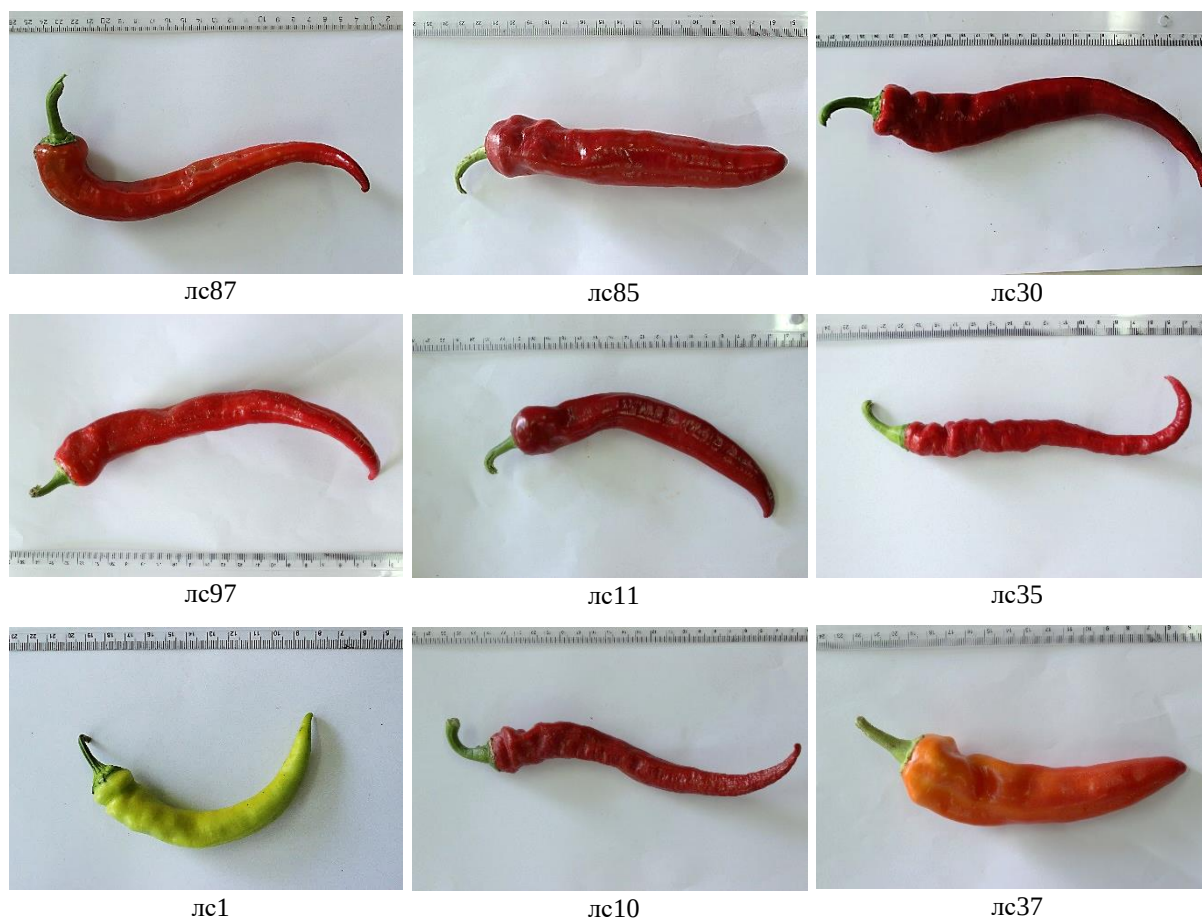
Прилог 2. Фотографии од испитуваните локални сорти во истражувањето

Слика 11. Фотографии на плодови од кластер I





Слика 12. Фотографии на плодови од кластер II





лс78



лс100



лс53



лс71



лс81



лс17



лс26



лс5



лс6



лс8



лс9



лс15



лс13



лс82



лс83



лс31



лс4



лс93



лс20



лс2



лс14



лс7



лс52



лс72



лс69



лс73



лс95



лс51



лс38



лс101



лс89



лс61



лс2



лс79

Слика 13. Фотографии на плодови од кластер III



лс28



лс84



лс27



лс25



лс29



лс12



лс16



лс65



лс90



лс77



лс92



лс63



лс68



лс24



лс33



лс36



лс74



лс86



лс62



лс75



лс91

Слика 14. Фотографии на плодови од кластер IV



лс67



лс50



лс70



лс76



лс23



лс49



лс56



лс34



лс98



лс19



лс18



лс21



лс40



лс22



лс94



лс39



лс60