УНИВЕРЗИТЕТ „КИРИЛ И МЕТОДИЈ” ВО СКОПЈЕ

ФАКУЛТЕТ ЗА ЗЕМЈОДЕЛСКИ НАУКИ И ХРАНА - СКОПЈЕ

М-р Албина Кика Красниќи

ВЛИЈАНИЕ НА КАЛЕМЕЊЕТО ВРЗ МОРФОЛОШКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ, ПРИНОСОТ И КВАЛИТЕТОТ НА РАЗЛИЧНИ ХИБРИДИ ПИПЕРКА (*Capsicum annuum* L.) ОДГЛЕДУВАНИ ВО ЗАШТИТЕН ПРОСТОР И НА ОТВОРЕНО

Докторска дисертација

Скопје, 2023

УНИВЕРЗИТЕТ „КИРИЛ И МЕТОДИЈ” ВО СКОПЈЕ
ФАКУЛТЕТ ЗА ЗЕМЈОДЕЛСКИ НАУКИ И ХРАНА - СКОПЈЕ

М-р Албина Кика Красниќи

ВЛИЈАНИЕ НА КАЛЕМЕЊЕТО ВРЗ МОРФОЛОШКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ, ПРИНОСОТ И КВАЛИТЕТОТ НА РАЗЛИЧНИ ХИБРИДИ ПИПЕРКА (*Capsicum annuum* L.) ОДГЛЕДУВАНИ ВО ЗАШТИТЕН ПРОСТОР И НА ОТВОРЕНО

Докторска дисертација

Скопје, 2023

Докторанд:
Албина Кика Красниќи
Тема:
Влијание на калемењето врз морфолошките карактеристики, приносот и квалитетот на различни хибриди пиперка (*Capsicum annuum* L.) одгледувани во заштитен простор и на отворено

Ментор:
Проф.д-р Рукије Агич
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Факултет за земјоделски науки и храна - Скопје

Членови на комисија:

Проф. д-р
Универзитет

Проф. д-р
Универзитет

Проф. д-р
Универзитет

Проф. д-р
Универзитет

Научна област:

Градинарство и цвеќарство

Датум на одбрана:

ВЛИЈАНИЕ НА КАЛЕМЕЊЕТО ВРЗ МОРФОЛОШКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ, ПРИНОСОТ И КВАЛИТЕТОТ НА РАЗЛИЧНИ ХИБРИДИ ПИПЕРКА (*Capsicum annuum* L.) ОДГЛЕДУВАНИ ВО ЗАШТИТЕН ПРОСТОР И НА ОТВОРЕНО

– Апстракт –

Клучни зборови:

EFFECTS OF GRAFTING ON MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS, YIELD, AND QUALITY OF PEPPER HYBRIDS (*Capsicum annuum* L.) CULTIVATED IN A GREENHOUSE AND OPEN FIELD

– Abstract –

Keywords:

Dedicated to my dear parents:
Ramadan Kika and Tahire Ruhani Kika
I am deeply grateful for all the support, sacrifices and love

БЛАГОДАРНОСТ

Prof. Rukie Agic has been my thesis advisor for several years, and I appreciate her professionalism and contributions. In addition, I would like to express my gratitude to Professors Skender Kaciu and Gordana Popsimonova for their invaluable assistance with my research and experimentation in Kosovo.

For their assistance in the field, I also like to express my appreciation to Tahire Ruhani Kika, Rrezon Kika, Leonard Krasniqi, Ardi Kika, Kimete and Vlerona Shaqiri, Dr. Igballe Shabani, and Shpend Jusufi. I would also want to express my appreciation to Agim Boja (Eco Green) and Dr. Skender Ramadani (Fidanishtja Godanci) for their assistance during the duration of the experiment.

I appreciate my kids, Blini and Mali, for bearing with me through this ordeal with such grace.

Thanks to Fehmi Geci and Valon Sadiku of Peja's Institute of Agriculture for your help with my chemical inquiry.

My thanks also go out to my family for the financial contribution to this research.

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……-13 -
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА 16
2.1. Потекло и селекција на пиперката 16
2.2 Оптимални услови за одгледување пиперка 17
2.3. Дефиниција за калемење 18
2.4. Историски преглед на калемењето 19
2.5. Основни предуслови за калемење 22
2.6. Методи за калемење 23
2.7. Предуслови за успешно калемење 24
2.8. Успешно калемење на пиперка 26
2.9. Промени кај пиперката предизвикани од калемење 29
2.10. Предности од калемењето на зеленчук 30
2.10.1. Влијание врз толерантноста на биотски стресови 30
2.10.2. Влијание врз толерантноста на абиотски стресови 34
2.10.3. Влијание врз вегетативниот раст и раностасноста 42
2.10.4. Влијание врз приносот и производните карактеристики 45
2.10.5. Влијание врз физичкиот квалитет на плодовите 49
2.10.6. Влијание врз нутритивниот квалитетот на плодот 52
2.10.7. Калемење *per se* споредба на самокалемени и некалемени растенија. 54
3. ОБРАЗЛОЖЕНИЕ НА РАБОТНИТЕ ХИПОТЕЗИ 57
4. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ 58
4.1. Експериментален материјал 58
4.1.1. Растителен материјал 58
4.1.2. Постапка за калемење 60
4.1.3. Услови за раст 60
4.2. Експериментални методи 62
4.2.1. Експериментален дизајн 62
4.2.2. Методи за оцена на морфолошките и продуктивните својства 62
4.2.3. Аналитички методи 63
4.2.4. Статистички методи 64
5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА 65
5.1. Динамика на пораст 65
5.2. Морфолошки својства на плодот 71
5.3. Продуктивни особини 75

5.4. Квалитни својства на плодот – хемиски параметри 79
5.4.1. Содржина на вкупни растворливи материи (TSS) и влага 79
5.4.2. Содржина на витамин С 81
5.4.3. Содржина на минерални материи 83
5.4.4. Содржина на нитрати и протеини 86
5.5. Компоненти на приносот 88
5.5.1. Пазарен принос 88
5.5.2. Непазарен принос 92
5.5.3. Вкупен принос 93
6. ЗАКЛУЧОК 112
7. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА 114
8. ПРИЛОГ 140

ЛИСТА НА ТАБЕЛИ:

Табела 1 Производство на пиперка во Косово во периодот 2016-2021 година- 15 -

Табела 2 Просечна температура на воздухот (°C) во Урошевац, во близина на експерименталната локација во текот на 2019, 2020 и 2021 година 60

Табела 3 Опис на експерименталните варијанти 62

Табела 4 Средни вредности за релативната динамика на пораст (%) кај варијантите на ‘Ariadni’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)66

Табела 5 Средни вредности за релативната динамика на пораст (%) кај варијантите на ‘Kaptur’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT) 67

Табела 6 Средни вредности за релативната динамика на пораст (%) кај варијантите на ‘Gelby’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT) . 69

Табела 7 Средни вредности за релативната динамика на пораст (%) кај варијантите на ‘Vedrana’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT) 69

Табела 8 Средни вредности за морфолошките својства на плодовите од варијантите од тип капија 74

Табела 9 Средни вредности за морфолошки својства на плодовите од варијантите од тип бабура 74

Табела 10 Средни вредности за продуктивните својства на варијантите од тип капија 75

Табела 11 Средни вредности за продуктивните својства на варијантите од тип бабура 76

Табела 12 Статистички индикатори за содржината на минерални материи (макроелементи) добиени со двофакторијална ANOVA со повторени мерења 84

Табела 14 Компоненти на приносот (g растение$^{-1}$) кај варијантите од тип капија 91

Табела 15 Компоненти на приносот (g растение$^{-1}$) кај варијантите од тип бабура 91

Табела 16 Вкупен принос (t ha $^{-1}$)* 93

Табела 16 Динамика на пораст на висината на растенијата кај варијантите од тип капија (cm) 98

Табела 17 Динамика на пораст на висината на растенијата кај варијантите од тип бабура (cm) 99

Табела 18 Динамика на пораст на дијаметарот на стеблото кај варијантите од тип капија (cm) 100

Табела 19 Динамика на пораст на дијаметарот на стеблото кај варијантите од тип бабура (cm) 101

Табела 20 Содржина на вкупни растворливи материи (TSS) во различни фази на зрелост(°Bx) 102

Табела 21 Содржина на вода во различни фази на зрелост (% FW^{-1}) 103

Табела 22 Содржина на витамин С во различни фази на зрелост (% 100 g FW^{-1}) 104
Табела 23 Содржина на нитрати во различни фази на зрелост (ppm)..... 105
Табела 24 Содржина на протеини во различни фази на зрелост (% 100 g FW^{-1})106
Табела 25 Содржина на калциум во различни фази на зрелост (ppm)..... 107
Табела 26 Содржина на калиум во различни фази на зрелост (ppm)..... 108
Табела 27 Содржина на магнезиум во различни фази на зрелост (ppm) 109
Табела 28 Содржина на натриум во различни фази на зрелост (ppm)..... 110
Табела 29 Содржина на фосфор во различни фази на зрелост (% 100 g FW^{-1}).. 111

ЛИСТА НА ГРАФИКОНИ:

Графикон 1 Просечни температурни отстапувања за време на вегетациската сезона (^oC) 61
Графикон 2 Реална динамика на пораст (cm) кај варијантите на хибридната сорта ‘Ariadni’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT) 66
Графикон 3 Реална динамика на пораст (cm) кај варијантите на хибридната сорта ‘Kaptur’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT) 67
Графикон 4 Реална динамика на пораст (cm) кај варијантите на хибридната сорта ‘Gelby’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT) 68
Графикон 5 Реална динамика на пораст (cm) кај варијантите на хибридната сорта ‘Vedrana’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)..... 69
Графикон 6 Крајна висина на растенијата (cm) кај некалемените (R0) и калемените варијанти на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3) 70
Графикон 7 Средни вредности за содржината на TSS во три фази на зрелост (^oBx) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP)..... 80
Графикон 8 Средни вредности за содржина на витамин С во три фази на зрелост (% 100g FW^{-1}) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP) 82
Графикон 9 Просечни вредности за трите фази на зрелост на макроелементите Ca, K, Mg, Na и P (ppm) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP)..... 86
Графикон 10 Содржина на нитрати во трите фази на зрелост (ppm) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP) 87
Графикон 11 Содржина на протеини во трите фази на зрелост (% FW^{-1}) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP) 88

Графикон 12 Средни вредности за вкупен принос (t ha^{-1}) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3)..... 96

ЛИСТА НА ФОТОГРАФИИ:

Фотографија 1 Калемен расад..... 141
Фотографија 2 Комора за зазадравување..... 141
Фотографија 3 Аклиматизација во оранжерија – фаза пред расадување 141
Фотографија 4 Формирање на леи за расадување..... 142
Фотографија 5 Расадување во оранжерија..... 142
Фотографија 6 Почеток на плодозафање 142
Фотографија 7 Фаза на масовно зреење..... 142
Фотографија 8 Полска вага (до 5 kg)..... 143
Фотографија 9 Лабораториска вага за индивидуални плодови 143
Фотографија 10 Мерење на перикап (напречен пресек) 143
Фотографија 11 Чистење на семето и плодната дршка 143
Фотографија 12 Подготовка за хемиски анализи (зелена зрелост) 144
Фотографија 13 Подготовка за хемиски анализи (црвена зрелост)..... 144
Фотографија 14 Непазарен плод - редок случај на BER 144
Фотографија 15 Период на берба..... 144

1. ВОВЕД

Пиперката, како култура што се одгледува низ целиот свет, има истакнато место поради својата економска вредност, разновидна употреба, сензорна разновидност и хранливи својства (Olatunji & Afolayan, 2018). Оваа култура е позната по раното производство, супериорниот принос и извонредниот квалитет на плодот. Повеќе се одгледува во заштитени простори отколку на отворено (Serret et al., 2018). И покрај тоа што во медитеранскиот регион се рангира на трето место во однос на одгледувањето во заштитени простори, зад доматот и краставицата, според економското значење таа се наоѓа на второто место (López-Marín et al., 2021).

Клучниот предизвик во одгледувањето на почва во заштитени простори, без примена на плодоред, се почвените болести. Овој проблем доби уште поголемо значење со усвојувањето на Монтреалскиот Протокол во 1992 година (амандманот од Копенхаген), со кој се забрани употребата на метилбромид за дезинфекција на почвата. Следствено, калемењето беше воведено како одржлива алтернатива за контрола на почвените болести во производството на зеленчук, (Tsaballa et al., 2021). Понатаму, оваа техника почна да се употребува не само за надминување на биотските стресови, туку и за подобрување на адаптибилноста на растенијата на субоптималните услови со цел да се намалат загубите во приносите, што е особено значајно во услови на климатски промени. Поширокатa примена на калемењето е овозможена и со автоматизацијата која нуди едноставно, брзо и ефикасно вегетативно размножување со кое може да се произведе здрав калемен расад со прифатлива цена.

Овој иновативен пристап иницира две различни цели во селекцијата на зеленчукот: селекција на бујни, компатибилни генотипови за подлоги и на генотипови за питомки со супериорна продуктивност и квалитет на плодот. Тој процес резултира со широк спектар на комерцијално достапни подлоги. Во услови кога подлогите се анатомски и физиолошки компатибилни со избраните питомки, подлогите значајно ја зголемуваат продуктивноста на културите. Тоа, пак, придонесува калемењето уште поинтензивно да се применува, особено во оранжерискoто производството каде што зголемените приноси можат да ги надоместат инфраструктурните и енергетските трошоци. Во отсуство на официјални статистички податоци за успешноста на калемењето, според Bie и сор. (2017), бујните питомки го зголемуваат приносот за 5,4 - 80,3 % кај доматот, 27,7 % кај патлиџанот, 8,8 – 57 % кај краставицата, 22,7 – 43 % кај лубеницата, 3,4 – 92 % кај дињата, 21,7 % кај артичоката и 9,2% кај пиперката. Ова се должи на ефикасното искористување на ресурсите и продолжените периоди на берба во производството на пиперка.

И покрај долгогодишната употреба на калемењето, неколку аспекти остануваат нерешени, како што е променливото влијание на подлогите врз особините на питомките поради геномските интеракции. Поединечни студии укажуваат дека калемењето не резултира секогаш со повисок принос и дека може да се добијат контрадикторни резултати во однос на приносот и квалитетот. Вообичаено, ваквите наоди се образложуваат со влијанието на подлогата врз биологијата и физиологијата на избраните питомки и врз развојот на квалитетните својства на нивните плодови. Дополнително, изразувањето на особините кај калемените растенија е комплексно и поради специфичните интеракции помеѓу подлогата, питомката и животната средина. Од тие причини, голем број експерименти се всушност дизајнирани за да потврдат дека

калемењето не влијае негативно врз приносот, и особено врз квалитетните својства на плодовите.

Во споредба со другите зеленчукови култури, вклучувајќи ги културите од фамилиите Cucurbitacea и Solanaceae, калемењето е помалку застапено во производството на пиперка во светот, како и во Косово (Rizani et al., 2021). Тоа што калемењето помалку се применува кај пиперката првенствено се должи на тоа што таа е компатибилна само со други видови од родот *Capsicum*. Често пати, комерцијално достапните подлоги кои што се отпорни на болести не се компатибилни со избраните сорти пиперка и го намалуваат приносот и квалитетот на плодовите. Затоа, за калемење на пиперка има помалку литературни податоци, а останува дискутабилно и дали оваа култура може да има придобивки од калемењето во отсуство на биотски и абиотски стресови. Негативниот ефект врз продуктивноста и квалитетот на плодовите може да се намали со прецизен избор на соодветни подлоги и питомки.

Друга теорија која што преовладува е дека калемените растенија имаат подобра продуктивност и квалитет на плодот во производството на отворено поради подобриот капацитет за апсорпција на вода и минерали од почвата. Сепак, со оглед на тоа што пиперката не е компатибилна со други видови кои имаат буен коренов систем, оваа хипотеза не може лесно да се прифати за производството на пиперка на отворено.

Agic и сор., (2012) од поодамна потенцираат дека при органско производство на пиперка, без соодветна заштита, ѓубрење и наводнување е речиси невозможно да се добијат дури и просечни приноси, заради нивната осетливост на болести и штетници. Калемењето може да помогне во одржувањето, па дури и во зголемувањето на приносот и квалитетот на плодот во услови на посилен биотски и абиотски стрес, без употреба на агрохемикалии (Islam et al., 2021; Fernández et al., 2022). На пример, во Холандија иако калемените растенија од пиперка и краставица можеби немаат повисок принос во конвенционалното производство, сепак се препорачуваат во органското земјоделство за контрола на почвените болести (Koren et al., 2017).

Со оглед на потребата за драматично зголемување на земјоделската продуктивност со цел да се обезбеди храна за растечката популација во светот, постои научен консензус дека калемењето претставува еколошка стратегија за борба против биотските и абиотските стресови и за подобрување на потенцијалот за принос, стабилноста и квалитетот на производите.

Благодарение на поволните климатски услови, одгледувањето пиперка е широко распространето во Косово. Големината на обработливата површина обично ја одредуваат производителите врз основа на производството од претходната сезона (Bajrami, 2023), 2023). Според државните статистички податоци, површината со пиперка зафаќа најголем дел од обработливите површини кои се наменети за зеленчук за свежа консумација и е приближно четири пати поголема од површината со домати. Индикаторите за производството на пиперка покажуваат мало, но континуирано намалување во периодот од 2016 до 2020 година, проследено со значаен пораст во 2021 година Табела 1. Просечното производство во овој период (3.227 ha, 61.319 t) значајно го надминува производството за периодот 2005 - 2015 година, кој изнесуваше 2.817 ha и 55.337 t (*Kosovo Agriculture in Numbers* , 2021).

Врз основа на податоците од Министерството за земјоделство, шумарство и рурален развој, Bajrami (2023) наведува дека домашното производство во периодот 2015 - 2021 година во просек задоволувало 85 % од потребите, а остатокот бил обезбеден со увоз. Во истиот период, цената на пиперката се зголемила од 1,18 €/kg на 2,18 €/kg.

Истражувањето на Frangu и сор. (2018) за проценка на ефикасноста на оранжериското производство на пиперка во Косово укажа на небалансирано искористување на вложувањата, односно прекумерните вложувања не резултирале со повисоки приноси. Тие заклучиле дека кај фармите и регионите што не се технички ефикасни има значаен потенцијал да се подобри севкупното работење преку ефикасно користење на вложувањата. Од тој аспект, калемењето може да се понуди како решение за попрофитабилно оранжериско производствоа, како и да се препорача за органско производство, дотолку повеќе што сертифицираното органско производство во Косово има тенденција на пораст Табела 1.

Табела 1 Производство на пиперка во Косово во периодот 2016-2021 година

Производство	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Површина (ha)	3 363	3 035	3 038	3 108	3 134	3 686
Производство (t)	68 849	62 934	49 907	59 404	53 889	72 928
Просечен принос (t/ha)	20,47	20,74	16,43	19,11	17,19	19,79

Извор: *Kosovo Agriculture in Numbers* (2021)

Имајќи ги предвид наведените фактори, цел на ова истражување беше да се утврдат ефектите од калемењето кај пиперката и различните комбинации меѓу подлогите и питомките врз растот, приносот и квалитетот на плодот и нивните компоненти кај калемените растенија при одгледување во оранжерија и на отворено. За реализација на оваа цел, во истражувањето беа вклучени по две хибридни сорти од два вида пиперка кои се популарни за свежа потрошувачка и за преработка во Косово и во поширокиот регион.

2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

2.1. Потекло и селекција на пиперката

Пиперката потекнува од Америка и припаѓа на големата комплексна фамилија Solanaceae која се состои од најмалку 98 родови и дури 2716 видови, вклучувајќи го и родот *Capsicum* со околу 30 различни видови од кои *Capsicum annuum* L. е најшироко распространет и најчесто одгледуван (García-Gaytán et al., 2017). Култивираните сорти пиперка припаѓаат на пет вида, од кои економски најважен е *C. annuum*. Овој вид е филогенетски близок со други два култивирани вида, *C. chinense* и *C. frutescens*, и трите видови заедно со нивните диви претходници го сочинуваат комплексот *annuum-chinense-frutescens* или комплексот *Capsicum annuum* (Pereira-Dias et al., 2019).

Другите два култивирани вида, *C. baccatum и C. pubescens*, припаѓаат на таксони кои се различни од комплексот *Capsicum annuum*, а нивното одгледување најчесто е ограничено на регионот на Андите (Pereira-Dias et al., 2019). Според кулинарските намени и морфолошки карактеристики, плодовите од пиперка најчесто се класифицираат како бабури (нелут, широк сладок плод) и чили пиперка (лут плод). Во литературата се користат и други имиња, како црвена пиперка, капија пиперка итн., кои ги опишуваат различни фенотипови на плодовите, имајќи предвид дека постои огромна варијација во обликот, бојата и големината на плодовите како и во изгледот на растенијата.

Како една од главните култури што се одгледуваат низ целиот свет, пиперката во голема мера се цени и има економско значење поради повеќекратната употреба, фенотипската разновидност, и нутритивната и лековита вредност на нејзините плодови (Olatunji & Afolayan, 2018). Според финансиската евалуација на López-Marín и сор. (2021) пиперката е трета култура во однос на нејзината застапеност во оранжериите, веднаш по доматот и краставицата, но е втора според економската важност во медитеранскиот регион. Најчесто се одгледува во оранжерии за постигнување на повисок принос и исклучителен квалитет на плодот, наместо на отворено поле со конвенционално одгледување (Serret et al., 2018). Слично, Rizani и сор. (2023) констатираат дека во Косово постои голема побарувачка за пиперка заради што оваа култура се произведува и на отворено и во оранжерии.

По одомаќинувањето, пиперката главно се одгледувала за конзумирање како храна и за непрехранбени цели (Chhapekar et al., 2018). Во изминатиот век, преку современата селекција се добиени хибридни сорти со подобра продуктивност и раностасност, со поуниформно ‘ртење и раст и поотпорни на болести и штетници. Напредокот во селекциските стратегии и методи е сѐопфатно претставен од страна на Barbosa и сор. (2015), од Devi и сор. (2021) за пиперка од типот бабура и од Jaiswal и сор. (2021) за чили пиперка.

Сепак, таквата насочена селекција резултирала со генетска ерозија и опаѓање на хетерогеноста на органолептичките особини на плодовите (Rivera et al., 2016). Покрај тоа, поради генетската униформност на култивираната пиперка, се засилила и појавата на биотските и абиотските стресови (Kyriacou et al., 2017) што резултирало со пониски

приноси, наспроти зголемената побарувачка за пиперка. Затоа, селекцијата на пиперката, во моментов, се соочува со решавање проблеми предизвикани од појава на нови штетници и болести, промена на климатските фактори, како и со преференциите на потрошувачите за специфични органолептички својства на плодот, како што се обликот, големината, вкусот и бојата (Devi et al., 2021).

2.2 Оптимални услови за одгледување пиперка

Пиперката претпочита топла клима за оптимален раст, така што квалитетни плодови се добиваат при 21 - 29°C температурен опсег и 25 - 30°C за ‘ртење на семето. Растенијата најдобро се развиваат на растресита, добро процедна, песоклива почва со pH 6,5 - 7,5 и ниска содржина на соли во почвата и водата за наводнување. Температурите под 15°C или над 32°C, како и недостатокот или вишокот од вода предизвикуваат абнормален вегетативен раст, пониски приноси и физиолошки нарушувања на плодот. Едно од нив е гниењето на врвот на плодот (blossom-end rot, BER), што е примарен фактор за намалување на пазарниот принос. Ова нарушување се јавува кај растенијата кои се одгледуваат при различни стресни фактори, како силната светлина и високите температури кои предизвикуваат предвремено созревање, засилено омекнување на плодовите, како и појава на ситни плодови. Се претпоставува дека BER првенствено се појавува поради несоодветна транслокација на калциумот до врвот на плодот, и брзо се проширирува на целата плодова површина. Појавата на BER, исто така, се поврзува со висока содржина на соли во почвата или водата, недостаток од наводнување, или недостаток од азот во исхраната кои придонесуваат за недостаток од Ca^{2+} Reitz и сор. (2021) забележале дека, и покрај вишокот на калциум во почвата, може да ја зголеми појавата на BER кај доматите, особено кај помалите или поголемите плодови што се во иста фаза на созревање. Друго физиолошко нарушување е напукнувањето на плодот на пиперката, но тоа не влијае сериозно врз приносот како BER (Penella & Calatayud, 2018).

Зеленчукот сè повеќе се одгледува во заштитени простори со цел да се надминат субоптималните еколошки услови и стресните реакции на растенијата. Jayasurya и сор. (2021) претставуваат преглед на нискобуџетни оранжериски структури за вонсезонско производство на зеленчук, вклучувајќи ги и предностите и ограничувањата на овој вид на производство. Оваа констатација е потврдена од Donovan и сор. (2023) кои извршиле научно-метричен преглед на 133 рецензирани трудови, објавени во периодот 2009 - февруари 2023 година, во кои се анализира употребата на високи тунели во земјоделските системи во САД и заклучиле дека бројот на трудови значајно се зголемил помеѓу 2017 и 2021 година. Според Lamont (2009), најголемата предност на високите тунели во умерените и тропските региони е заштитата од врнежите, со што се намалува можноста за појава на болести и загуби во приносот, а истовремено се подобрува квалитетот на плодовите и нивниот послеберbен квалитет. Во умерените региони високите тунели се користат за да се постигнат повисоки температури за есенско и пролетно производство, а понекогаш наоѓаат примена и во зимската сезона. Дополнително, повисоките температури во високите тунели го скратуваат периодот до првата берба и овозможуваат рано производство, со тоа што сеидба се изведува до 30 дена порано отколку на отворено. Продолжената сезона на берба, на крајот, резултира со поголеми приноси и повисок приход за земјоделците.

Успешното производство и пласман на пиперката зависат од економските, еколошките и квалитетните аспекти, а во однос на условите за производство одлучувачки

ефект врз приносите и квалитетот имаат техничките осовременувања (López-Marín et al., 2021). Ниските температури влијаат врз вегетативниот развој и репродукцијата на пиперката, додека високите температури и високата соларната радијација го забавуваат растот, ја намалуваат фотосинтезата и ја засилуваат транспирацијата со што се намалува искористувањето на водата и на јоните во неа (Penella & Calatayud, 2018).

Оттаму, за да се оптимизираат условите за одгледување и да се подобрат приносите на пиперката и квалитетот на плодовите, се воведуваат нови технологии во заштитеното производство, како што се греење - со цел да се елиминираат повредите од ниски температури и мраз, или ладење и проветрување - за да се елиминира топлинскиот стрес, потоа, губење на јаглерод диоксид (Fan et al., 2020), полуфорсирано одгледување (Díaz-Pérez, 2014; López-Marín et al., 2017), различни засенчувачи (Díaz-Pérez, 2014), термални завеси (López-Marín et al., 2017); хидропонско одгледување (Sharma et al., 2018; Velazquez-Gonzalez et al., 2022), посебно регулирање на хранливиот раствор за беспочвено одгледување (Amalfitano et al., 2017; Ding et al., 2022), примена на нано-фертилизација (Uresti-Porras, Cabrera-De-La Fuente, et al., 2021) итн.

Еден од најголемите недостатоци на оранжериското производство, во кое условите се контролирани, е отсуството на плодоред што овозможува развој на почвените болести. Овој проблем стана посебно значаен по усвојувањето на Копенхашкиот амандман на Монтреалскиот протокол од 1992 година, со кој се забранува употреба на метилбромид за дезинфекција на почвата. За да се надминат проблемите со биотските стресови во оранжериите, како алтернатива за пестицидите, селекционерите се фокусираа на создавање на отпорни или толерантни сорти, што е долготраен процес, а изворите за отпорност треба да се пребаруваат и да се лоцираат во масовен генофонд (Devi et al., 2021). Поради овие причини, калемењето беше воведено во зеленчуковото производство како средство за контрола на почвените болести и како еколошка алтернатива на некои други агрохемиски инпути (Tsaballa et al., 2011). Постојат и други методи за решавање на проблемите со болестите, но тие се помалку ефикасни (Suansia & Samal, 2021), особено во заштитеното производство.

2.3. Дефиниција за калемење

Според Koevoets и сор. (2016), калемењето е хируршка алтернатива на селекцијата која овозможува да се спојат два генотипа со пожелни особини на коренот и на надземниот дел од растението. Islam и сор. (2021) го дефинираат калемењето како метод кој „создава ново растение преку спојување на две растенија со различен генетски состав, едното обезбедува надземен дел од растението (питомка), а другото обезбедува коренов систем (подлога)“. Повторното воспоставување на новата растителна целина започнува со поврзување на ткивата на местото на калемењето, продолжува со бујна клеточна делба која резултира со формирање на калус и заеднички клеточни ѕидови и завршува со воспоставување на единствен спроведен (васкуларен) систем (Tsaballa et al., 2021). На тој начин, различни молекули се движат преку флоемот на подлогата и потомката, како протеини и иРНК кои учествуваат во клеточните биолошки процеси што придонесуваат за севкупното функционирање на растението (Davis et al., 2008). Во некои случаи, подлогата и потомката не се поврзуваат оптимално, што резултира со нелинеарни спроводни снопчиња кои го забавуваат транспортот на материјали. Ова може негативно да влијае врз вегетатитвниот развојот на растенијата и врз развојот на плодовите (Fisk, 2017).

Растителните делови што се спојуваат може да припаѓаат на еден или на различни видови или родови и, соодветно на тоа, калемењето може да биде intraspecies (внатревидово), interspecies (меѓувидово) и intergenus (меѓуродово). Двата дела меѓусебно си влијаат врз растот и развојот (Dash et al., 2021), преку воспоставениот спроведен континуитет помеѓу двата различни генетски композити со изменето нагорно снабдување со вода и минерални хранливи материи и надолен проток на фотосинтетските продукти (Sarafi et al., 2017). Поради тие причини, процесите на раст и развој претрпуваат значајни физиолошки промени (Belmonte-Ureña et al., 2020).

Од агрономски аспект, калемењето се користи за да се добијат супериорни растенија со комбинирање на пожелни особини на два генотипа со различен генетски профил. Во овој поглед, може да се врши независна селекција за пожелни особини на подлогата и на питомката (Kyriacou et al., 2017).

2.4. Историски преглед на калемењето

Калемењето на овошки и винова лоза е стара земјоделска техника која се практикувала уште во 2000 година п.н.е. Користејќи антички референци, Melnyk и Meyerowitz (2015) забележале дека калемењето се користело во Азија, Блискиот Исток и Европа од V век п.н.е. (Belmonte-Ureña et al., 2020), наведуваат дека Кинезите пресадувале дрвенести растенија 1000 години п.н.е. Аристотел објавил дела во кои детално ги опишал методите за калемење, додека калемењето со различни техники било редовна практика и во Римското Царство.

Според Lee и Oda (2010), најстариот запис за калемење на зеленчукови растенија датира од 500та година од н.е., кога земјоделците во Кина спојувале повеќе растенија од тиква со цел растенијата да имаат поголем коренов систем и плодови, но калемењето помеѓу два различни вида или сорти прв пат било документирано во раните години од XX век.

Деталите за историските податоци за меѓувидовото калемење на зеленчук се опишани од Sakata и сор. (2008), Kubota (2016), Gaion и сор. (2017), Kumar B. и Sanket, (2017), Bie и сор. (2017), Maurya и сор. (2019), Belmonte-Urena и сор. (2020), Dash и сор. (2021), Islam и сор. (2021) и Majhi и сор. (2023). Според податоците од нивните прегледни трудови, историскиот пробив на калемењето се случил со пронајдокот на еден мал одгледувач на лубеници во Јапонија, во 1914 година. Тој калемел лубеница на тиква со цел да го реши проблемот со фузариозното венење, постапка што подоцна научно ја истражувал Koshiro Tateishi. Тој ги објавил резултатите од „револуционерната техника“ во 1927 година, препорачувајќи го методот за калемење „на расцеп“. Оваа техника брзо се проширила во Јапонија, а потоа и во Кореја од доцните 1920-ти до раните 1930-ти години. Веќе во 1930-тите години, во Јапонија лубеницата се калемела на лејка за производство на расад во комерцијалното производство на лубеница. Во Јапонија, кон крајот на 1920-тите години започнале истражувања и за калемење на диња и краставица на подлоги од различни видови тикви, што резултирало со селекционирање на сорти од диња кои служеле како подлоги за постигнување на отпорност кон повеќе болести. Тие биле регистрирани и пуштени на пазарот околу 2003 година. Во САД, во текот на 1930-тите и 1940-тите години, доматот се калемел на дивиот припадник на истата фамилија *Datura stramonium* со цел да се реши проблемот со кореновите нематоди. Но, оваа подлога престанала да се користи поради можноста алкалоидите да се пренесат во плодовите. Во тој период и други плевели се користеле како подлога за различни

култури, како на пример дивиот вид *Solanum torvum* што актуелно се користи како подлога при калемење патлиџан. До 1950-тите години, во Јапонија станале популарни пластениците. Со тоа се интензивирал и проблемот со почвените болести, што истовремено ја забрзало и примената на калемењето. Така, семенските компании остварile висок профит од селекционирањето на подлоги што се отпорни на болести. Како резултат на тоа, со меѓународен маркетинг, калемењето почнало да се применува во многу земји. Ме нив е и Израел, која е меѓу првите земји што започнува со комерцијално калемење на зеленчук. Во 50-тите години на минатиот век, почнува калемењето и кај културите од фамилијата Solanaceae, кога патлиџанот прв пат бил калемен на подлога од видот *S. integrefolium*. Подоцна, во 1960-тите години, земјоделците во Кореја исто така започнуваат со комерцијално калемење на домат и краставица. Според податоците презентирани од Lee (1994), во Јапонија и Кореја во раните 1990-ти години производството на патлиџан и домат се зголемува за 59%, а на краставица и диња за 81%.

Kumar и сор. (2018), ги дополнуваат информациите за клучните моменти со калемењето во европските земји. Во 1947 година во Холандија е извршено калемење на диња за контрола на фузариозното венење, во 1976 година започнуваат истражувања за калемење на диња и лубеница во Шпанија. До крајот на 1980 година такви експерименти почнале да се спроведуваат и во Италија. Според Kubota (2016), во 1960-тите години, во Холандија, калемењето се применувало во оранжериите, но во наредните две децении употребата се намалила поради тоа што биле достапни отпорни сорти и хемиски фумиганти како метил бромидот. Сепак, авторката истакнува дека во текот на 1990-тите години, калемењето повторно станало популарно бидејќи поголемата бујност на растенијата била идеална за долгите производни циклуси во оранжериското производство на домати. Примената на калемењето во оранжериите се засилува и со развојот на техниките за калемење во Европа од средината на 1980-тите години (Belmonte-Ureña et al., 2020).

Клучните иновации во калемењето биле направени во текот на 1980-тите и 1990-тите години. Новите техники, вклучувајќи ги калемењето на врв, еднокотиледонското калемење и методите за заздравување, биле погодни за современите комерцијални системи за производство на расад кои користеле расадни контејнери. Така, калемењето на Solanaceae - културите се зголемило за 2-3 пати преку калемењето на врв, додека еднокотиледонското калемење е воведено како основен метод за механизирано калемење на растенијата од фамилијата Cucurbitaceae бидејќи било многу поедноставно од другите методи (Suzuki et al., 1998). Во почетокот на 1900-тите години биле развиени комори со контролирани услови за заздравување на калемените растенија за средни до големи расадници. Друга причина за тоа што калемењето масовно почнало да се применува во интензивното производство на зеленчук, како што беше спомнато, е тоа што оваа техника претставуваше алтернативна алатка за справување со почвените болести по забраната на метилбромидот како средство за дезинфекција на почвата (Kubota, 2016). Во оваа смисла, калемењето на зеленчуковите култури претставуваше повторно откриена иновација како алтернатива за стерилизација на почвата и тоа се проширува во ненадминати размери до денес (Kyriacou et al., 2016).

Од 1980-тите години, за да се намалат трошоците за работна сила и воедно да се поправи квалитетот на калемењето, започна да се проучува автоматизацијата на процесот, особено во Јапонија, Кореја и Кина. Иако Yan и сор. (2022) наведуваат дека биле измислени различни полуавтоматизирани роботи за комерцијална употреба, а

дизајнот се движел кон префинетост и специјализација, (Kubota, 2016) потенцира дека комерцијално се користеле само мал број роботи бидејќи питомките и подлогите требале претходно да бидат идеално и прецизно подготвени. Сепак, овие земји, како и некои земјоделски развиени земји во Европа, на почетокот на XXI век преминуваат кон целосно автоматизирани роботи (Belmonte-Ureña et al., 2020). Во моментов, дизајнот на роботите е фокусиран на уредите за добивање расад, стегање и сечење на растенијата, додека прецизноста и автоматизацијата постепено се развиваат со новите технологии за визуелизација, информатика и вештачка интелигенција Yan и сор. (2022).

Поефикасните практики за калемење овозможуваат во доцните години од XX век комерцијално производство на калемен расад (Islam et al., 2021) и како последица на тоа, Kubota (2016) наведува дека во 1990-тите години калемењето се воведува во Северна Америка и Канада со помош на холандските земјоделци. Според Bie и сор. (2017), Канада станува примарен снабдувач на калемен зеленчуков расад во САД и Мексико.

Уште во периодот 2002 - 2006 година, во САД се употребени над 40 милиони парчиња калемен расад, главно во хидропонско оранжериско производство на домати, а мала количина на калемен расад од лубеница се користи во опити на отворено (Kubota et al., 2008). Според истражувањето објавено од јапонската влада во 2011 година (“Current Status and Issues of Vegetable Grafting,” 2011) калемењето се применува во производството на лубеница, краставица и патлиџан, а дури 58% од доматите кои се одгледуваат во Јапонија се калемени.

Бидејќи калемењето на плодовите зеленчуци стана атрактивна и уникатна технологија за оранжерискоto и за органското зеленчуково производство како успешно средство за контрола на биотските и абиотските стресови, техниката станала глобално популарна и како таква е усвоена во поголемиот дел од оранжериите во Кина, Јапонија, Кореја, Турција, Израел, Шпанија, Холандија и САД (Islam et al., 2021). Наспроти овие земји, Nordey и сор. (2020) наведуваат дека во Африка потенцијалот за калемење на зеленчукови култури останува во голема мера непознат и неискористен.

Сите видови зеленчук не се погодни за калемење, главно поради нивните различни биолошки карактеристики (Goldschmidt, 2014). Во моментов, комерцијално калемење се применува во производство на неколку поважни зеленчукови култури: лубеница, диња, краставица, тиква, горка диња (*Momordica charantia)*, домат, патлиџан и пиперка (Bie et al., 2017). Постојат студии кои сугерираат дека оваа техника може да се користи и за други култури како што се: артичока (Temperini et al., 2013; Trinchera et al., 2013; Pandozy et al., 2016; Chaimala et al., 2020), зелка (Chen et al., 2019), грав (Gurusamy et al., 2010; Bernal Alzate et al., 2018; Vougeleka et al., 2023), леќа, грашок и бакла (Gurusamy et al., 2012) и некои поледелски култури како сојата (Li et al., 2019; Li et al., 2020).

Бидејќи не постојат официјални статистички податоци за калемењето на зеленчук и бидејќи статусот на примената на калемењето се менува динамично на глобално ниво, Pérez-Alfocea (2021) спровел сеопфатно пребарување за „зеленчукови подлоги“ во научните публикации објавени на Web of Science во 2019 година. Во однос на целната култура, пребарувањето покажало дека биле објавени околу 1 100 студии за домат, 450 за лубеница, 400 за краставица, 350 за диња, 200 за пиперка и 200 за патлиџан. Во однос на темата, околу 500 студии се однесувале на болести на растенијата и, во сличен број студии, се обработувале различни абиотски стресови, како и квалитетот на плодовите. Од вкупниот број на публикации, околу 15% се однесувале на комерцијални подлоги, од кои дури 85% биле користени за производство на домат. Врз основа на оваа анализа, нејзините автори заклучуваат дека, и од комерцијален и од научен аспект, калемењето

во светот најмногу се применува за доматот како култура и за постигнување отпорност на биотски стресови како предизвик за производството.

2.5. Основни предуслови за калемење

Sinha и Swapnil (2018), Maurya и сор. (2019), Islam и сор. (2021), Dash и сор. (2021) и Suansia и Samal (2021) ги опишуваат основните предуслови за успешно калемење како што следи: спроведувањето на операциите треба да биде точно во одредено време, алатките за калемење и хранливите подлоги за раст треба да се стерилизираат за да се спречат почвените болести во фаза на пораст на расадот, како и да се обезбедат потребни услови за одгледување во оптимално контролирана средина со физички бариери против преносителите на вируси. Против инсектите и габите треба да се применуваат специфични пестициди. Mundhe и сор. (2023) експериментирале со калемење на садници од патлиџан кои биле одгледувани во стерилна и нестерилна хранлива подлога. Очекувано, растенијата одгледувани во стерилна подлога биле супериорни според различни параметри на раст и развој, во споредба со садниците кои биле одгледувани во нестерилна подлога.

Со цел максимално да се зголеми потенцијалот за калемење, Suansia и Samal (2021) препорачуваат пред соединувањето на двете растенија идеално да се координираат нивните вегетативните циклуси. Исто така, задолжително треба да се применуваат соодветни санитарни мерки, како што е употребата на висококвалитетен семенски материјал кој не е заразен од штетници. Пред калемењето, расадот треба да се одгледува во простор изложен на полна сончева светлина и да се наводнува со помалку вода за да се зголеми неговата толерантност на стрес од суша. Подлогата и питомката треба да имаат ист дијаметар на стеблото за да не дојде до хетерокалемење и да не ослабне местото на калемење (Nordey et al., 2020). Двете компоненти треба да се исечат под прецизно идентични агли за да се воспостави најдобар контакт помеѓу исечените површини, и да бидат во соодветната фаза (2 - 3 вистински листа) за да се надмине проблемот со некомпатибилноста и да се олесни формирањето на калус. Калемењето треба да се врши на заштитена локација, далеку од грејни уреди, и рано или доцна во денот со цел да се избегне загубата на вода.

Калемените растенија треба да се негуваат 5 - 7 дена во комора за заздравување на 25 – 30ºC, 85 – 95% релативна влажност и низок интензитет на светлина (3 – 5 KLux), со можност за чување 1 - 2 дена во темно за да се намали транспирацијата, подобро да заздрави местото на соединување и да се поттикне формирање на калус. Потоа, калемените растенија се калат 7 - 10 дена во комора за аклиматизација или пластеник со различни степени на засенчување за да се спречат сончевите опекотини и физиолошкиот стрес при расадувањето. Во трудот на Miles и сор. (2016) е даден деветодневен протокол за заздравување специфичен за одредена локација.

Освен горенаведените предуслови, за да се постигне максимален успех при калемењето на зеленчук неопходно е да се земат предвид и други специфики, како изборот на соодветна техника за калемење, изборот на пожелни компатибилни подлоги и питомки и нивното комбинирање (Dash et al., 2021).

2.6. Методи за калемење

Производителите вообичаено го избираат методот за калемење на одредена култура во зависност од повеќе фактори: расположливите капацитети и работната сила, предвидена количина на производство, намената на калемењето и конечно, зависно од нивниот личен избор и експертиза. Самиот чин на калемење кај повеќето култури од фамилијата Cucurbitaceа се врши по формирањето на првите два вистински листа кај подлогата, а кај културите од Solanaceae во фазата на четири вистински листови (Nawaz, 2017).

Во трудовите на Dash и сор. 2021; Islam и сор. (2021); Imandi и Bahadur (2023) и Majhi и сор. (2023), можат да се најдат повеќе информации и преглед на методите што се користат за рачно калемење. Во продолжение е претставен кус и илустриран опис на методите според Ristovska (2012):



Калемење со шило (Hole insertion grafting) – најчесто се употребува за калемење на лубеница, заради различните дијаметар на стеблото на тиквата или лејката (подлогите) и на лубеницата.



Модифицирано калемење со шило (Modified hole insertion grafting) – варијанта од калемење со шило, со тоа што калемењето се изведува под котиледонот на подлогата. Двата начина на калемење не бараат дополнителни трошоци.



Аблактирање (Tongue approach tecnique) - оваа техника е многу добра за почетници и за земјоделци кои немаат софистицирани оранжерии. Иако бара поголем простор за изведување (за две растенија) и работна рака, процентот на успешно накалемени растенија е многу висок.



Косо или калемење на врв (Splice/Top grafting) – најчесто се користи за културите од Cucurbitaceae, популарна техника кај искусните производители и специјализираните фирми за производство на калемен расад. Големиот процент на успешно накалемени растенија се должи на косиот засек со кој се зголемува контактната површина помеѓу питомката и подлогата.



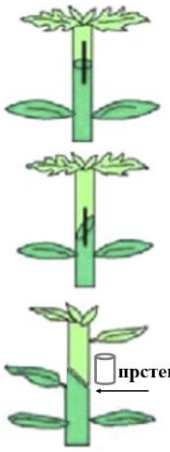
Двојно косо калемење или двојно калемење на врв (Double splice/top grafting) – се применува за калемење на повеќе видови питомки на една подлога.



Калемење на еден вистински лист (Epycotil incertion grafting) - погодно за сите типови зеленчук. Калемењето се изведува над првиот вистински лист и затоа подлогата треба да биде посеана десетина дена порано од питомката.



Калемење на процеп (Cleft crafting) - техника погодна исклучиво за рачно калемење. Подлогата се засекува внимателно со кус надолжен пресек во облик на буквата V и во процепот се вметнува питомката која треба да има два до три вистински листа.



Калемење со игла (Pin grafting) - Принципот е ист како кај косото калемење, со тоа што наместо штипка или прстен, во центарот на спојот меѓу питомката и подлогата се поставува тенка керамичка или бамбусова игла. Двата типа на игли, долги околу 15 mm, со дијаметар од 0,5 mm, се разградливи. Цената на иглите ја качува цената на калемењето и затоа немаат поширока примена.

Tube grafting – слично на косо калемење, но растенијата се прицврстуваат со еластичен прстен наместо со штипка, калемењето се врши побрзо и вообичаено се применува кај културите од Solanaceae.

Според Maurya и сор. (2019), условите во просторот за заздравување на растенијата по калемењето треба да обезбеди соодветна нега за новокалемениот расад. На пример, во текот на првите 2 дена треба да се одржува 95% влажност за питомката да не овене поради загуба на вода. За таа цел, расадот треба да заздравува во комори со контролирани услови или 5 - 7 дена по расадувањето треба да се покрива со црна фолија и да се намали интензитетот на светлината.

2.7. Предуслови за успешно калемење

Најважниот предуслов за успешно калемење е изборот на соодветни подлоги и ппитомки со добра компатибилност. Maurya и сор. (2019) ја дефинираат компатибилноста при калемењето како „соодветно блиска генетска сродност помеѓу подлогата и питомката за да се формира успешен спој при калемењето, под претпоставка дека сите други фактори (агротехника, време на изведување на операциите, температурата итн.) се оптимални“. Компатибилноста ја зголемува стапката на преживување на расадот, дури и во подоцната фаза на раст (Maurya et al., 2019; Dash et al., 2021). Некои видови се целосно некомпатибилни, поради значајни физиолошки разлики или поради нивниот таксономски афинитет.

Затоа, калемењето не е многу успешно кога се врши меѓу растенија од различни родови, и уште понеуспешно кога растенијата припаѓаат на различни фамилии. Блискосродните видови, исто така, можат да бидат некомпатибилни. Во таа смисла, Belmonte-Ureña и сор. (2020) ја дефинираат компатибилноста како „способност на две растенија успешно да се спојат и да се развијат како едно сложено растение“. Според Islam и сор. (2021), „колку што се двете растенија генетски поблиски, толку е поголема веројатноста дека успешно ќе се спојат при калемењето. Висока стапка на успех се постигнува при калемење на идентични клонови, и при внатревидовото, а понекогаш и при меѓувидовото калемење“. Сепак, во специфични случаи, како подлоги се користат и култури од различни видови. На пример, Mahbou и сор. (2022) ја калемеле комерцијалната сорта домат ‘Rio Grande’ на подлоги од два различни вида патлиџан, *S. aethiopicum* и *S. macrocarpon*, и забележале дека калемењето значајно влијаело врз дијаметарот на стеблото, а го скусило и времето до цветање кај сите калемени комбинации во споредба со некалемените контроли. Но, калемењето било поуспешно кога подлогата припаѓала на *S. aethiopicum*, и растенијата имале подобар раст кој бил

сличен како кај некалемените растенија. Сепак, другата комбинација на калемење покажала подобри резултати во однос на послебербената свежина на плодовите.

Во производството на култури од фамилијата Cucurbitaceae може да се постигне подобра отпорност кон коренови нематоди доколку се користат подлоги од видовите *Cucumis metuliferus, Cucumis ficifolius, Sicyos angulatus* и дивиот вид *Cucurbita pustulatus* (Sigüenza et al., 2005; Liu et al., 2015), како и подлоги од *Benincasa hispida* и тиква (Galatti et al., 2013). На сличен начин, подлогите од тиква (*C. moschata*) и *Benincasa hispida* ги зголемиле приносите и вегетативниот развој на растенијата одгледувани во области инфицирани со *Phytophthora capsici* (Nemati & Banihashemi, 2015).

Соодветноста на подлогата различно се манифестира во зависност од културата, сезоната на одгледување, производните услови (во оранжерии или на отворено) и од климатските и почвените услови (Islam et al., 2021). Според Sinha & Swapnil (2018), подлогите треба да се избираат врз основа на нивната животоспособност, отпорноста кон болести и адаптибилноста кон локалните климатски и почвени услови, додека питомките треба да се избираат врз основа на сортната чистота, животоспособноста, приносот, квалитетот на плодот, како и побарувачката на пазарот. Во тој случај, соодветните подлоги ќе влијаат врз морфологијата и физиологијата на питомката, ќе ја зголемат нејзината способност за справување со биотските и абиотските стресови и ќе поттикнат добар раст и продуктивност на питомката без да се намали квалитетот на плодовите (Islam et al., 2021; Majhi et al., 2023).

Како подлоги за калемење, во градинарското производство главно се користат странооплодни сорти, комерцијални сорти и хибриди. Во некои азиски земји, како подлоги за калемење на домат и патлиџан се користат локални сорти или диви видови (како *S. torvum*). Nordey и сор. (2020) направиле преглед на неколку студии за употребата на дивите видови како подлоги за зголемување на отпорноста кон почвени болести. Тие заклучиле дека употребата на вакви подлоги е проследена со многу проблеми. Вообичаено тие не ’ртат и не се развиваат униформно, не се компатибилни со питомките и се забележува негативно влијаат врз бујноста на растенијата.

Изборот на подлогата, пред сè, зависи од проблемот што се очекува да се реши. Соодветно на тоа, се создаваат различни подлоги за надминување на специфични проблеми во градинарското производство. Belmonte-Ureña и сор. (2020), во нивниот прегледен труд ги сумираат пожелните особини кои треба да ги поседуваат подлогите за комерцијално производство: да имаат афинитет и компатибилност со питомката за да можат калемените растенија правилно да се развиваат и да растат до бербата, да се отпорни/толерантни на почвени болести и евентуално, на други болести и на абиотски стресови, како и да ја подобрат бујноста и силата на калемените растенија. Освен овие карактеристики, значајни се и комерцијалните аспекти, како манипулацијата со растенијата, униформноста и истовременото ‘ртењето, никнењето, одгледувањето и квалитетот на плодовите.

Успехот на калемењето во голема мера зависи и од комбинациите помеѓу подлогите и питомките. Сите комбинации не функционираат добро, иако и подлогата и питомката одделно имаат добри карактеристики. (Nordey et al., 2020) даваат опширен преглед на различни објавени резултати добиени со употреба на специфични подлоги. На пример, подлогата за домат ‘Hawaii 7996’ и подлогата за патлиџан ‘EG203’, кои биле промовирани во Азија за зголемување на отпорноста кон бактериско венење, покажале променливи резултати во различни локации и сезони. Според Albacete и сор. (2015), една од причините за таквата варијација во производството на калемен зеленчук е тоа што

влијанието на интеракцијата генотип х услови на одгледување е дополнително оптоварено со интеракцијата питомка х подлога. Затоа, секоја специфична комбинација треба да се оценува во различни средини.

Во неколку прегледни трудови, меѓу кои и оние на Ranjan и сор. (2015) и Jain и сор. (2022), се приложени списоци од подлоги што се користеле за калемење. Дополнително, Pérez-Alfocea (2021) извршил преглед на тековниот статус на калемењето, како и на социјалните предизвици, обезбедноста со храна, неухранетоста, зачувувањето на природните ресурси, климатската адаптација и социјалните, агрономските и еколошките проблеми кои можат да се решат со калемење. За да се постигнат овие цели, тој заклучил дека колекциите од гермплазма што може да се користи за калемење и базите на податоци треба да бидат јавно достапни, а на примероците треба да им се идентификуваат особините од интерес.

2.8. Успешно калемење на пиперка

И покрај тоа што калемењето интензивно се употребува за културите од фамилијата Cucurbitaceae, меѓу културите од фамилијата Solanaceae оваа практика најретко се користи кај пиперката, иако сите три култури (домат, пиперка, патлиџан) се погодни за калемење поради нивната регенеративна способност (Gaion et al., 2017). Калемењето во производството на пиперка, исто така, не е доволно искористено во Косово (Rizani et al., 2021). Во споредба со доматите, за калемење на пиперка има многу помал број на објавени трудови и сè уште е дискутабилно дали тоа може позитивно да влијае во отсуство на почвени болести или еколошки стресови.

Една од причините што оваа техника не се користи доволно кај пиперката е тоа што не се достапни доволно бујни комерцијални подлоги за да бидат економски исплатливи (Penella et al., 2017). Дополнителна причина за ваквата ситуација е што комецијалните подлоги не се истовремено толерантни на биотски и абиотски стресови за да се добие подобар принос и воедно да се амортизираат дополнителните трошоци за калемење (Penella & Calatayud, 2018).

Друга причина за ретката употреба на калемење кај пиперката е тоа што, за разлика од културите од Cucurbitaceae, таа не е компатибилна со другите култури од фамилијата Solanaceae. Меѓу раните обиди да се најдат компатибилни подлоги кај други видови од Solanaceae, е и експериментот на Tai и сор. (2004) кои ги калемеле сортите пиперка ‘Andalus’ и ‘Delicacy’ на 7 диви видови и 13 линии од патлиџан. Сите калемени растенија имале побавен раст, а на 15 - 45 дена од растот забележале џуџести растенија кои постепено развивале виолетова нерватура, хлороза на листовите, се појавила дефолијација, а во некои комбинации растенијата угинувале. На сличен начин, пиперката не била компатибилна со подлогите од патлиџан во експериментот на Rana и сор. (2015), како и со други видови од родот *Solanum* (Bletsos & Olympios, 2008), како што се *Solanum scabrum* и *Solanum gilo*.

Податоците за калемење пиперка на подлога од домат се поваријабилни и укажуваат на речиси целосна некомпатибилност (Al-Chaabi et al., 2009), па сè до 84% успешно заздравување, но со многу промени во морфологијата на пиперката (Eltayb et al., 2013). Rodriquez и Bosland (2010) постигнале 100 % успех при калемењето на 3 сорти пиперка на подлога од сортата домат ‘Celebrity’, но не ги проучувале својствата на калемените растенија. Напротив, Loewen (2018) утврдил дека подлогите од домат (сорти ‘Maxifort’ и ‘Sweetie’) не биле погодни за калемење на пиперка. Тој заклучил дека во

зоната на калемениот спој имало деформации, бројот на растенија се намалил за 59 – 93%, значајното се намалил приносот (78 – 89%) и бројот на пазарни плодови (за 58%), а стапка на угинување на растенијата била висока, што значи дека некомпатибилноста се манифестирала подоцна.

Сепак, другите видови од Solanaceae, кои не припаѓаат на родот *Capsicum*, не се доволно испитувани како потенцијални подлоги за пиперка. На пример, Ives и сор. (2012) ја калемеле сортата ‘Scotch Bonnet’ (*Capsicum chinense*) на подлоги што се толерантни на засолени почви: патлиџан (сортата ‘Black Beauty’), домат (сортата ‘Akash’) и дивиот вид *Solanum nigrum*. Тие констатирале дека процент на преживување се движел од 16% до 100% кај калемените растенија на подлоги од *Solanum nigrum* и од патлиџан, соодветно. Дополнително, Mendieta-Vázquez и сор. (2023) од сèуште необјавените податоци известуваат за релативно добра компатибилност при калемење на различни видови и сорти од родот *Capsicum* на подлоги од култивирани и диви видови од родот *Solanum* (34 % со *S. tuberosum* и 24 % со *S. cardiophyllum*).

Најпопуларни подлоги за калемење на пиперка се внатревидовите хибриди од *C. annuum*, како ‘NIBER®’ (Aidoo et al., 2019; López-Serrano et al., 2020; López-Serrano et al., 2022; Gisbert-Mullor, Pascual-Seva, et al., 2020; Gisbert-Mullor, Ceccanti, et al., 2020 и Padilla et al., 2023) или различни сорти од истиот вид. Од неодамна, како извори за отпорност кон абиотски стресови, започнаа да се користат локални сорти (Gisbert-Mullor, Ceccanti, et al., 2020) и примероци од ген-банки (Penella et al., 2015; Penella et al., 2016; Gisbert-Mullor et al., 2021; Gisbert-Mullor et al., 2023; López-Serrano et al., 2019 и López-Serrano et al., 2022).

За решавање на проблемите со почвените патогени и тропските температурни стресови, се испитуваат и меѓувидовите хибридни подлоги помеѓу *C. annuum* и други видови на *Capsicum*, како што се *C. annuum* x *C. chinense*, врз основа на претходно добиените експерименталните резултати за потенцијалот на различни култивирани видови од *Capsicum* да се користат како подлоги. На пример, Oka и сор. (2004) истражувале потенцијални извори на отпорност кон кореновите нематоди кај видовите *C. baccatum, C. chinense, C. chacoense* и *C. frutescens.* Сите овие видови, освен *C. chinense,* исто така биле анализирани и за отпорност на поплавување од страна на Palada и Wu (2008), како потенцијални подлоги за тропските региони. Во двата експеримента, *C. frutescens* покажал најдобри резултати во споредба со другите видови. И покрај тоа, во други региони, каде што болестите и абиотските стресови не се главен проблем, сè уште е дискутабилно дали има придобивки од калемењето на пиперка (Michel et al., 2015).

Penella и сор. (2013) ги анализирале видовите *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. pubescens* и *C. frutescens* за толерантност на засолени почви. Два од видовите (*C. baccatum* и *C. chinense*) кои биле користени во натамошни експерименти (Penella et al., 2014; Penella et al., 2015) покажале поголема продуктивност во комбинација со користените подлоги при одгледување на засолени почви. Според авторите, тоа се должи на ограниченият транспорт на Cl^- јони од подлогите до листовите на питомките и помалата количина на Na^+ јони во корените и листовите што овозможило да се искористуваат други катјони за постигнување на понизок осмотски потенцијал со помалку потрошена енергија (Penella et al., 2016). Сите овие експерименти демонстрирале дека подлогите од *C. baccatum* поттикнуваат пожелни ефекти кај користените питомки.

Овие два вида биле користени како подлоги и од Vega-Alfaro и сор. (2021) за подобрување на толерантноста кон бактериското венење. Двете подлоги, ‘Aji Rico’ (*C. baccatum*) и ‘Primero red’ (*C. chinense*), биле компатибилни со четирите сорти пиперка што биле користени како питомки и не предизвикале никаков негативен ефект кај питомките. Напротив, ‘Primero red’ ја зголемил масата на плодот и го скратил времето до цветање кај сите калемени варијанти, во споредба со некалемените контроли. Иако и двете подлоги биле лути, во плодовите не било утврдено присуство на капсаицин. Во паралелен експеримент, Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas и сор. (2021) не утврдиле интеракција меѓу подлогите од видовите *C. baccatum* и *C. chinense* и користените питомки, додека подлогата од *C. chinense* придонела за зголемување на приносот и бројот на плодови и во оранжериско и во производство на отворено, со сигнификантни разлики само кај производството на отворено.

Исто така, како подлоги се користеле и различни култивирани видови од *Capsicum* за да се анализира нивниот ефект врз растот и продуктивноста на питомките. Saporta и Gisbert (2013) утврдиле најмал број на плодови од растение кај сортата пиперка ‘Filon’ кога таа била калемена на подлоги од одомаќинети видови на *C. annuum* и *C. pubescens*. Кај растенијата што биле калемени на подлога од *C. baccatum* утврдиле слични вредности заврзани плодови и масата на плодот како кај растенијата што биле калемени на три познати подлоги од *C. annuum.* Ваквиот резултат укажува на тоа дека видот *C. baccatum* може да биде од интерес за калемење на пиперка.

Чили пиперките се корисни подлоги за зголемување на толерантноста кон бактериското венење (Rana et al., 2015) и за намалување на појавата на почвени болести (Wu et al., 2012) кај пиперката, со истовремена супериорна продуктивност и зголемен пазарен принос на питомките. Меѓу нив, најпопуларната подлога што се користи во експериментите е дивиот чили тип ‘SCM-334’ (Leal-Fernández et al., 2013; Saadoun & Allagui, 2013; Doñas-Uclés et al., 2015).

Покрај физиолошка компатибилност, мора да се обезбеди и анатомска компатибилност кај калемените комбинации (Devi et al., 2021). На пример, расадот од подлогите и расадот од питомките треба да имаат иста височина и сличен дијаметар на стеблото. За да се синхронизира дијаметарот на стеблото, семето од чили пиперката треба да се посее 5 – 6 дена порано од семето на питомката од слатката пиперка, бидејќи дијаметарот на чили пиперката се зголемува побавно отколку оној на слатката пиперка. Расадот може да се одгледува во подлоги за раст со различен сооднос, на пример, Camposeco-Montejo и сор. (2018) за ‘ртење користеле 70:30 мешавина од тресет и перлит. Потоа, Johkan и сор. (2009) утврдиле дека кај пиперката преживувањето зависи од фазата на развој на калемените растенија бидејќи дефолијацијата била повисока при калемење на постари растенијата отколку кога се калемат помлади растенија. Дефолијацијата може да се намали со фолијарна апликација на апсцисинска киселина која што поттикнува и да се формира калус на пресекот на калемењето (Johkan et al., 2008). На сличен начин, позитивно влијание има и поголема концентрација од јаглерод диоксид кој поминува врз стомите на листовите што резултира со брз и рамномерен раст на расадот (Xu et al., 2016). Затоа, оваа практика може да се применува за заздравување и аклиматизација на калемениот расад.

Преживувањето при калемењето, дури и кај меѓувидовите комбинации, во голема мера зависи од избраните комбинации. На пример, Jang и сор. (2012) утврдиле 80% преживување кај сите растенија калемени на пет комерцијални подлоги и девет селекциски линии од *C. annuum*, додека Mendieta-Vázquez и сор. (2023) утврдиле повисок

процент на преживување кај 12 меѓусортни комбинации (80 – 100%), но без сигнификантни разлики, освен кај самокалемената сорта ‘Serrano’ (75%).

2.9. Промени кај пиперката предизвикани од калемење

Познато е дека кореновиот систем може да има значајно влијание врз развојот и биологијата на растенијата, вклучувајќи го и влијанието врз вегетативниот и репродуктивниот капацитет, како и врз некои морфолошки карактеристики на растението. Влијанието на внатревидовите и меѓувидовите комбинации меѓу подлогата и питомката врз вегетативните, морфолошките и квалитативните својства на растенијата и плодовите на пиперката не е доволно познато. Се очекува дека коренот може да влијае врз физиологијата и метаболизмот на питомката и да ја промени содржината и хемискиот состав на некои важни соединенија. Некои од тие промени, како што се изменет облик или големина на лист и плод, се наследуваат во потомството што отвора можност процесот на калемење да резултира со хибриди.

Раните експерименти со калемење на пиперка биле фокусирани на проучување на различни варијанти од калемените растенија со цел да се создаде варијабилен селекциски материјал и да се утврди природата на промените кај питомките. Abirami (2009) направил преглед на литературни податоци за генетските промени кај бабурата што се јавиле како резултат од калемењето и според нивниот механизам заклучил дека растенијата немале карактер на химери, односно имале особини на хибриди бидејќи промените се наследувале во потомството.

Во раните експерименти се претставени докази за добивање на хибриди при калемење на пиперка (Yagishita & Hirata, 1986; Yagishita et al., 1990; Taller et al., 1998; Taller et al., 1999; Hirata et al., 2003). На пример, Yagishita, (1961a) и (1961b) добил различни варијанти во однос на формата на плодот, содржината на капсаицин и растот на растенијата од сортата чили пиперка ‘Yatsubusha’ кога била калемена на сортата ‘Spanish Paprika’. Пониската содржина на капсаицин во плодовите од ‘Yatsubusha’ се наследувала најмалку две генерации во потомството добиено со самооплодување и со страноопладување (Yagishita et al., 1985). Подоцна, Yagishita и Hirata (1987) во потомството утврдиле шест различни варијанти на врвот на плодот кои се наследувале паралелно со ниска содржина на капсаицин и грмушковиден хабитус на растенијата во следните 26 генерации при генеративно размножување. Врз основа на анализите на ДНК која се пренела од коренот до питомката, тие заклучиле дека ретротранспозонскиот систем учествувал во трансферот на гени и интегрираниот механизам кај калемените растенија. Eltayb и сор. (2013) исто така забележале 76% промени во морфологијата на листовите и 78% во морфологијата на цветовите кај пиперка калемена на домат. Поспецифично, листовите се менувале од прости во сложени (како кај доматот), но прилиските немале лобуси и назабени рабови.

Новите особини можат да бидат наследни, а освен тоа, можат да се добијат и нови варијанти со стабилни особини што се наследуваат кои не биле присутни кај подлогата ниту кај питомката, ниту пак кај нивното потомство добиено со генеративно размножување. На пример, Taller и сор. (1998) предизвикале генетски промени со постојано калемење, што резултирало со многу различни варијанти. По пет последователни калемења, тие избрале линија врз основа на формата на плодот и по 45 генерации на инбридинг, избрале стабилна хибридна линија (‘G5 S45’). Со помош на

RAPD – анализа, докажале присуството на ДНК од подлогата во калемените варијанти која ги поттикнала нивните промени. При комбинирање на калемената варијанта (плод со два лобуса) со генотипови со други особини, како што се поголем плод (плодовите од питомката која имала издолжен плод биле пошироки кога таа била калемена на подлога со бабурести плодови), подебел перикарп, повисока содржина на шеќер, подобар вкус и отсуство на лут вкус се добиле пет различни линии (Taller et al., 1999).

Промени во формата на плодот на пиперката, предизвикани од калемење, се забележени и од Saadoun и Allagui (2013), Fisk (2017) и Birkás и сор. (2021). Tsaballa и сор. (2011) комбинирале две сорти со различна форма на плодот: ‘Mytilini’ (со тркалезни висечки плодови со удолен раст) и ‘Piperaki’ (издолжени плодови со исправен раст) во сите можни комбинации на калемење. Кога ‘Piperaki’ ја користеле како подлога, плодовите на ‘Mytilini’ добивале издолжена форма, додека кај обратната комбинација не забележале промени. Овие промени се наследувале во потомството до две генерации, со генеративно размножување. Во нивната подоцнежна студија Tsaballa и сор. (2013), со примена на прајмери за интер-едноставни повторувачки секвенци (intersimple sequence repeat primers, ISSR) идентификувале само мали генетски промени кај питомката, а генетскиот профил на потомството бил посличен на профилот на питомката.

Откако се констатирало дека калемењето може да резултира со физички хибриди и дека кореновиот систем може да предизвика промени во надземниот дел од питомката, биле спроведени многу истражувања за да се разјасни основниот механизам на промените. Така, се утврдило дека новите варијации во особините на растенијата не се предизвикани од промена на геномот, туку од различно ниво на транскрипција и експресија на соодветните гени (Tsaballa et al., 2013) и (Albert et al., 2017) и од наследната промена во образецот за метилација на ДНК кај калемените питомки (Wu et al., 2013). Тие генетски модификации биле епигенетски индуцирани од фрагменти на РНК (мобилна РНК, иРНК, сиРНК и микроРНК) и од некои протеини кои се движат од подлогата до питомката (Zhang et al., 2013; Bhogale et al., 2014; Goldschmidt, 2014; Springer & Schmitz, 2017; Tsaballa et al., 2021). Сèуште не е познато дали кореновиот систем и надземниот дел од растението можат меѓусебно да си предизвикуваат генетски промени или пак промените се еднонасочни (Goldschmidt, 2014). Молекуларните аспекти на комуникацијата помеѓу подлогата и питомката подетално се обработени во неодамнешниот прегледен труд на Tsaballa и сор. (2021).

2.10. Предности од калемењето на зеленчук

Основните предности на калемените растенија се: 1) подобра толерантност или отпорност на почвени болести и други биотски стресови, 2) подобра толерантност на субоптимални услови за одгледување и 3) подобар квалитет на плодовите, продуктивност и пазарен принос. Секоја од овие предности ќе биде посебно претставена во следните поглавја.

2.10.1. Влијание врз толерантноста на биотски стресови

Калемењето првенствено масовно почнало да се применува во градинарството за контрола на почвените болести што се предизвикани од бактерии, габи, оомицети, вируси или нематоди (Nawaz et al., 2016; Thies, 2021; Xu et al., 2022).

Намалената појава на болести базира на наодите дека подлогите од некои растенија се толерантни на почвени болести и штетници поради нивната вродена отпорност и/или дека придонесуваат за поефикасна апсорпција на хранливи материи од почвата и поради тоа калемените растенија се поотпорни на болестите (Imandi & Bahadur, 2023). Според Cohen и сор. (2017), калемењето може да биде побрзо и пофлексибилно решение за почвените болести отколку долготрајната селекција на отпорни сорти бидејќи отпорната подлога може да поттикне отпорност кај осетливите питомки и да им овозможи на растенијата побрзо да реагираат на нови патогени раси. Покрај тоа, кај здравиот и добро оформен расад потешко се пренесуваат болестите, помалку растенија угинуваат и истовремено се зголемуваат приносите со пониски трошоци за производство што придонесува за попрофитабилно производство (Ventura et al., 2019).

Многу помалку студии го анализирале влијанието на калемењето од аспект на контрола на вирусните заболувања и наодите од овие истражувања се различни (Spanò et al., 2020). Според Suansia и Samal, (2021), калемењето може да се користи за проучување на преносливоста на вирусите со цел да се ограничи инфекцијата од почвените вируси. На пример, Huitrón-Ramírez и сор. (2009) забележале дека лубеницата калемена на подлогите ‘ISHc RS841’ и ‘Shintosa Camelforce’ имала повисок принос до 115 % на почви инфицирани со *Olpidium* sp., кој го пренесува вирусот MNSV, во споредба со некалемените растенија кај кои во текот на бербата било забележено дека 90 % овенале. Mahmoud (2014) утврдил дека кај калемените растенија домат, кои инаку се осетливи на вирусот TYLCV, симптомите од болеста се појавиле подоцна, се зголемила толерантноста на вирусот и се добиле повисоки вредности за компонентите на приносот отколку кај некалемените растенија. Во прегледните трудови на Suansia и Samal (2021) и Islam и сор. (2021) се наведени информации за позитивното влијание на калемењето врз биотските стресови, во трудот на Devi и сор. (2021) се дадени информации за достигнувањата од примената на калемењето за контрола на вертицилиозното венење кај лубеницата и во трудот на Ayala-Doñas и сор. (2020) примена на калемењето за контрола на почвените габни болести и коренови нематоди кај културите од Cucurbitaceae.

Penella и Calatayud (2018), Parisi и сор. (2020), како и Devi и сор. (2021) наведуваат широк спектар на патогени кои предизвикуваат различни болести кај пиперката, вклучувајќи: оомицети (*Phytophthora capsici*), габи (*Rhizoctonia solani, Verticillium* spp., *Colletotrichum scovillei* и *truncatum, Leveillula taurica, Fusarium* spp., *Cercospora capsici, Pythium* spp., *Stemphylium* spp. и *Sclerotium rolfsii)*; бактерии (*Xanthomonas* spp., *Clavibacter michiganensis, Ralstonia solanacearum, Oidiopsis taurica*, *Leveillula taurica*); вируси (Tomato spotted wilt virus – TSWV, Potato virus Y -TVY, Tobacco etch virus - TEV, Pepper mottle virus - PMV, Beet Curly Top Virus - BCTV, Tobacco mosaic virus - TMV, Tomato mosaic virus - TMV, Cucumber mosaic virus - CMV); инсекти (*Myzus persicae*, *Lyriomyza* spp., *Platynota stultana, Anthonomus eugenii*, *Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci, Helicoverpa zea, Tetranychus urticae*) и нематоди (*Meloidogyne* spp.).

Овие патогени предизвикуваат различни физиолошки и биохемиски промени кај инфицираните растенија. На пример, Bernardo и сор. (2022) утврдиле дека растенијата од хибридната сорта пиперка ‘Paco’ F1 имале значајно помал раст, помала акумулација на суви материи во коренот и надземните делови, помала содржина на растворливи протеини и хлорофил во листовите, зголемена активност на некои ензими, намалена функционалност поради дефицит на вода и акумулирале повеќе пролин и шеќери кога се одгледувале во почва инфицирана со *Nacobbus aberrans*.

Покрај тоа, постојаната употреба на истата почва, монокултурата и интензивните производни техники претставуваат оптимални услови за долг опстанок на патогените во почвата кои го ограничуваат производството, па дури и сосема ги уништуваат растенијата во оранжериското или производството на отворено во топли и влажни услови. Оваа констатација е поддржана од Wu (2009), кој утврдил дека по континуирано садење на пиперка во текот на 6 години, само 20 – 25 % од расадот преживеал 30 дена по расадувањето поради бактериско венење. Откога се започнало производство со калемени растенија кои имале подобра толерантност на бактериското венење, се подобрил приносот и квалитетот на плодовите, и се продолжил периодот на берба.

За зголемување на отпорноста кон почвените болести придонесуваат неколку својства на растенијата. Duan и сор. (2017) ги истражувале промените во кореновата биомаса, клеточна структура и секундарниот метаболизам кај сортата пиперки ‘Xinfeng 2’ калемена на подлоги од сортите ‘Weishi’ и ‘Buyeding’, кои биле предизвикани од инокулација со *Fusarium solani*, споредени со некалемената варијанта. Патогениот напад значајно го намалил растот на коренот, и кај калемените и кај контролните растенија. Сепак, корените на калемените растенија биле помалку инфицирани и како последица на тоа помалку повредени, бидејќи имале значајно повеќе коренови влакна, поголем волумен, површина за апсорпција и активност на коренот. Затоа тие имале посилна апсорптивна моќ и физиолошка функционалност за време на експериментот. Дополнително, инфицираните корени на калемените растенија имале поголема биомаса и биле поактивни бидејќи калемењето ја поттикнало активноста на некои секундарни метаболитички ензими, што резултирало и со подобра отпорноста на растенијата на кореново гниење. Подоцна, во друг експеримент авторите откриле (Duan et al., 2022) дека таквите коренови особини ја подобруваат и отпорноста на бактериско венење (*R. solanacearum*) и придонесуваат за помало оксидативно оштетување и липидна пероксидација во корените на калемените растенија.

Понекогаш отпорноста на *R. solani* кај калемените растенија може да зависи од староста на растенијата, при што постарите калемени растенија покажуваат подобра отпорност (Gilardi et al., 2014). Меѓутоа, растенијата со подобрена отпорност треба да го постигнат и својот продуктивен капацитет. Jang и сор. (2012) ги оценувале отпорноста кон *R. solanacearum* и *Phytophtora capsici* и влијанието на калемењето врз агрономските својства на сортата пиперка ‘Nokkwang’, калемена на пет комерцијални подлоги и девет селекциски линии. Калемените растенија имале повисоки вредности за број на листови, дијаметар на стебло, површина на лист и сува маса на надземниот дел, но некалемената варијанта имала најголем пазарен принос (1,96 kg/растение), во споредба со приносот од калемените растенија (1,35 - 1,95 kg/растение). Тие избрале три отпорни селекциски линии кои подоцна ги користеле како подлоги за калемење на три сорти кои изразиле подобрена отпорност кон двете болести без да се намали приносот и квалитетот на плодовите.

Друг проблем со почвените болести е тоа што вирулентните популации ја надминуваат отпорноста на растенијата при повторна употреба на отпорни подлоги (Ros et al., 2014). Таков пример е забележан и од Ros-Ibáñez и сор. (2014), во шестгодишен експеримент со отпорни подлоги во оранжерии со природно инфицирана почва со *M. incognita*. Тие заклучиле дека отпорноста на растенијата калемени на подлогите ‘Atlante’, ‘C19’ и ‘Snooker’ била надмината само по две последователни години на одгледување. Сепак, подлогите покажале голема варијабилност и две од нив (‘Terrano’ и ‘DRO 8801’) не биле инфицирани со нематоди.

Во многу студии е испитувана можноста за пронаоѓање на подлоги со повеќекратна отпорност бидејќи растенијата истовремено ги напаѓаат различни патогени и раси. Сепак, таква комплексна отпорност многу тешко се постигнува во практиката. Morra и Bilotto (2006) оценувале пет подлоги од пиперка (*C. annum*) во период од 3 години на три фарми во Италија на кои почвата била инфицирана со *Phytophthora capsici, Verticillium dahlia, Fusarium oxysporum, F. solani* и *M. incognita*. Две од подлогите, ‘Graffito’ и ‘Gc 1002’, биле отпорни на *P. capsici*, но биле осетливи на *M. incognita*. Покрај тоа, двете подлоги имале добра компатибилност со испитуваните питомки чија големина, вегетативен раст и принос не се намалиле. Сепак, во присуство на *V. dahliae, F. oxysporum и F. solani*, ниту една од подлогите не била доволно отпорна на *Phytophthora capsici*.

Слично на тоа, Lebeau и сор. (2011) оценувале 30 примероци од домат, патлиџан и пиперка, кои имале позната отпорност на бактериско венење, за отпорност на 12 соеви од *Ralstonia solanacearum*. Исти растенија од примероците покажале различен степен на отпорност, како и осетливост кон различни соеви. Друг пример за различна отпорност на подлогата кон различни патогени е претставен од Gilardi и сор. (2014) кои заклучиле дека растенијата калемени на ‘Tresor’ и ‘Atlante’ биле осетливи на *R. solani* и отпорни на *V. dahlia*.

Напротив, Hamdi и сор. (2010) ја оценувале отпорноста кон три изолати од *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* кај две сорти пиперка, ‘Starter’ и ‘Torero’, калемени на подлогата ‘Brutus’ (*Capsicum annuum* L.) и откриле дека калемените растенија биле потолерантни кон сите три изолати на *Phytophtora* од некалемените, иако подлогата различно влијаела врз масата на надземниот дел од питомките во зависност од изолатите.

Понекогаш калемењето и избраните подлоги може да придонесат за контрола на болестите во комбинација со други фактори. Gilardi и сор. (2013) ги испитувале подлогите ‘Tecnico 1’, ‘Terrano’, ‘Robusto’, ‘Snooker’ и ‘Capsifort’ за отпорност на пиперката кон *P. capsici*. Овие подлоги, во комбинација со компостот, придонеле за помала појава на болеста при одгледување отворено на природно инфицирани почви, но во услови со инокулација компостот не придонел за намалување на болеста. Појавата и степенот на заболувањата може да се намали и со комбинација од калемење и биосоларизација. Во четири од шест оранжериски опити во кои почвата била инфицирана со нематодни популации вирулентни на *Me3*, пазарниот принос кај комбинираниот третман калемење + биосоларизација бил повисок за 1,1 kg m^{-2} од приносот што бил добиен само со третманот биосоларизација (Ros et al., 2018).

Во многу експерименти растенијата од пиперка се калемени на чили пиперка. На пример, Wu и сор. (2012) спровеле опити на земјоделски парцели во Тајван, во текот на 2007 - 2008 година, со цел да ја оценат отпорноста на болести и приносот кај питомките калемени на линии од чили пиперка со висока отпорност на *Ralstonia solanacearum* и *Phytophtora capsici*. И во двете години калемените растенија многу поретко заболувале отколку некалемените.

Дивите генетски ресурси кои имаат добра физиолошка толерантност на стрес, може да се користат како подлоги за калемење на питомки со добри продуктивни особини, што овозможува калемениот зеленчук да се произведува и во неповолни услови. Saadoun и Allagui (2013) калемеле осетливи локални сорти на чили пиперка, ‘Beldi’ и ‘Baker’, на подлога од див тип ‘CM334’, отпорна на *Phytophtora nicotianae* и го идентификувале влијанието на подлогата врз растенијата кои биле инокулирани со

патогенот. Интензитетот на болеста и кај подлогата и кај калемените сорти бил многу низок (со средна оцена 0,1 - 0,2) и растенијата биле здрави. Сепак, во реципрочните комбинации, се појавило силно заболување (со средна оцена 3,1 - 4,6) што довело до овенување и угинување на голем број растенија, слично како кај некалемените контроли кои биле инокулирани со патогенот. Бидејќи растенијата не биле заболени, тие заклучиле дека за одгледување во почви инфицирани со *P. nicotianae* осетливите сорти може да се калемат на ‘SCM334’ за да се зголеми нивниот принос.

Во неколку експерименти се користени и други видови на *Capsicum* со цел да се оценат различни извори на отпорност на биотски стресови. Di Vito и сор. (1991) ги евалуирале *C. baccatum*, *C. baccatum* var. *pendulum*, *C. chacoense*, *C. chinense* и *C. frutescens* за отпорност на четири италијански популации на *Meloidogyne* spp. во оранжерија со вештачки инфицирана почва. Некои од линиите биле осетливи на сите популации од *Meloidogyne* spp., некои биле отпорни на дел од нив, додека само две линии од *C. chinense* и една линија од *C. frutescens* биле отпорни на сите четири популации од *Meloidogyne* spp. Подоцна, во друг експеримент, Di Vito и сор. (1995) утврдиле дека избраните отпорни линии, во споредба со осетливата сорта ‘Corno di Toro’, имале стабилна отпорност на *Meloidogyne incognita* при високи температури (26, 30, 34 и 38ºC).

Постојано се бараат нови извори на отпорност бидејќи многу подлоги кои се отпорни на болести не се компатибилни со специфични сорти на пиперки, па го намалуваат нивниот принос и квалитетот на плодовите. Mendieta-Vázquez и сор. (2023) ја оценувале можноста сортата ‘Pasilla 18M’ која е отпорна на *Phytophthora capsici* да се користи како подлога за калемење на две осетливи сорти пиперка (‘California Wonder’ и ‘Serrano Coloso’). Тие утврдиле дека подлогата ‘Pasilla 18M’ обезбедува исто ниво на заштита од *P. capsici* како и комерцијалната подлога ‘CM334’, но не била компатибилна со користените питомки. ‘CM334’ има највисоко познато ниво на отпорност кон *P. capsici*, се користи во многу експерименти со задоволителни резултати (García-Rodríguez et al., 2010; Leal-Fernández et al., 2013; López, 2017; Reyes-Tena et al., 2021) и се користи како родител за селекција на хибридни подлоги, како што се ‘Charlot’ и ‘Foc’ (Gisbert et al., 2008). И двете хибридни подлоги се отпорни на *P. capsici* и имаат добри агрономски својства (Gisbert et al., 2010), додека ‘Charlot’ и ‘SCM334’, многу отпорни и на *Meloidogyne incognita* (Gisbert et al., 2013).

2.10.2. Влијание врз толерантноста на абиотски стресови

Стресот што е предизвикан од субоптималните еколошки услови може да ја наруши физиолошката рамнотежа и да ја загрози целокупната кондиција на растенијата, намалувајќи ја и нивната способност да се борат против болестите. Меѓу најограничувачките абиотски фактори за градинарското производство се субоптималната температура и светлина, недостапноста на вода и високата концентрација на соли и метални јони во почвата. Главните еколошки проблеми во медитеранскиот регион, покрај субоптималните температури, се поврзани со сушата и засоленените почви (Penella et al., 2017) Кога расадот од пиперка се пресадува во засолена средина има исклучително неповолно влијание врз понатамошниот раст и развој на растенијата (Kaçiu et al., 2011).

Многу е тешко да се комбинираат продуктивните и квалитетните особини со толерантноста кон екстремните производни услови во единствена комерцијална сорта

или хибрид (Penella & Calatayud, 2018). Во овој поглед, предноста на калемењето е во тоа што овозможува да се комбинираат високо приносни сорти, кои имаат пожелни органолептички или продуктивни својства, а не се отпорни на абиотски стресови, со подлоги кои се бујни и способни да ги намалат негативните ефекти на стресот кај питомките што се одгледуваат во субоптимални услови (Koevoets et al., 2016; Penella & Calatayud, 2018). Повеќе информации за успешни случаи и механизми за постигнување на повисока толерантност кон абиотски стресови кај калемените растенија се наведени во прегледните трудови на Koevoets и сор. (2016), Gaion и сор. (2017), Kumar и Sanket, (2017), Rouphael и сор. (2018) и Sen и сор. (2018), додека во трудовите на P. Kumar и сор. (2017), Aljutheri и сор. (2019), Singh и сор. (2020), Islam и сор. (2021), Bayoumi и сор. (2022), Niu и сор. (2022), Yang и сор. (2022) и Imandi и Bahadur (2023) се дадени списоци со потенцијални подлоги.

Пиперката е подложна на различни абиотски стресови бидејќи потекнува од тропските и суптропските делови на Америка. Стресот од суша во некои критични фази од растот на пиперката, како на пример во цветањето и зафаќањето на плодови, може да делува долгорочно и непоправливо (Yasuor & Wien, 2020). Докажано е дека при наводнување со само 60 % од потребите на културата, главно во периодот помеѓу цветањето и развојот на плодовите, доаѓа до значајно намалување на приносот на пиперка (Nagaz et al., 2012), додека наводнувањето со 50 % од потребите го намалува вкупниот принос за 10 %, а пазарниот принос за 10 – 12 % (López-Marín et al., 2017).

Значајна особина за постигнување на толерантност на стрес од суша е длабокиот коренов систем, така што калемењето на соодветни подлоги може да ги намали загубите во приносот во услови на суша. На пример, López-Marín и сор. (2017) го испитувале влијанието на три комерцијални подлоги (‘Atlante’, ‘Creonte’ и ‘Terrano’) врз агрономските и физиолошките реакции кај сортата ‘Herminio’ F1 при наводнување со 50 % од потребите. Трите подлоги го зголемиле вкупниот и пазарниот принос на калемените растенија и при контролното и при дефицитарното наводнување. ‘Creonte’ имала најголем ефект врз продуктивноста и ефикасното искористување на водата кај калемените растенија кои имале 25 % повисок пазарен принос во споредба со растенијата калемени на подлогата ‘Herminio’ F1, иако на штета на некои хемиски квалитетни особини на плодовите. Оваа подлога, исто така, имала најголем позитивен ефект врз фотосинтетската активност и содржината на вода во листот на калемените растенија кои имале и постабилни вредности за површина на лисна маса и биомаса во услови на дефицитарно наводнување.

Соодветните подлоги можат да ги подобрат и физиолошките особини, на пример калемените растенијата да имаат повисоко ниво на пролин и помал осмотски потенцијал со кој листовите се штитат од прекумерна дехидрација, во зависност од времетраењето и интензитетот на стресот. Овие наоди ги констатирале Penella, Nebauer, López-Galarza, и сор. (2014) при одгледувањето на две подлоги кои биле толерантни на суша така што во текот на 14 дена додавале 3,5 % и 7 % полиетилен гликол во хранливата подлога. Padilla и сор. (2021), исто така потврдиле дека при наводнување намалено на 55 % од потребното, растенијата од сортата ‘Sueca’ кои биле калемени на толерантна подлога (‘H92’) доживеале мал оксидативен стрес така што одржувале посилна апсорпција на CO_2 и повисока содржина на пролин и аскорбинска киселина, и имале помала мембранска пероксидација, во споредба со растенијата што биле калемени на осетлива подлога (‘H90’). Овие наоди биле потврдени и во нивниот подоцнежен експеримент

(Padilla, Gisbert-Mullor, López-Galarza, et al., 2023) во кој ги испитувале промените во генската експресија кај растенијата во услови на суша.

Со цел да се изберат соодветни подлоги кои што се толерантни на абиотски стресови, направени се многу истражувања на гермплазмата што се чува во различни ген-банки. Во неколку експерименти што биле поставени во контролирани услови (Penella et al., 2013; Penella, Nebauer, López-Galarza, et al., 2014; Penella, Nebauer, Bautista, et al., 2014; Penella et al., 2015; Penella et al., 2016 и López-Serrano et al., 2017) се анализирани и фенотипски евалуирани примероци од диви видови пиперка. Примероците од видовите *C. chinense* и *C. baccatum*, кои биле оценети како толерантни на соли и суша, подоцна биле користени како подлоги за евалуирање на продуктивноста на калемените растенија во производство на отворено. При тоа, било утврдено дека толерантноста на соли и суша кај се должи на тоа што калемените растенија во услови на стрес имале поголема коренова биомаса и повисока фотосинтетска активност (Penella et al., 2016; Penella et al., 2017), акумулирале пролин во листовите (Penella et al., 2017), помалку акумулирале токсични јони во вегетативната маса (Penella et al., 2015) и имале подобри физиолошки својства, што на крајот резултирало и со зголемени приноси (Penella et al., 2015; Penella et al., 2016a; Penella et al., 2017; López-Serrano et al., 2019). Подоцна, преку класичните селекциски програми се создале повеќе униформни, внатревидови (*C. annuum*) хибридни подлоги кои биле толерантни на соли. Едната од нив, ‘NIBER®’, овозможила калемените растенија по 48 часовна изложеност на стрес од суша да имаат подобра физиолошка реакција и хормонска рамнотежа (Padilla, Gisbert-Mullor, Bueso, et al., 2023), споредени со самокалемените растенија и 32–80% повисок принос во споредба со некалемените растенија, како и со други комерцијални подлоги. Испитувањата се вршени во повеќегодишен опит кој е изведен во реални услови, на засолена почва на отворено (López-Serrano et al., 2020).

За да го оценат влијанието на подлогата ‘NIBER®’ врз толерантноста на суша, (Gisbert-Mullor, Pascual-Seva, et al., 2020) ги евалуирале агрономските својства на хибридната сорта ‘Maestral’ F1 што ја користеле како питомка. Во текот на двегодишниот експеримент, тие констатирале дека сушата помалку влијаела врз калемените растенија и тие го одржале вообичаеното ниво на фотосинтеза, биомасата и приносот на плодови. Дефицитарното наводнување значајно ја намалило сувата маса на надземниот дел од растенијата, како и вкупната сува маса (20 – 22 %), пазарниот принос (24 %) и приносот од „екстра“ класа плодови (31 %) поради тоа што растенијата имале 25 % помалку плодови со 8 % помала маса по плод, во однос на растенијата кои биле оптималноп наводнувани. Сепак, кај калемените растенија свежата и сувата биомаса се намалиле за 56 % помалку отколку кај некалемените растенија.

Засолените почви се главен ограничувачки фактор во земјоделството во повеќе од 100 земји или на 23 % од вкупната обработлива површина во светот (Shahid et al., 2018). Пиперката е умерено осетлива култура на соли со праг на толеранција од 1,5 dS/m (Shahid et al., 2018), при што загубите во приносот поради засоленоста изнесуваат околу 14 % (Abdelaal et al., 2020). Zamljen и сор. (2022) утврдиле дека во однос на содржината на шеќери, органски киселини, феноли и капсаициноиди, различни сорти (‘Somborka’, ‘Novosadka’, ‘Berenyi’ F1 и ‘Caro’ F1, сите *C. annuum* лути пиперки) реагираат различно при различни нивоа на соли (0, 20 и 40 mM NaCl).

Во поново време се експериментира со различни калемени комбинации на пиперка за да се надминат загубите во приносот и да се прошири производството на засолени почви. López-Serrano и сор. (2020) во тригодишен експеримент на засолени почва

испитувале дали подлогата ‘NIBER®’ може да ја подобри толерантноста на соли кај калемените растенија од сортата пиперка ‘Adige’. Стресот брзо ја намалил фотосинтезата кај растенијата, како и кондуктивноста на стомите и активноста на нитратната редуктаза. Меѓутоа, ваквата реакција била помалку изразена кај калемените отколку кај некалемените контролни растенија. Подлогата го намалила оксидативното оштетување на растенијата така што го зголемила антиоксидантниот капацитет во услови на стрес. Овие наоди, како и претходно наведените во овој преглед, потврдуваат дека подлогата ‘NIBER®’ може да придонесе кон зголемување на толерантноста на соли и суша во реални производни услови.

Orosco-Alcalá и сор. (2021) го евалуирале влијанието на подлоги толерантни на соли (‘E21R10144’ и ‘E21R10197’) врз одредени морфолошки, физиолошки и продуктивни параметри кај сортата бабура ‘Viper’ во услови на четири нивоа на засоленост (2, 4, 6 и 8 dS/m). Тие утврдиле дека двете повисоки нивоа резултирале со пониски растенија, а сличен тренд забележале и за големината на листот, дијаметарот на стеблото и бројот на цветови. Сепак, растенијата калемени на подлогата ‘E21R10144’ имале повисоко и подебело стебло, поголеми листови и свежа и сува биомаса на коренот и надземниот дел на растенија, во споредба со некалемената контрола бидејќи ја одржале хомеостазата. Во експериментот на (Al Rubaye et al., 2021), растителна биомаса значајно се намалила и кај калемените и кај некалемените растенија при ниво на засоленост од 8 dS/m, но бујните подлоги (‘Scarface’ и ‘11B14’) ги намалиле негативните ефекти од стресот и кај двете сорти користени како питомки.

На сличен начин, Маршић и сор. (2021) утврдиле дека подлогата (‘Rocal F1’) променила некои функционални соединенија кај калемената сорта пиперка ‘Vedrana’ како реакција на стрес од повисоко ниво на сол (20 mM и 40 mM NaCl). Кога растенијата биле изложени на стрес подолго време, подлогата не ја намалила нарушената рамнотежа на водата и не влијаела врз физиологијата на питомката. Покрај тоа, подлогата не влијаела и врз апсорпцијата и дистрибуцијата на Na^+ и Cl^-, па затоа авторите заклучиле дека намалениот раст не се должел на калемењето. Подлогата, при повисоко ниво на сол влијаела врз промени во биохемискиот профил на плодовите кои имале повисока содржина на флавоноиди отколку плодовите на самокалемената контрола, но само во раните третмани во јули. За разлика од тоа, содржината на аскорбинска киселина се зголемувала со времетраењето на стресот без влијание на подлогата.

Спротивно на претходниот пример, Gálvez и сор. (2021) утврдиле дека трите користени комерцијални подлоги различно влијаеле врз прераспределбата на вегетативниот раст и приносот во услови на стрес од средно ниво на сол (35 mM NaCl) и придонеле за промени во хормонската рамнотежа кај калемените растенија од хибридната сорта пиперка ‘Gacela’ F1 (*C. annuum*). Подлогата ‘Atlante’ придонела калемените растенија да имаат значајно поголема свежа надземна маса, како и поголема маса на коренот затоа што растенијата имале понтензивна фотосинтеза и одржувале хомеостаза на K^+ јони. Подлогата ‘Creonte’ го подобрила приносот и го одржала репродуктивниот:вегетативниот сооднос благодарение на подобриот капацитет за прераспределба на биомасата и помалата акумулација на Na^+ јони во надземниот дел. Конечно, подлогата ‘Terrano’ придонела за пониски растенија и ја одржувала и вегетативната и репродуктивната биомаса. Некои генотипови пиперка се погодни за подлоги бидејќи можат да толерираат високи нивоа на сол така што ограничуваат Cl^- јони да се транспортираат кон надземната маса и Na^+ јони да навлезат во кореновиот систем (Penella et al., 2015).

Ваквите наоди можат да придонесат производство на пиперка да се одвива на засолени почви, да се намалат физиолошките промени кај растенијата како последица на стресот од сол (Penella & Calatayud, 2018), и да се намалат загубите на пазарен принос во услови на засоленост (Penella et al., 2015).

Пиперката е топлољубива култура, односно е осетлива на субоптимални температури. За одгледување на пиперката, оптималната температура на воздухот е 20 – 25 °C и 21 – 27 °C на почвата во кореновата зона (Airaki et al., 2012). И покрај тоа, како што наведуваат Ropokis и сор. (2019), во областите со блага зимска клима, како во медитеранскиот регион, пиперката често се одгледува во незагреани оранжерии во кои температурата во текот на зимата може да падне под минималниот праг (8 – 12 °C). Во такви услови, растенијата можат да го променат метаболизмот и физиолошките процеси. Поради овие причини, во многу студии се анализира можноста да се зголеми толерантноста кон ниските температури преку калемење. При тоа, резултатите укажуваат дека зголемувањето на толерантноста зависи од подлогата, како и од генотипот на питомката.

Long и сор. (2023) ги испитувале реакциите на растенијата од калемена пиперка на краткорочен стрес од ниски температури (во траење од 1 h, 4 h, 12 h и 24 h) преку евалуација на морфолошките и физиолошките параметри и транскриптомска анализа на калемениот расад. Резултатите покажале дека гените за продукција на ROS (реактивни кислородни видови) кај калемените растенија се активираат набрзо по предизвиканиот стрес. Тоа резултира со зголема акумулација на ROS, до одредено ниво кое го препознаваат ензимите на антиоксидантниот систем, се активираат и ги отстрануваат овие соединенија. Затоа, преку механизмот на осморегулација расадот може да се прилагоди и да ги избегне оштетувањата.

Shu и сор. (2016) ги анализирале физиолошките и морфолошките особини на сортата ‘Hongxing No. 2’, калемена на подлоги од пет линии пиперка, одгледувани на три различни режими од ниска дневна/ноќна температура. Заклучиле дека една од подлогите (‘Jiaozhen108’) позитивно влијаела врз растот на питомката и нејзината отпорност на стрес од ниски температури што придонело растенијата за време на стресот да бидат повисоки и да имаат поактивен коренов систем, поголеми листови и волуменот на коренот и поинтензивна ензимска активност.

Ефектот на подлогата речиси секогаш зависи од нејзината интеракција со генотипот на питомката. На пример, Ropokis и сор. (2019) истражувале дали калемењето влијае врз искористувањето на хранливите материи и водата во однос на приносот кај растенија што биле одгледувани со стандардна (21/16 ºC) и ниска (12/7 ºC) дневно/ноќна температура. Сортите ‘Sammy’ и ‘Orangery’ ги самокалемеле и ги калемеле на две комерцијални подлоги (‘Robusto’ и ‘Terrano’). Режимот со ниска температура негативно влијаел врз апсорпцијата на вода и врз ефикасното искористување на водата што го намалило приносот за 50 % кај растенијата ‘Sammy’ и за 33 % кај растенијата на ‘Orangery’, без оглед на комбинацијата на калемење. Сепак, влијанието на температурата не зависело само од генотипот на подлогите, туку и од нивната комбинација со питомките. На пример, двете подлоги го зголемиле вкупниот принос за над 34 % кај растенијата на ‘Sammy’, во споредба со самокалемената контрола, додека приносот кај ‘Orangery’ се зголемил само кога растенијата од оваа сорта биле калемени на подлогата ‘Terrano’.

Во производството на отворено, ниската температура вообичаено делува негативно, особено што таа речиси секогаш е во комбинација со низок интензитет на

светлина. Zheng и сор. (2009) утврдиле дека фотосинтезата кај расадот од пиперка се интензивира кога тој е калемен на отпорна подлога и растенијата побрзо заздравуваат од стресот предизвикан од двата фактора, споредено со некалемениот расад. Согласно тоа, Wang и сор. (2010) забележале дека во услови на ниска температура (8/5 ^{o}C) и слаб интензитет на светлина (100 μmol m^{-2}) во времетраење од 1 до 7 дена, калемењето може ефикасно да ја намали липидната пероксидација и оштетувањето кај сортата пиперка ‘Chifengtexuan’ (*C. annuum*), калемена на подлогата ‘Weishi’, во споредба со некалемените растенија.

Извори за отпорност на стрес од ниски температури може да се најдат и кај други видови од родот *Capsicum*. Agnello (2018) одбрал примероци од *Capsicum pubescens* и *Capsicum baccatum var. baccatum* кои потекнувале од локации со поголема надморска височина кои ги испитувал како потенцијални подлоги за подобрување на толерантноста на субоптимални температури. Пет од нив биле избрани и користени за калемење на сортата пиперка ‘Tiberio F1’, одгледувана на ниски температури (15/5 °C) 28 дена и во оптимални услови (25/15 °C) во текот на 150 дена. Избраните примероци, освен што биле потолерантни на ниските температури, покажале и оптимална компатибилност со ‘Tiberio F1’. Тие го намалиле стресот кај растенијата подобро отколку комерцијалната подлога ‘Capsifort F1’, која била користена како контрола. Дополнително, во долгогодишен експеримент под оптимални услови, растенијата кои биле калемени на два од примероците имале ист принос и квалитет на плодови како и растенијата кои биле калемени на комерцијалната подлога.

Aidoo и сор. (2019) ја проучувале реакцијата на различни температурни режими во кореновата зона во услови на аеропонија кај самокалемената сорта пиперка ‘Canon’ (осетлива) и кај растенијата калемени на подлогата ‘S103’ (толерантна). И во двете комбинации, ниската температура во кореновата зона ја инхибирала фотосинтезата и транспирацијата на растенијата. Сепак, овие физиолошки промени кај самокалемените растенија биле далеку поголеми отколку кај растенијата калемени на толерантната подлога. Бидејќи фотосинтезата и транспирацијата кај хетерокалемените растенија не се намалиле до тој степен, тие складирале повеќе материи.

Иако пиперката е топлољубива култура, силната сончева радијација и температурите над 32 °C во пролетниот и летниот период на берба претставуваат голем проблем во производството. Овие услови се совпаѓаат со фазата на цветање и можат да влијаат врз зафаќањето на плодови (Yamazaki & Hosokawa, 2019), како и врз отфрлањето на плодовите што го намалува квалитетот и приносот. Со цел да се минимизира влијанието на топлотниот стрес, во медитеранските земји често се користат мрежи за засенчување во оранжериското производство, и покрај тоа што во таков случај трошоците за производство се повисоки. López-Marín и сор. (2013) ги проучувале растенијата од сортата ‘Herminio’ F1, калемени на три комерцијални подлоги (‘Atlante’, ‘Creonte’ и ‘Terrano’) во услови без и со засенчување. Засенчувањето било ефикасно за подобрување на вегетативниот раст, фотосинтезата, транспирацијата и статусот на вода во листот, како и за намалување на непазарниот принос, особено за помала појава на сончеви опекотини кај плодови, во споредба со условите без засенчување. Сепак, калемените растенија покажале подобри резултати од некалемените и во двете варијанти на одгледување. При тоа, во услови без засенчување, разликите меѓу калемените и некалемените варијанти биле поочигледни, зависно од комбинација на калемење. Подлогата ‘Atlante’ ја зголемила лисната површина кај питомката до 40 % повеќе отколку другите подлоги и ја намалила појавата на плодови со сончеви опекотини, но не

влијаела врз зголемување на приносот. Напротив, подлогата ‘Creonte’, иако не влијаела сигнификантно врз зголемувањето на биомасата на листовите, го зголемила вкупниот (30 %) и пазарниот (50 %) принос и во двата услова за одгледување, во споредба со некалемените растенија. Покрај тоа, таа овозможила растенијата да имаат 30 – 60 % поголема фотосинтетска активност на листовите и го намалила бројот на плодови со сончеви опекотини за 6 % во услови без засенчување.

Del Amor и сор. (2008) го проучувале ефектот на два термофотоселективни полиетиленски покривни материјали за засенчување, со и без пигменти за рефлексија на сончевата топлина (solar heat reflection pigments, SHRP), во комбинација со калемење на сортата пиперка ‘Almuden’ врз подлогата ‘Atlante’. Тие утврдиле дека растенијата одгледувани со SHRP - фолијата, имале значајно поголема свежа лисна маса и принос на плодови отколку во другиот третман за засенчување. Калемењето негативно влијаело врз количината на свежа маса на листот и стеблото, концентрацијата на микроелементи, масата и големината на плодот и го пролонгирала почетокот на берба на второто разгранување. Сепак, калемените растенија имале поголема содржина на азот и повеќе плодови (вкупни и пазарни), во споредба со некалемените, но имале и најголема количина на непазарни плодови. Во експериментот кој го спровеле подоцна, López-Marín и сор. (2012) го истражувале влијанието на алуминизирани покривни материјали кои обезбедуваат 40 % и 60 % засенчување врз калемена и некалемена пиперка во период од мај до крајот на август, во споредба со контролна варијанта (без засенчување). Засенчувањето ефикасно го подобрило вегетативниот раст и го намалило непазарниот принос на растенијата, за разлика од третманот без засенчување. Приносот бил значајно повисок во услови на 40 % засенчување, додека со 60 % засенчување растенијата имале понизок принос. Сепак, во споредба со некалемените растенија, калемењето го зголемило вегетативниот раст и пазарниот принос во двата третмана, односно во услови со и без засенчување.

Ефектот на калемење врз толерантноста на топлотен стрес бил испитуван и од Gisbert-Mullor и сор. (2021) кај растенијата од сортата ‘Herminio’ F1, калемени на шест примероци од *C. annuum*. Тие ги оценувале физиолошките механизми кај растенијата изложени на топлотен стрес во времетраење од 7 дена во контролирана комора за раст и од стрес кој траел долг период во оранжериски услови. Три од подлогите придонеле негативните ефекти од топлотниот стрес во контролирани услови да бидат помали така што растенијата имале повисок релативен пораст и поголема површина на листовите, а со тоа да имаат и подобри физиолошки процеси. Од тие причини, калемените растенија имале повисок пазарен принос во споредба со некалемените, кој главно се должел на поголемиот број плодови по растение. Бидејќи во овој експеримент не биле јасно идентификувани причините за поголемиот степен на зафаќање на плодови, истите истражувачи (Gisbert-Mullor et al., 2023) подоцна го испитувале ефектот на топлотниот стрес во двегодишно истражување. Поточно, во услови на 38/22 ºC дневна/ноќна температура, го евалуирале зафаќањето на плодови кај истата сорта калемена на две подлоги (осетлива и толерантна) кои ги одбрале врз основа на резултатите од претходното истражување. Кај сите калемени комбинации топлината негативно влијаела врз зафаќањето на плодови кое било дури за 71,8 % пониско отколку кај растенијата одгледувани без топлотен стрес. Сепак, растенијата кои биле калемени на толерантната подлога го надминале негативното влијание од топлотниот стрес, имале постабилни физиолошки процеси во вегетативните делови и поголем број на зафатени плодови отколку самокалемените и некалемените растенија.

Во споредба со другите абиотски стресови, достапни се многу малку информации за тоа дали калемењето може да биде ефикасно за надминување на физиолошките нарушувања кај пиперката при поплавување. Високата влажност во почвата предизвикува хипоксија на кореновиот систем што може значајно да го намали преживувањето, растот и приносот на растенијата. Palada и Wu (2008) евалуирале неколку линии на чили пиперка, вклучувајќи и диви видови, кои биле идентификувани како толерантни на поплави за време на топло-влажната сезона во 2003 година. Избрале 23 примероци од *C. baccatum, C. frutescens* и *C. chacoense* кои беа најтолерантни на оштетување од поплави со процент на преживување поголем од 45 % и ги користеле како подлоги за производство на пиперка за време на топло-влажните и топло-сувите сезони во следната година. И во двете сезони забележале значајни разлики во приносот помеѓу растенијата калемени на различни подлоги, иако просечниот принос за време на топло-сувата сезона бил 50 % повисок отколку во топло-влажната сезона.

Загадувањето на почвите со токсични тешки метали претставува уште едно ограничување за искористување на земјоделските површини за градинарско производство. Овој проблем на животната средина е многу значаен и поради можното неповолно влијание врз здравјето на луѓето и како и врз екосистемите. Поновите истражувања покажаа дека калемењето може ефикасно да ја ограничи акумулацијата на тешки метали кај пиперката. На пример, Yuan и сор. (2019) утврдиле дека подлогата од *Solanum torvum* може значајно да ја намали акумулацијата на Cd во надземната маса кај доматот и патлиџанот, како и кај пиперката која била дополнително вклучена во друг експеримент (Yuan et al., 2021). Вегетативната маса трите култури акумулирала и до 85 % помалку Cd, што придонело да се зголеми приносот и квалитетот на плодовите кај доматот и пиперката. Согласно овие наоди, Sarafi и сор. (2017) утврдиле дека кај калемената пиперка била зголемена толерантноста на бор, така што во листовите од питомките од сорти на *C. annuum* концентрацијата на бор била значајно помала отколку кај некалемените растенија кај кои концентрација на бор била 80 % повисока. Пониска акумулација на јони кај калемени растенија пиперка е утврдена и во краткорочен експеримент на Penella и сор. (2015).

Во многу експерименти е потврдено дека различните комбинации на калемење можат да го намалат или да го зголемат искористувањето на хранливи материи од почвата кај питомките, зависно од генотипот на подлогата. Со тоа се отвора можност калемењето да се применува како алатка за намалена апсорпцијата на токсични тешки метали или за зголемена апсорпција на хранливи материи во услови на осиромашени почви. Недостигот од хранливи материи кај пиперката влијае врз квалитетот и пазарниот принос на плодовите. Бројот на пазарни плодови може значајно да се намали при недостаток од калциум, или кога овој елемент не се транслоцира ефикасно до плодовите, што придонесува за значајни економски загуби. Докажано е дека хибридна подлога ‘NIBER’® имала поголем капацитет за апсорпција и транслокација на Ca до плодовите на сортата ‘Al-cudia’ F1, со што се намалиле последиците од недостатокот на Ca. Тоа резултирало со поголема биомаса, поголема количина на комерцијални плодови и принос, како и со повисока концентрација на органски киселини во плодовите, во споредба со контролните растенија (López-Serrano et al., 2022).

Дивите сродни видови и хибридите имаат побујни коренови системи отколку високопродуктивните сорти (Pico et al., 2017). Затоа, тие се посоодветни за подобрување на апсорпцијата на вода и минерални материи. На пример,(Ropokis et al., 2018) утврдиле дека концентрацијата на Ca, Mg, K, P, B, NO_3, Fe, Mn и Zn во листовите и плодовите на

четири сорти пиперка била слична кај калемените и некалемените растенија кога за калемење ја користеле подлогата ‘RS10’ која припаѓа на истиот вид како и питомките (*C. annum*). Ефикасноста на искористувањето на азотот и приносот зависат и од комбинацијата питомка-подлога, како што било утврдено од Garcia-Bañuelos и сор. (2017), врз основа на статистички значајните разлики за биохемиските и физиолошките параметри кај пиперката (*C. annuum*). Растенијата од комбинацијата ‘Fascinato’/‘Robusto’ имале највисока асимилација на азот, како и највисок принос, меѓу сите други комбинации.

2.10.3. Влијание врз вегетативниот раст и раностасноста

Високоприносните сорти и комплементарните подлоги можат да покажат добра интеракција што резултира со побујни растенија со подобри особини, посебно од аспект на плодоносење и квалитет на плодовите. Многу експерименти покажале дека калемењето го поттикнува вегетативниот раст кај пиперката на различни начини, особено висината на растението. Тоа влијание често се објаснува со поефикасна апсорбција на вода и хранливи материи од бујниот коренов систем на подлогата, за разлика од корените на питомките, како и со пренесувањето на ендогените хормони во питомките, што резултира со побујни питомки и, на крајот со подобра продуктивност. Сепак, литературните податоци за влијанието на различните подлоги врз висината на калемените растенија покажуваат и некои поразлични резултати. На пример, Ergun и Aktas (2018) не утврдиле значајни разлики помеѓу некалемената сорта пиперка ‘Efil’ F1 и растенијата калемени на подлогата ‘Guclu F1’, одгледувани на отворено.

Всушност, во многу малку експерименти, сите калемени растенија биле значајно повисоки од некалемените, како на пример растенијата на сортата ‘Hongxing No. 2’ калемени на подлоги од пет линии од пиперка (Shu et al., 2016), растенијата на ‘Somborka’ калемени на подлогите ‘Rocal’ и ‘Fortama F1’ (Rizani et al., 2021), или пак растенијата на ‘Herminio F1’ калемени на подлогата ‘Creonte’, кои биле повисоки во сите третмани за засенчување (López-Marín et al., 2012). Слично на овие наоди, Colla и сор. (2008), утврдиле дека хибридните сорти ‘Edo’ и ‘Lux’ биле за 29 % и 28 % повисоки, соодветно, кога биле калемени на пет комерцијални подлоги (‘Snooker’, ‘Tresor’, ‘RX360’, ‘DRO8801’ и ‘97.9001’).

Во некои експерименти, влијанието на калемењето врз оваа особина варирало зависно од комбинациите, условите на средината, применетите третмани или пак при различни мерења. На пример, Doñas-Uclés и сор. (2015) утврдиле дека некалемените растенија биле највисоки во првото мерење, додека само комбинацијата ‘Palermo’/’Jalapeno’ имала значајно повисоки растенија од некалемените варијанти на крајот од бербата. Растенијата од сортата чили пиперка ‘Rebelde’, калемена на подлога од див тип чили пиперка, ‘SCM334’, која е отпорна на *P. capsici*, биле помалку бујни во присуство на патогенот, додека во негово отсуство биле значајно повисоки од некалемените (García-Rodríguez et al., 2010). Во услови на оптимално наводнување, само подлогата ‘Creonte’ ја зголемила висината на растенијата од сортата ‘Herminio’ F1, додека подлогите ‘Atlante’ и ‘Terrano’ не влијаеле врз оваа особина. Но, при 50 % наводнување, само растенијата калемени на ‘Atlante’ биле значајно повисоки, иако и растенијата калемени на ‘Creonte’ биле повисоки од некалемената контрола, додека растенијата од комбинацијата ‘Herminio’/’Terrano’ биле покуси од некалемената контрола и покуси од растенијата калемени на Atlante за 50 % (López-Marín et al., 2017).

Калемењето покажало варијабилен ефект и во експериментот на Soltan и сор. (2015), во овој случај, зависно од комбинацијата и од експерименталната година. Во нивниот експеримент, петте различни подлоги силно и значајно влијаеле врз висината на растенијата и бројот на гранки на четирите сорти пиперка (‘Toronto’, ‘Zedinca’, ‘Kurtovska Kapya’ и ‘Eigman’), при што растенијата имале најголем пораст кога биле калемени на подлогите ‘Tan Tan’ и ‘52-03 RZ’.

Наспроти претходно наведените резултати, во многу експерименти калемењето влијаело негативно врз висината на растенијата. Orosco-Alcalá и сор. (2021) утврдиле дека просечните вредности за висината на растенијата на сортата пиперка ‘Viper’ не се разликувале значајно од вредностите на некалемената контрола кога сортата била калемена на подлогата ‘E21R10144’, додека растенијата калемени на подлогата ‘E21R10197’ биле значајно понсики, и во контролните и во третманите со стрес индуциран од соли. López-Marín и сор. (2009) утврдиле дека сортата пиперка ‘Almuden’ имала значајно пониски растенија кога била калемена на подлогата ‘C29’, додека кога била калемена на ‘Atlante’ растенијата биле повисоки од растенијата на некалемената сорта, но разликите не биле статистички значајни. Слични наоди добиле и Saadoun и Allagui (2013), кои утврдиле разлики во висината на две сорти чили пиперка (‘Beldi’ и ‘Baker’) одгледувани во почва инфицирана со *Phytophthora nicotianae*. Подлогата ‘SCM334’ ја намалила висината на растенијата за 11 % кај питомката ‘Beldi’, додека растенијата на ‘Baker’ не се разликувале од некалемената контрола. Истата подлога ја намалила висината и бројот на нодии на стеблото и кај сортата слатка пиперка ‘Triple Star’, додека другите седум користени подлоги немале значајно влијание (Leal-Fernández et al., 2013), а неделниот пораст бил значајно поголем само кај растенијата калемени на подлогите ‘AR29’ и ‘AR30’. На сличен начин, Fisk (2017) утврдил дека просечниот пораст кај некалемените растенија од сортата пиперка ‘Aristotle’ е повисок отколку кај комбинациите кога сортата била калемена на подлогите ‘Black Pearl’, ‘Ghost Pepper’ и ‘Carolina Wonder’.

Дијаметарот на стеблото на пиперката е испитуван во помалку експерименти, во кои претежно сите калемени комбинации имале помал дијаметар на стеблото во нормални услови на раст (Shu et al., 2016; Ergun & Aktas, 2018) или во почва инфицирана со *P. capsici* (García-Rodríguez et al., 2010). Во некои експерименти, дијаметарот на стеблото на калемените растенија не се разликувал од дијаметарот на некалемените контроли (García-Rodríguez et al., 2010; Saadoun & Allagui, 2013). Сепак, објавени се и резултати дека некои специфични подлоги го зголемиле (Leal-Fernández et al., 2013) или го намалиле дијаметарот (Orosco-Alcalá et al., 2021) кај калемените растенија, додека другите подлоги што се користеле во двата експеримента немале значајно влијание врз оваа особина.

Во голем број истражувања е утврдено дека калемењето предизвикало промени на неколку вегетативни особини на растенијата од пиперка со значаен ефект на подлогата (Soltan et al., 2017; Ulas et al., 2020; Orosco-Alcalá et al., 2021) или пак на питомката (Saadoun & Allagui, 2013; Al Rubaye et al., 2020). Во некои случаи, сите калемени растенија имале помала (López-Marín et al., 2009) или поголема (García-Rodríguez et al., 2010) лисна површина или пак вредностите за бројот и површината на листовите биле еднакви на вредностите кај некалемените растенија (López-Marín et al., 2017; Padilla et al., 2021). Покрај помалиот број на листови, (López-Marín et al., 2012) утврдиле дека калемените растенија имаат и помала вкупна сува маса и поголема свежа лисна маса во нормални услови на раст, López-Marín и сор. (2009) забележале намалена свежа лисна

маса кај сите калемени растенија, додека (García-Rodríguez et al., 2010) утврдиле значајно намалување на бујноста на растенијата од сортата ‘Rebelde’ калемена на подлогата ‘SCM334’. Во отсуство на стресни услови, калемењето не предизвикало промени во свежата и сувата маса на питомките (Ergun & Aktas, 2018;Gisbert-Mullor, Ceccanti, et al., 2020), свежата стеблена маса (López-Marín et al., 2009), биомасата на растенијата (Kacjan-Maršić et al., 2021), биомаса на коренот (Loewen, 2018) и на сувата маса на надземната вегетација (Padilla et al., 2021), ниту во нивото на Na^+, Cl^-, K^+, Ca^{2+} и Mg^{2+} во листовите на растенијата од комбинацијата ‘Vedrana’/’Rocal F1’ (Maršić et al., 2021). Подобрени параметри кај сите калемени растенија се забележени за сувата лисна маса и волуменот на коренот од (Gisbert-Mullor, Martín-García, et al., 2023) и за свежата маса на коренот од López-Marín и сор. (2017).

Сепак, во повеќето од експериментите вегетативниот раст варирал зависно од комбинацијата на калемење, на пример, растенијата од комбинацијата ‘Karisma’/’Scarface’ имале 35 % поголема маса на надземниот дел од растенијата (Loewen, 2018), а растенијата од ‘Herminio’ калемени на подлогите ‘Atlante’ и ‘Terrano’ имале поголема лисна свежа маса и поголема стеблена свежа маса само кај комбинацијата ‘Herminio’/’Atlante’ (López-Marín et al., 2017).

Во однос на фотосинтетскиот капацитет, калемењето може позитивно да влијае врз содржината на хлорофил во листовите (Soltan et al., 2017; Gisbert-Mullor, Padilla, et al., 2023)како и врз содржината на каротеноиди, а негативно да влијае врз содржината на водороден пероксид и вкупната содржина на феноли во листовите (Gisbert-Mullor, Padilla, et al., 2023). Слично на овие резултати, (López-Marín et al., 2017) регистрирале најинтензивна фотосинтеза во услови на оптимално и намалено наводнување кај калемените растенија од комбинацијата ‘Herminio’/‘Creonte’. Различните подлоги, исто така различно влијаеле врз бројот на цветови и бројот на абортирани цветови кај растенијата на сортата ‘Viper’ (Orosco-Alcalá et al., 2021).

Loewen (2018) заклучил дека подобар принос може да се постигне со бујни подлоги и питомки, бидејќи приносот е позитивно и значајно корелиран со растителната биомаса, особено со биомасата на надземните делови од растенијата. Исто така, односот помеѓу вкупната вегетативна биомаса и приносот на плодови во голема мера зависи од избраните подлоги. Врз основа на претходно познатите развојни промени кај растенијата од сортата ‘Herminio’ F1 предизвикани од специфичните подлоги во услови на суша и топлотен стрес (López-Marín et al., 2013; López-Marín et al., 2017), Gálvez и сор. (2021) го истражувале ефектот на подлогите ‘Atlante’, ‘Terrano’ и ‘Creonte’ врз репродуктивниот сооднос кај сортата ‘Gacela’ F1. Тие идентификувале дека ‘Creonte’ го поттикнал капацитетот за одржување на висок сооднос меѓу репродуктивниот и вегетативниот пораст (18 % повисок), бујната подлога ‘Atlante’ поттикнала 22 % понизок сооднос од оној кај некалемената контрола во контролирани услови на раст, додека ‘Terrano’ ја карактеризирале како подлога што поттикнува џуџест раст со висок репродуктивен капацитет. Капацитетот на ‘Creonte’ за зголемување на бербениот индекс (за 15 %), и во услови на стрес од суша и во контролните услови, бил потврден и од страна на López-Marín и сор. (2017). Gisbert-Mullor, Ceccanti, и сор. (2020) заклучиле дека подлогата ‘NIBER®’ не ги променила значајно вредностите за бербениот индекс кај растенијата од сортата ‘Maestral’ F1 и при оптимално и редуцирано наводнување. Напротив, растенијата од сортата чили пиперка ‘Rebelde’, калемени на подлогата ‘CM334’ имале значајно понизок бербен индекс во отсуство на патогенот *P. capsici* (García-Rodríguez et al., 2010).

Во градинарството раната берба е важен индикатор за пазарна предност и зголемена профитабилност, особено во умерени средини каде што бербата од оранжериите може да се одвива до 5 недели порано отколку на отворено (Kaiser & Ernst, 2017). Ефектот на калемењето врз раностасноста кај пиперката е испитуван само во неколку експерименти. López-Marín и сор. (2009) заклучиле дека во оранжериското производство во медитеранскиот регион, периодот за берба во четвртото разгранување кај растенијата од сортата ‘Almuden’ калемени на подлогите ‘Atlante’ и ‘C29’ не се разликувал значајно од периодот за берба кај некалемените растенија, но периодот за берба во седмото разгранување бил значајно подолг. Vega-Alfaro, Bethke и сор. (2021) во текот на двегодишен експеримент на две локации во Medison, исто така не забележале никаква значајна промена во однос на периодот на цветање помеѓу растенијата од четири сорти пиперка калемени на подлоги од *C. baccatum* и *C. chinense* и растенијата од некалемените контроли. Овој заклучок бил потврден и кога истите подлоги биле користени за калемење на уште две сорти, одгледувани во оранжерија и на отворено (Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas, et al., 2021), додека во паралелен опит на отворено (Vega-Alfaro, 2020) во умерена средина со просечна температура на воздухот од 20 ^{o}C истите подлоги го намалиле периодот до цветање во споредба со самокалемените и некалемените растенија.

2.10.4. Влијание врз приносот и производните карактеристики

Поголемиот дел од Целите за одржлив развој кои се утврдени од Обединетите нации (United Nations, 2015), може да се постигнат преку одржливо и профитабилно градинарско производство. Обезбедноста со храна може да се подобри не само со зголемени приноси, туку и со надминување на разликите помеѓу потенцијалот за приносот и реално добиениот принос кои, според FAO (2014) уште пред десеттина години, се движеа од 11 % во Источна Азија до 60 – 70 % во земјите во развој - Африка, Азија, Јужна Америка и Источна Европа (Pérez-Alfocea, 2021). Овие разлики од еден до друг регион во светот зависат од технолошките, биотските и абиотските фактори кои детално се дискутирани од Tandzi Ngoune и Mutengwa Shelton (2020). Дополнително, согласно со прогнозата за климатските промени, се очекува дека во иднина ќе се зголеми негативниот ефект на факторите на животната средина и тоа значајно ќе влијае врз продуктивноста и обезбедноста со храна. На сличен начин, и растенијата во интензивното градинарско производство постојано се изложени на различни стресови, главно во оранжериското одгледување.

Pérez-Alfocea (2021) претпоставуваат дека новите сорти со повисоки и постабилни приноси и оптимизацијата на производството за ефикасно користење на ресурсите би била практично решение за задоволување на зголемената побарувачка на храна. Сепак, кај новите сорти за свеж зеленчук опаѓа сензорниот и функционалниот квалитет. Освен тоа, разликите во приносот можат да се надминат само во производни системи со високи вложувања. Наспроти тоа, во субоптимални услови ова решение уште повеќе би ги зголемило разликите во приносот (Rouphael et al., 2018).

Едно од решенијата за задоволување на зголемената побарувачка на храна, што може да придонесе и кон поразновидна храна, посигурно производство на храна, постабилни приноси при различни стресови и што може дополнително да обезбеди висок приход по единица површина, може да биде калемењето на елитни сорти зеленчук врз специфични подлоги (Kyriacou et al., 2020; Pérez-Alfocea, 2021; Imandi & Bahadur, 2023).

Овој предлог е во согласност и со наодите на Leonardi и сор. (2017) кои извршиле преглед на литературните податоци и заклучиле дека калемењето значајно го зголемило приносот на зеленчук, поради зголемениот раст на растенијата, плодовата маса и бројот на плодови по растение. Bie и сор. (2017), исто така, утврдиле дека калемењето го зголемило приносот за 3,4 – 92 % кај дињата, 22,7 – 43 % кај лубеницата, 8,8 – 57 % кај краставицата, 9,2 % кај пиперката, 27,7 % кај патлиџанот, 5,4 - 80,3 % кај доматот и 21,7 % кај артичоката благодарение на бујните питомки, зголеменото и ефикасно искористување на ресурсите и на продолжениот период на берба.

Но, индивидуалните истражувања покажуваат дека кај калемените растенија често пати приносот не е подобрен. Всушност, многу експерименти се спроведени токму за да се потврди дека калемењето не влијае негативно врз приносот, особено врз квалитетните особини на плодовите. За разлика од горенаведените прегледни трудови, литературните податоци покажуваат различни резултати околу продуктивноста на калемените растенија. На пример, Grieneisen и сор. (2018) спровеле мета-анализа на достапните експериментални резултати, објавени во 159 публикации, за квалитетот на плодот и приносот на калемени домати. Во прегледаните експерименти биле опфатени 202 различни подлоги, 949 калемени комбинации, 126 географски локации и 1023 експериментални третмани. Анализата покажала дека приносот варирал зависно од специфичните хетерокалемени комбинации (подлога/питомка) и од условите на одгледувањето. Сепак, иако во 65 % од случаите приносот на калемените растенија не бил значајно поголем, просечно за сите податоци приносот бил повисок за 37 %. Хетерокалемените растенија имале значајно повисок принос само во 35 % од случаите, без сигнификантни разлики во 58 % од случаите, додека во останатите 6 % некалемените или самокалемените растенија имале повисок принос. Дополнително, оваа анализа покажала дека загриженоста за наводниот послаб квалитет на плодовите кај калемените растенија (pH, титрабилна киселост, вкупни цврсти растворливи материи, ликопен, витамин C, цврстина и вкус) е целосно неоснована, со неколку исклучоци кај кои се утврдени огромни разлики. Сепак, резултатите секогаш зависат и од избраната подлога, како и од комбинацијата со питомката. На пример, оваа мета-анализа покажала дека просечниот сооднос помеѓу приносот кај питомките од домат калемени на подлогата ‘Maxifort’ (користена во 105 од 1023 експериментални третмани, во комбинација со 43 различни сорти како питомки) со приносот на некалемените растенија, изнесувал 1,29 kg по растение. При тоа, некои питомки имале многу подобар принос од другите (сооднос се движел од 0,70 до 1,51 kg по растение).

Друга перцепција која постојано се поттикнува е дека калемените растенија даваат повисок принос и висококвалитетни плодови, во споредба со некалемените растенија, во производството на отворено (Rouphael et al., 2010; Djidonou et al., 2013). Ваквите експериментални резултати обично се објаснуваат со морфологијата на кореновиот систем и со зголемениот капацитет на бујните подлоги за апсорпција на вода и минерални материи. Оваа теорија потешко може да се примени во производството на пиперка, имајќи предвид дека пиперката не е компатибилна со подлоги од други родови, освен со видови од родот *Capsicum*. Затоа е многу потешко да се создадат или да се изберат соодветни бујни подлоги за пиперка, отколку за културите од Cucurbitaceae. Сепак, постојат такви подлоги од пиперка, како што е ‘NIBER®’, што можат значајно да го зголемат вкупниот и пазарниот принос кај сите калемени питомки (‘Cuerno’, ‘Sueca’, ‘Valencia’) во отворено производство, споредено со приносот на некалемените контроли, главно поради значајно поголемиот број на плодови (Gisbert-Mullor, Ceccanti, et al.,

2020). Повисок принос и број на плодови кај калемените растенија пиперка одгледувани на отворено, отколку кај некалемените контроли, бил утврден и од Rizani и сор. (2021).

Претставените податоци во литературниот преглед од оваа дисертација за влијанието на калемењето врз подземната и надземната биомаса на пиперката, исто така потврдија дека калемењето многу ретко влијае значајно врз вегетативната биомаса. Сепак, оваа техника првенствено се користи за ефикасно управување со биотските и абиотските стресови, отколку за подобрување на продуктивноста и квалитетот на плодовите како примарна цел. Во тој поглед, докажано е дека калемените растенија од пиперка можат да дадат повисок принос во производство на отворено под субоптимални услови, како што е наведено претходно во овој преглед. На пример, Vega-Alfaro и сор. (2021) спровеле експеримент во оранжерија (со стерилна почва) и на отворено (со познато високо ниво на патоген кој причинува бактериско венење) со две сорти пиперка, ‘Nathalie’ и ‘4212’, кои се осетливи на болеста. Сортите биле калемени на подлога од *Capsicum chinense* (толерантна на бактериско венење) и подлога од *Capsicum baccatum* (со пониско ниво на толерантност). Растенијата калемени на *C. chinense* имале значајно повисок принос во двете средини и значајно поголем број и маса на плодови во услови на отворено, иако приносот и бројот на плодови биле подобри и кај растенијата калемени на *C. baccatum*. Подобрените особини кај растенијата калемени на *C. chinense* се должеле на зголемената отпорност на почвени болести и супериорната коренова архитектура. Сепак, во повеќегодишен експеримент (Vega-Alfaro, 2020) во кој истите подлоги се користеле за калемење на други питомки кои биле одгледувани на неинфицирани почви, приносот и бројот на плодови не се разликувале меѓу калемените и некалемените растенија. Согласно овие наоди, во производството на отворено не се забележени статистички разлики во однос на вкупниот број на плодови и приносот на калемените растенија од страна на Vega-Alfaro, Bethke и сор. (2021) и (Loewen, 2018) и за приносот од Ergun и Aktas (2018), иако приносот на калемените растенија бил 16 % повисок отколку на некалемените. Fisk (2017) исто така констатирал дека нема сигнификантна разлика во бројот на пазарни и вкупниот број плодови, како и за масата на плодови. Напротив, Gisbert-Mullor, Ceccanti, и сор. (2020) утврдиле дека сите калемени комбинации, одгледувани на отворено, имале сигнификантно повисок вкупен и пазарен принос за 27 – 61% во однос на некалемените локални сорти, со тоа што непазарниот принос бил помал поради помалиот принос на плодови со BER за 28 – 71%.

Многу литературни податоци посочуваат на повисок принос кај калемените растенија во оранжериско одгледување. Оваа супериорност главно потекнува од способноста на подлогите подобро да ги надминат и толерираат недостатоците на заштитените простори, (пред сè почвените болести заради одгледување во монокултура), притоа одржувајќи го сèвкупното здравје и кондиција на калемените растенија. Другата причина е тоа што, за разлика од некалемените растенија, калемените растенија поефикасно ги користат ресурсите и условите кои што се овозможени со технолошките унапредувања во оранжериското ороизводство, како што се: продолжената вегетативна сезона, греењето, аерацијата, засенчувањето итн. Двете причини истовремено придонесуваат за подобар принос и повисока пазарност кај калемените растенија во заштитените простори. Во согласност со овие наоди, Djidonou и сор. (2020) утврдиле дека на четири локации приносите од калемен домат биле значајно повисоки (116 – 167 %) во оранжериско отколку во отвореното ппроизводство, што се должело на значајно поголемиот број на плодови по растение (54 во оранжерија наспроти 26 на отворено) и поголемата просечна маса на плодот.

Слично на тоа,Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas и сор., (2021) утврдиле значајни разлики помеѓу двете производни средини за приносот, бројот на плодови, масата на плодот и времето до цветање кај различни некалемени, самокалемени и калемени растенија од пиперка. Просечните температури на воздухот во оранжеријата биле повисоки и го скратиле времето до цветање за повеќе од 3 дена. Иако температурите биле повисоки од оптималните и ја намалиле масата на плодот за 10 g, во оранжериското производство приносот и бројот на плодови по растение биле 4 пати поголеми отколку во експериментот на отворено. Според нив, подобрувањето се должело на забрзаната стапка на раст, продолжената сезона за берба за 28 дена и намалената појава на болести во оранжериското производство.

Една од предностите на калемењето е тоа што калемените растенија обично имаат поголем број на плодови по растение од некалемената контрола (иако разликите секогаш не се статистички значајни) и помал број на плодови со BER. Тоа придонесува да се зголеми вкупниот и пазарниот принос. Такви примери се идентификувани во сите или речиси во сите комбинации на калемена пиперка во истражувањата на Colla и сор. (2008); López-Marín и сор. (2012); Doñas-Uclés и сор. (2014); López-Marín и сор. (2017); Loewen, (2018); Gálvez и сор. (2021) и Gisbert-Mullor, Martín-García, и сор. (2023).

Разноликоста на резултатите од прегледаните истражувања може да се должи и на интеракцијата подлога x питомка. На пример, зголемената маса кај плодовите на питомката не се должи на масата на плодот што е својствена за подлогата, туку подлогата придонела за зголемувањето на масата на плодот поради подобрата коренова архитектура (Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas, et al., 2021). Затоа, во некои експерименти значајно повисоките приноси варирале зависно од подлогите (López-Marín et al., 2009; Soltan et al., 2017)) или од питомките (Gisbert et al., 2010; Saadoun & Allagui, 2013). Спротивно на тоа, во многу истражувања е утврдено дека, иако калемените растенија имале подобар принос и поголем број на плодови отколку некалемените контроли, разликите не биле статистички значајни (Leal-Fernández et al., 2013; Doñas-Uclés et al., 2015; Sánchez-Torres et al., 2016; Loewen, 2018; Bogoescu et al., 2019; Gisbert-Mullor, Pascual-Seva, et al., 2020; Doltu & Tănasă, 2022).

Како што е наведено претходно, калемените растенија пиперка обично имаат повеќе плодови по растение, што резултира со повисок принос. Во некои експерименти, калемените растенија имале значајно поголема маса на плодот кај некои комбинации, но многу ретко во сите (Loewen, 2018; Rizani et al., 2021; Gisbert-Mullor, Martín-García, et al., 2023). Почесто, само растенијата од некоја одредена комбинација имале потешки плодови или пак, имале само потешки пазарни плодови (Doñas-Uclés et al., 2014; López-Marín et al., 2017), или понекогаш подлогите имале позитивен ефект врз оваа карактеристика (Vega-Alfaro, Bethke, et al., 2021; Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas, et al., 2021). Gisbert и сор. (2010) утврдиле значајно помала маса на плодот кај сите калемени растенија, иако намалувањето главно се должело на намалените вредности кај калемената сорта ‘Almuden’ (за 19 - 21%). Во некои експерименти, калемените растенија имале помала маса на плодот во само една или неколку комбинации, главно поради влијанието на питомката, додека вредностите во другите комбинации не се разликувале значајно од вредностите на некалемените контроли (Saadoun & Allagui, 2013). Во повеќето студии, калемењето не влијаело врз масата на плодот на пиперката, иако во некои од нив, калемените комбинации имале пониска (Sánchez-Torres et al., 2016; Fisk, 2017; (Soltan et al., 2017; Ergun & Aktas, 2018; Gisbert-Mullor et al., 2020), повисока

(Bogoescu et al., 2019; Gisbert-Mullor, Ceccanti, et al., 2020) или варијабилна маса на плодот (Colla et al., 2008;López-Marín et al., 2009).

Високите температури можат да го пореметат опрашувањето и оплодувањето кај пиперката и да предизвикаат калемените растенија различно да ги изразуваат својствата кога се под топлотен стрес и кога се одгледуваат на оптимални температури. На пример, бројот на формирани плодови и семе по растение може да се зголеми или намали (Gisbert-Mullor, Martín-García, et al., 2023) или плодовите да содржат многу помалку семе и да се добие поголема количина на безсемени плодови (Gisbert et al., 2010).

2.10.5. Влијание врз физичкиот квалитет на плодовите

Неколку прегледни трудови се фокусирани на влијанието на калемењето врз физиологијата на растенијата (Goldschmidt, 2014; Albacete et al., 2015) и квалитет на плодовите (Davis et al., 2008; Flores et al., 2010; Rouphael et al., 2010; Kyriacou et al., 2017). Калемењето често предизвикува контрадикторни резултати за приносот и квалитетот (Klee & Tieman, 2013). Варијабилноста на квалитетот на плодовите може да се должи на влијанието на подлогата преку ефикасно апсорбирање на вода и хранливи материи или индиректно преку нејзиното влијание во текот на зреењето на плодовите, како и на пренесувањето на генетски материјал, протеини, метаболитички супстанции и сигнални молекули од подлогата кон питомката и обратно. Во поново време, во истражувањата се посветува поголемо внимание на биолошките и молекуларните механизми, како што се хормоналната сигнализација во комуникацијата и интеракцијата меѓу подлогата и питомката (Wang et al., 2017; Mauro et al., 2022; Okamoto et al., 2022; Pradeepkumara et al., 2022; Yang et al., 2022; Jeynes-Cupper & Catoni, 2023; Loupit et al., 2023), како и на функционирањето на клучните гени за заздравување на спојното место на калемење (Chambaud et al., 2022; Thomas et al., 2022).

Kyriacou и сор. (2017) извршиле сеопфатен критички преглед на научните достигнувања за влијанието на калемењето врз квалитетот на плодовите и заклучиле дека изборот и селекцијата на подлоги главно се насочени кон подобра продуктивност на сметка на квалитетот на плодовите и дека во стресни услови подлогата повеќе влијае врз особините на растенијата отколку питомката. Дополнително, влијанието на подлогата може да се изрази во конфигурацијата на квалитетните особини на плодот кај питомката, иако таквите промени пошироко се објаснуваат како интеракција меѓу подлогата и питомката. Врз основа на прегледот, тие заклучуваат дека бујните меѓувидови подлоги често имаат позитивен ефект врз големината на плодот (како што е утврдено кај лубеницата, краставицата и доматот), додека формата на плодот, егзокарпот и дебелината на мезокарпот претежно зависат од питомката. Калемењето може да влијае врз бојата на епидермисот и ендокарпот кај лубеницата, додека кај доматот, лубеницата и пиперката може да зависи од подлогата. Подлогата силно влијае врз текстурата на плодот, како меѓувидовите подлоги од фамилијата Cucurbitaceae кои ја зголемуваат цврстината на ендокарпот кај лубеницата, а ја намалуваат кај дињата, додека калемењето има слабо негативно влијание врз слаткиот вкус на плодовите. На пример, Colla и сор. (2013) утврдиле 4 % повисок индекс на формата кај калемената краставица, во споредба со некалемената контрола. Лубеницата калемена на лејка имала поголем плод и подебела кора, додека лејката калемена на диња имала плодови со повисока содржина на вкупни суви материи и потенка кора (Garcia-Lozano et al., 2020).

Меѓувидовите хибридни подлоги *S. melongena* × *S. incanum* L. и *S. melongena* × *S. aethiopicum* L., кои се користат за калемење на патлиџан покажале добра компатибилност и позитивно влијание врз бујноста на растенијата, приносот и толерантноста кон коренови нематоди, а при тоа не влијаеле негативно врз квалитетот на плодот (Gisbert, Prohens, & Nuez, 2011; Gisbert, Prohens, Raigón, et al., 2011). Напротив, подлогата од дивиот вид *S. torvum* негативно влијаела врз квалитетот на плодот на патлиџанот така што неговиот плод имал потемна или помалку изразена боја, иако имал зголемен принос (Moncada et al., 2013; Sabatino et al., 2016). На сличен начин, сортата диња ‘Arava’, калемена на подлога од меѓувидова хибридна тиква (*C. maxima* x *C. moschata*), ‘Strong Tosa’, имала побрз развој на плодот и поинтензивен вегетативен раст (Guan et al., 2015). Сепак, плодовите имале послаб квалитет и сензорски својства кои се важни за потрошувачите.

Често се случува квалитетот на плодот да се намали кога лубеницата се калеми на подлоги од *Cucurbita* spp. (Kyriacou & Soteriou, 2015; Alan et al., 2018). Сепак, повеќето подлоги, освен лејката, влијаеле да се зголеми цврстината на ендокарпот, содржината на вкупнит цврсти растворливи материи и ликопен кај плодовите од калемена лубеница (Bruton et al., 2009; Huitrón-Ramírez et al., 2009; Çandir et al., 2013; Kyriacou et al., 2016). Во други истражувања исто така е утврдено дека калемените комбинации од лубеница имаат поцврст ендокарп (Yetişir et al., 2003; Davis & Perkins-Veazie, 2006; Kyriacou & Soteriou, 2015; Soteriou & Kyriacou, 2015; Dabirian et al., 2017; Fallik & Ziv, 2020, Devi et al., 2021), додека Trandel (2020) забележал дека калемењето кај лубеницата може да го намали формирањето на шуплива срцевина. Devi и сор. (2021) извршиле сеопфатен преглед на литературните податоци и направиле подетална анализа за влијанието на калемењето како техника за надминување на абиотските стресови. При тоа, се фокусирале на зреењето и квалитетот на плодовите со посебен осврт на формирањето на шуплива срцевина, цврстината на ендокарпот, содржината на вкупни суви материи и содржината на ликопен кај лубеницата.

Со цел да проучи негативното влијание на калемењето врз квалитетот на лубеницата, Fredes и сор. (2017) ги споредувале особините на растенијата калемени на хибридни подлоги од Cucurbitaceae и, како алтернатива, калемени на подлога од див вид диња (*Citrullus lanatus* var. *citroides*). Кај растенијата калемени на дивиот вид диња не идентификувале значаен ефект врз содржината на шеќерите, како и врз софржината на киселините и ароматичните материи на плодот во споредба со некалемената контрола, додека калемењето и на двете подлоги резултирало со повисока содржина на глукоза и јаболкова киселина и со поголеми плодови со подебели кори.

Liu и сор. (2017) спровеле повеќесезонски експеримент на почва инокулирана со *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*, за да го евалуираат влијанието на подлоги од тиква, вклучувајќи сорти од *Cucurbita maxima* × *C. moschata* и *C. moschata*, врз квалитетот на плодот на безсемената сорта лубеница ‘Melody’. Резултатите од ова истражување покажале дека подлогите од тиква не влијаеле врз квалитетот на плодот на лубеницата, вклучувајќи ја содржината на вкупни суви материи и вкупна киселост, pH-вредност и повеќето сензорни својства на плодот додека, пак, меснатиот дел се осликувал со поголема цврстина.

Со цел да го испитаат влијанието на калемењето врз вкусот и аромата на доматот, Zhou и сор. (2022) користеле два метода - единечно косо и двојно косо калемење на врв, за калемење на сортата ‘Moneymaker’ на подлоги од див домат (*Solanum pimpinellifolium*) кои имале различна маса и квалитет на плодот. Подлогите, како и методите на калемење,

влијаеле врз содржината на шеќери, киселини и испарливи материи во перикарпот на растенијата од калемениот домат. Овие наоди биле потврдени и од утврдените метаболички промени во плодовите и листовите на доматот.

San Bautista и сор. (2011) предложиле алтернативно, но економично решение за надминување на некомпатибилноста помеѓу подлогата и питомката. Тие примениле двојно калемење на диња. Питомките од сортата ‘Piel de Sapo’ ги калемеле на сегменти од сортата ‘Sienne’ како посреден дел, кои потоа ги калемеле на подлогата ‘Shintoza’ (*C. maxima* × *C. moschata*).

Освен одредени негативни резултати и зависноста на успехот на калемењето од користената подлога, избраните комбинации, применетата методологија и практики, калемењето е посебно погодно за органското земјоделство, бидејќи во услови на биотски и абиотски стресови може да се одразат на приносот и квалитетот на плодовите (Islam et al., 2021; Fernández et al., 2022). На пример, Guan и сор. (2014) утврдиле дека сортите ‘Honey Yellow’ и ‘Arava’ калемени на подлога од *Cucumis metulifer* не покажале подобар принос во органско производство на лубеница, но се намалила популацијата на нематоди во почвата што создало поволни услови за одгледување на втора култура со осетливи сорти. Иако калемењето не се користи често во конвенционалното производство на пиперка и краставица во Холандија, поради тоа што не се добиваат повисоки приноси, Koren и сор. (2017) препорачуваат калемењето да се користи во органското производство за контрола на почвените болести.

Физиолошките механизми на кои што се должи влијанието на подлогата врз особините на пиперката може да предизвикаат различна конфигурација на физичко-хемиските нутритивни својства на плодовите. Потрошувачите често се заинтересирани за физичкиот квалитет на плодовите кој е дефиниран од морфометриските особини на плодот. Иако повеќето од овие особини се изразуваат зависно од генотипот, докажано е дека калемењето може да влијае врз некои од нив.

Ширината на плодот (или дијаметарот) е една од најстабилните особини кај пиперката и често останува непроменета кај калемените растенија (Gisbert et al., 2010; Saadoun & Allagui, 2013; Doñas-Uclés et al., 2014; Ergun & Aktas, 2018), со некои исклучоци на потесни (López-Marín et al., 2009) или пошироки плодови кај само една калемена комбинација (López-Marín et al., 2017).

Напротив, должината на плодот на пиперката често се менува како последица на калемењето (López-Marín et al., 2009), под влијание на особините на плодот на подлогата кои се разликуваат од особините на плодот на питомката или под дејство на некои други фактори. Во тој поглед, утврдено е дека некои калемени комбинации имале покуси (Gisbert et al., 2010; Saadoun & Allagui, 2013; Doñas-Uclés et al., 2014; Ergun & Aktas, 2018) или подолги плодови (Saadoun & Allagui, 2013; López-Marín et al., 2017) од нивните некалемени контроли.

Ваквото однесување на двете особини (ширина и должина на плод) се рефлектира и врз индексот на формата на плодот кој може да остане непроменет (Colla et al., 2008;Vega-Alfaro, Bethke, et al., 2021; Fisk, 2017) или може да варира кај плодовите од различни питомки (Saadoun & Allagui, 2013; Birkás et al., 2021).

Друга стабилна особина кај пиперката е бројот на лобуси на плодот кој не е под влијание на калемењето (Gisbert et al., 2010; Fisk, 2017), додека цврстината на плодот може да се подобри во некои специфични калемени комбинации (López-Marín et al., 2017; Uresti-Porras et al., 2021).

Дебелината на перикарпот е важна карактеристика на пиперката која влијае врз физичкиот и сензорскиот квалитет на плодот, како и врз продуктивноста. Затоа, оваа особина обично е предмет на анализа во повеќето истражувања за евалуација на квалитетот на плодовите од калемените растенија. Иако во повеќето студии е утврдено дека калемењето нема ефект врз дебелината на перикарпот (Gisbert et al., 2010; Doñas-Uclés et al., 2014; Fisk, 2017; Ergun & Aktas, 2018), во некои истражувања е утврдено дека растенија имале значајно подебел перикарп кај сите калемени комбинации (Rizani et al., 2021) или пак, само во одредени комбинации (López-Marín et al., 2017; Saadoun & Allagui, 2013). Сепак, резултатите може да варираат во различни години и услови на одгледување, и дополнително зависно од специфичната комбинација меѓу подлога и питомка (Birkás et al., 2021).

2.10.6. Влијание врз нутритивниот квалитетот на плодот

Содржината на нутритивни и биоактивни соединенија во плодот од пиперката зависи од сортните карактеристики, производните услови, степенот на зрелост на плодовите при бербата и манипулацијата по бербата. Поради важноста на нутритивниот квалитет на плодовите, особено на оние што се консумираат свежи, во поново време повеќе истражувања се фокусираат на анализа на ова својство при калемењето на пиперка.

Како што е наведено претходно, кај некои зеленчукови култури калемењето може да ги нарушат физичките и нутритивните својства на плодот на плодот. Сепак, голем број литературни податоци потврдуваат дека плодовите кај калемените растенија пиперка го задржале својот квалитет, или дури имале подобри нутритивни својства отколку плодовите од некалемените контролни сорти. На пример, во калемените растенија содржината на пепел (Gisbert et al., 2010) и вкупните суви материи останале непроменети (Colla et al., 2008; Fisk, 2017; Birkás et al., 2021; Vega-Alfaro et al., 2021); Doltu & Tănasă, 2022) или биле значајно повисоки (López-Marín et al., 2017) во споредба со некалемените растенија. Сепак, Sánchez-Torres и сор. (2016) утврдиле дека сите калемени комбинации имале пониска содржина на вкупни суви и растворливи суви материи. Во согласност со претходно наведените наоди, експерименталните резултати покажале дека содржината на суви материи во плодовите на калемените варијанти може да биде иста (Colla et al., 2008; Bogoescu et al., 2019), пониска (López-Marín et al., 2017) или повисока (Sánchez-Torres et al., 2016) отколку кај некалемените контроли.

Sánchez-Torres и сор. (2016) утврдиле значајно повисока содржина на протеини во плодовите на сортите ‘Almuden’ и ‘Coyote’, калемени на подлогите ‘Charlot’ (17,8 % и 16 %) и ‘Foc’ (20,8 % и 13,4 %), соодветно, додека во истражувањето на Uresti-Porras и сор. (2021) содржината на вкупните протеини во плодовите била зголемена (1,08 %) и кај двете сорти што ги користеле како питомки.

Содржината на вкупни шеќери и вкуни киселинис е важни параметри од кои зависи вкусот на плодовите кај пиперката. Експерименталните резултати покажуваат дека калемењето не влијаело врз содржината на шеќери (Bogoescu et al., 2019; Maršić et al., 2021; Uresti-Porras et al., 2021; Doltu & Tănasă, 2022), содржината на органски киселини (Maršić et al., 2021) и содржината на вкупни киселини (Colla et al., 2008; Fisk, 2017; López-Marín et al., 2017; Bogoescu et al., 2019; Birkás et al., 2021; Doltu & Tănasă, 2022), но може значајно да ја зголеми титрабилната киселост кај зелените и црвените плодови на сите калемени растенија (Gisbert-Mullor, Ceccanti, et al., 2020). Забележени се и варијабилни вредности за pH вредноста во плодот од пиперка, главно без значајни

разлики помеѓу калемените и некалемените варијанти (Colla et al., 2008; López-Marín et al., 2017), или pH вредностите биле значајно пониски (Vega-Alfaro, Bethke, et al., 2021) или повисоки кај зелените плодови на калемените растенија (Gisbert-Mullor, Ceccanti, et al., 2020).

Имајќи предвид дека витаминот С е многу важно нутритивно и антиоксидантно соединение, неговата содржина во плодот на пиперката е анализирана во многу експерименти. Повеќето од резултатите покажуваат дека калемењето не влијаело врз содржината на витаминот С (Gisbert et al., 2010; Sánchez-Torres et al., 2016; Bogoescu et al., 2019; Maršić et al., 2021; Doltu & Tănasă, 2022). Постојат и наоди дека избраните подлоги предизвикале позитивен ефект кај некои калемени комбинации (Gisbert-Mullor et al., 2020; (Uresti-Porras, Cabrera-De-La Fuente, et al., 2021). Само López-Marín et al. (2017) утврдиле значајно пониска содржина на витамин С во плодовите на калемените растенијата што биле одгледувани и во услови на суша и со оптимално наводнување.

Влијанието на калемењето врз содржината на биоактивните соединенија во плодовите на пиперката е анализирано во многу малку истражувања. На пример, Gisbert-Mullor и сор. (2020) утврдиле дека калемењето не влијае врз содржината на каротеноиди и хлорофил a и b во плодовите, но сите калемени растенија имале значајно повисока содржина на ликопен. Неколку студии потврдија дека калемењето може да влијае врз вкупната содржина на феноли во плодовите од пиперка позитивно (López-Marín et al., 2017; Uresti-Porras, Cabrera-De-La Fuente, et al., 2021), негативно (Sánchez-Torres et al., 2016; Gisbert-Mullor et al., 2020), или калемените комбинации може да имаат иста содржина на ликопен како и некалемената контрола (Maršić et al., 2021). Слично на тоа, во литературните податоци можат да се најдат спротивни резултати за антиоксидантниот капацитет на плодовите кој може да биде повисок (Uresti-Porras, Cabrera-De-La Fuente, et al., 2021) или понизок (López-Marín et al., 2017; Gisbert-Mullor et al., 2020) кај плодовите на калемените растенија.

Содржината на вкупни минерални материи во плодовите на калемена пиперка е најмалку експериментално анализирана особина. Sánchez-Torres и сор. (2016) утврдиле дека содржината на сите минерали (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu и Zn) во плодовите на ‘Almuden’ и ‘Coyote’, калемени на подлогите ‘Foc’ и ‘Charlot’, не се разликува статистички во однос на нивната содржина во плодовите на некалемените сорти, освен повисоката содржина на P (17%) и K (16%) во комбинацијата ‘Coyote’/’Chralot’, иако сите калемени комбинации имале повисока содржина на P, K, Ca и Zn, пониска содржина на Na и Fe и променливи вредности за содржината на Mg. Gálvez и сор. (2021), исто така, не утврдиле значајни разлики помеѓу плодовите на ‘Gacela’ F1 (калемени на ‘Atlante’, ‘Terrano’ и ‘Creonte’) во однос на содржината на макроелементи (NO_3^- PO_4^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+} и SO_4^{2-}) и микроелементи (Fe^{2+}, Cu^{2+}, Mn^{2+}, B^{3+}, Cl^-, Na^+ и K^+/Na^+), освен тоа што сите калемени растенија имале значајно повисокиот сооднос на K^+/Na^+, а растенијата од комбинацијата ‘Gacela’/‘Terrano’ имале пониска содржина на Zn^{2+} во плодовите. Напротив, Uresti-Porras, Cabrera-De-La Fuente, и сор. (2021) анализирале примероци составени од листови, стебла, плодови и корења на растенијата и забележале дека калемените растенија (‘Sven RZ F1’/’Ultron F1’) имале повисока содржина на N (12,2%), P (15,9%), K^+ (26,7%), Mg^{2+} (20,3%), Mn^{2+} (34,7%), Zn^{2+} (19,5%), Fe^{2+} (18,2%) и Cu^{2+} (11,5%) во споредба со нивната содржина кај некалемениот хибрид.

И конечно, за разлика од некои претпоставки дека калемењето може да ги нарушат сензорските својства на плодовите кај пиперката, резултатите од неколку сензорни тестови потврдија дека плодот на калемените растенија го задржува квалитетот (Fisk,

2017; Birkás et al., 2021), бојата (Gisbert-Mullor, Ceccanti, et al., 2020) и лутината (Vega-Alfaro, Bethke, et al., 2021). Напротив, калемените растенија може да имаат и подобрена текстура и вкус (Bogoescu et al., 2019).

2.10.7. Калемење *per se* споредба на самокалемени и некалемени растенија

Една од импликациите на ефектот од калемењето е дилемата дали забележените промени на својствата кај калемениот зеленчук се целосно предизвикани од подлогата или делумно и од самиот процес на калемење. Во многу експерименти со различни градинарски култури, и хетерокалемените и хомокалемените (самокалемените) варијанти се споредувани со некалемени контроли. Експерименталните резултати покажаа дека супериорноста на самокалемените растенија е варијабилна. Во некои случаи, самокалемените растенија од лубеница (Aloni et al., 2010) или домат (Gutiérrez-Benites, 2018) имале подобри вредности за особините од калемените и некалемените растенија, или пак, тие не се разликувале од некалемените варијанти (Guan et al., 2014; Guan et al., 2015; Schultheis et al., 2015).

Варијабилни резултати за самокалемените варијанти се утврдени и во експериментите за калемење пиперка, кои биле посебно дизајнирани за да се спореди ефектот на самиот процесот на калемење (*per se*). На пример, процентот на преживување кај самокалемениот расад од пиперка бил помал за 15,2 - 24,9 % во споредба со процентот на некалемените (100 %), но овие вредности во голема мера се разликувале кај сортите што биле користени како питомки, со преживување од 90 % кај ‘Toronto’ и 65 – 75 % кај самокалемените растенија на ‘Eigman’ (Soltan et al., 2017). Во истиот експеримент, речиси сите параметри за вегетативниот раст биле значајно подобри кај самокалемените растенија, повторно под влијание на питомките. Напротив, приносот значајно не се разликувал во 2014 година, додека во 2015 година самокалемените растенија имале 25 % помалку плодови, главно поради самокалемената сорта ‘Eigman’ која имала 60 % повеќе, но помали плодови од некалемената контрола.

Сепак, севкупните наоди во многу студии потврдиле дека самокалемените растенија не се разликуваат од соодветната некалемена контрола за повеќето анализирани својства (Sánchez-Torres et al., 2016; Ergun & Aktas, 2018; López-Serrano et al., 2019; Vega-Alfaro, Bethke, et al., 2021; Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas, et al., 2021; Gisbert-Mullor, Martín-García, et al., 2023). Исклучоци од ова правило се претставени во неколку случаи. Повисока вредност на pH во плодот и подолгиот период до цветање е забележана од Vega-Alfaro, Bethke и сор. (2021). Зголемената содржина на витамин C и каротеноиди во листовите и намалената содржина на вкупни феноли и водороден пероксид во листовите при нормални услови на раст забележале Gisbert-Mullor, Padilla, и сор. (2023)(Gisbert-Mullor, Padilla, et al., 2023)(Gisbert-Mullor, Padilla, et al., 2023)(Gisbert-Mullor, Padilla, et al., 2023), додека пониската содржина на аскорбинска киселина, помалиот пазарен принос и број на пазарни плодови кај самокалемените растенија од сортата ‘Almuden’ и подолгите плодови и повисокиот пазарен принос кај самокалемените растенија на сортата ‘Coyote’ биле констатирани од страна на (Sánchez-Torres et al., 2016). Малку подобри физиолошки параметри при стрес од суша забележале (López-Serrano et al., 2019). (Ergun & Aktas, 2018) укажуваат на пониските вредности за дијаметарот на стебло и должината на плодот кај самокалемените растенија, во споредба со соодветните некалемени контроли.

Овие минорни промени во литературните податоци не се објаснети со подобра васкуларна поврзаност меѓу подлогата и потомството, во споредба со недопрените растенија (некалемените), што значи дека тие промени не се појавиле поради влијанието на процесот на калемење. Промените кај самокалемените растенија, пред сè, се објаснуваат како реакција на зголемената содржина на етилен и други хормони. Тие пак, се синтетизираат како реакција на повредувањето на растенијата при калемењето и на стресните услови, и предизвикуваат физиолошки промени кај питомките (Soltan et al., 2017; López-Serrano et al., 2019). На молекуларно ниво, овој заклучок е поддржано од наодот на Liu и сор. (2013) дека 20 и 47 молекули на miRNA значајно различно се експресирале кај растенијата од лубеница калемена на подлоги од лејка и тиква, соодветно, во споредба со самокалемена лубеница, одгледувани во нормални услови на раст. Во друг подоцен експеримент, истиот истражувачки тим (Liu et al., 2016), забележал дека питомките од лубеница, калемени на подлоги од лејка и тиква, имале значајно поголема биомаса, висина и вкупна лисна површина отколку самокалемените растенија, со многу поголемо влијание на подлогата од тиква. Во споредба со самокалемените растенија, овие промени биле објаснети со 787 и 3485 гени кои диференцијално се експресирале кај лубеницата калемена на лејка и на тиква, соодветно. Гените биле поврзани со примарниот и секундарниот метаболизам, хормонската сигнализација, транскрипциските фактори, протеините-транспортери и реакциите на дразби. Затоа, Kyriacou и сор. (2017) заклучиле дека „самото калемење влијае врз физиолошките реакции на условите на раст“ и дека ефектите од самокалемење се поочигледни во раната фаза на развој отколку подоцна во репродуктивниот раст, па оттука, не влијаат врз квалитетот на плодот. Во таа смисла, самокалемените контролни варијанти се соодветни за експериментални дизајни во кои и питомката и подлогата се подложени на ист физиолошки стрес, така што различните реакции на калемените и самокалемените растенија би можеле да се должат на различните подлоги (Vega-Alfaro, Bethke, et al., 2021).

Конечно, една понова мета-анализа на експериментални резултати покажа дека самокалемените растенија од домат се разликуваат од некалемените во само 4 од 53 случаи со статистички податоци (Grieneisen et al., 2018). Тоа укажува на фактот дека веројатно не е неопходно во експерименталните студии да се вклучат и самокалемени варијанти.

Напротив, особините на калемените растенија речиси целосно зависат од избраните подлоги, питомки и/или нивните комбинации во дадени производни услови. Поради тоа, истражувачите и производителите со својата имагинација и знаење се соочуваат со предизвикот да ги изберат најдобрите генотипови и најдобро да ги комбинираат за да постигнат растенијата да бидат толерантни на биотски и абиотски стресови без да се намали нивната продуктивност, физичкиот и нутритивниот квалитет на плодовите.

Производителите на зеленчук можат да бидат заинтересирани за споредување на една сорта (некалемена) со истата сорта калемена на различни подлоги. Во овој случај, соодветна контрола се некалемените растенија, бидејќи интересот на производителите би бил да направат споредба на додадената вредност наспроти трошоците за калемење (Vega-Alfaro, Bethke, et al., 2021). Некалемените растенија не биле изложени на стрес во развојот поради процесот на калемење и затоа се соодветни за споредба со калемените.

Од овие причини, во ова испитување не се користеа самокалемени растенија како контролен третман, туку особините на калемените комбинации беа споредувани со некалемени контроли со цел да се процени која подлога и специфична комбинација

поуспешно придонесуваат за добивање на супериорни растенија од пиперка во услови на оранжериско и отворено производство.

3. ОБРАЗЛОЖЕНИЕ НА РАБОТНИТЕ ХИПОТЕЗИ

И покрај тоа што калемењето се применува со векови, многу аспекти на овој процес остануваат нејасни и денес, особено оние што се однесуваат на геномските интеракции помеѓу партнерите за калемење. Овие интеракции често резултираат со неконзистентни резултати во однос на влијанието на подлогите врз однесувањето на питомките. Одредени експерименти укажуваат на тоа дека калемењето не придонесува секогаш за зголемување на приносот. Понекогаш, калемењето може да реултира со контрадикторни ефекти во однос на приносот и квалитетот, што обично се должи на влијанието на подлогата врз биологијата и физиологијата на избраните питомки, како и врз квалитетните својства на нивните плодови. Ова влијание може дополнително да се комплицира со специфичните интеракции меѓу подлогите и питомките, и уште повеќе со комплексната интеракција помеѓу подлогата, питомката и факторите на надворешната средина. Всушност, многу експерименти се дизајнирани со примарна цел да се потврди дека калемењето не влијае негативно врз приносот, особено во однос на квалитетните својства на плодовите.

Една од теориите која што преовладува е дека калемените растенија имаат зголемена продуктивност и квалитет на плодовите во производството на отворено поради тоа што имаат поголем капацитет за апсорпција на вода и минерали. Сепак, со оглед на тоа што пиперката не е компатибилна со други видови кои имаат бујни коренови системи, оваа теорија е помалку применлива за производството на отворено.

Основната, нулта хипотеза (Но), е дека калемењето не влијае врз растот и особините на растенијата, додека алтернативната хипотеза (Н1) е дека калемењето влијае врз растот и особините на растенијата. За целосно тестирање на алтернативната хипотеза, четири хибридни сорти од два различни типа на пиперка беа калемени на три комерцијални подлоги, одгледувани на отворено и во оранжерија, во текот на три години. Се анализираа повеќе вегетативни, продуктивни и квалитетни својства кои го дефинираат растот на растенијата, приносот и квалитетот на плодовите кај пиперката, а добиените резултати од калемените варијанти се споредуваа со резултатите од соодветните некалемени варијанти.

4. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

4.1. Експериментален материјал

4.1.1. Растителен материјал

Со цел да се реализираат поставените експериментални цели, за питомки беа избрани четири хибридни сорти на пиперка кои се широко застапени во земјоделското производство во Косово и во регионот. ‘Ariadni’ F1 и ‘Kaptur’ F1, припаѓаат на *Capsicum annuum* var. *longum* или тип капија која најчесто се користи за преработка, а ‘Gelby’ F1 и ‘Vedrana’ F1, припаѓаат на *Capsicum annum* var. *grossum*, или тип бабура. Во продолжение е претставен комерцијалниот опис на растителниот материјал што се користеше во експериментот.



‘Ariadni’ F1 е производ на компанијата ‘Seminis’ (поранешната компанија ‘Royal Sluis’). Овој хибрид е погоден за производство во оранжери и на отворено, и е отпорен на болести и вируси. Бојата на плодовите се менува од светлозелена до темноцрвена, така што тие се соодветни за продажба во сите фази на зрелост. Имаат 2 или 3 лобуси, долги се 16 - 18 cm, со дијаметар на горниот дел од плодот од околу 5 cm и просечна маса од 160 - 200 g. Растенијата се силни и компактни, способни да носат исклучително висок род со врвен квалитет и со голем процент на плодови од прва класа со висока содржина на сува материја.

‘Kaptur’ F1 е исто така производ на компанијата ‘Seminis’. Оваа хибридна сорта се карактеризира со особено големи плодови чија маса може да достигне над 200 g. Димензиите на плодот изнесуваат 18 - 20 cm x 6 - 7 cm, со дебелина на перикарпот од 6 - 6,5 mm. ‘Kaptur’ F1 е специфичен по тоа што плодот многу брзо преминува од зелена во црвена боја. Стеблото е високо до 80 см, со многу цврст вегетативен хабитус. Во оптимални услови, има просечен принос од 2,3 kg по растение. Препорачаната густина на садење е 4 - 5 растенија на m^2. Погоден е за одгледување на отворено и во оранжерии





‘Gelby F1’ е производ на компанијата ’Semo’, главно наменет за пластеници или стаклености, но може да се одгледува и на отворено. Се карактеризира со висока содржина на витамин С. Плодовите се бабуресто со должина од околу 10 cm и дијаметар 8 - 9 cm. Просечната маса на плодот изнесува 120 - 140 g. Бојата на плодот е кремасто зелена во рана зрелост до жолта во целосна зрелост. Дебелината на перикарпот е околу 5 mm. Се препорачува да се одгледува на две стебла за да се добие висококвалитетен принос по растение.



‘Vedana’ F1 е крупноплоден хибрид на компанијата ‘Enza Zaden’. Се препорачува за одгледување во оранжерии (со принос од 1,2 - 1,8 kg по растение) во умерена клима, но исто така дава добри резултати во потопла клима кога се одгледува на отворено (0,8 - 1,5 kg по растение). Плодовите се кубовидни, малку издолжени, со големина 9 x 13 cm, и просечна маса од 180 - 220 g. Кога ќе достигнат технолошка зрелост, плодовите стануваат зеленикаво-бели, а во биолошка зрелост преминуваат од светлоцрвена во црвена нијанса. Перикарпот е дебел 6 - 7 mm

Две од користените подлоги се производи на компанијата ‘Semo’: ‘Sm Tant’ (*Capsicum annuum x C. chinense*), подлога која создава бујни и енергични растенија во текот на целата сезона, вклучувајќи ги и студените периоди, и ‘Vital Paprika’ (*Capsicum annuum* x *C. chinense*) која создава разгранет коренов систем, толерантен на многу почвени патогени, вклучувајќи ја и *Phytophthora*. Последната подлога, ‘6210’, е крстоска од два генотипа на пиперка и се одликува со силен развој и добра компатибилност со многу сорти и хибриди на пиперка. Подлогата е толерантна на *Phytophtora*, нематоди и вируси. Има силен коренов систем кој што се развива на голема длабочина. Сите три подлоги се користат комерцијално и се препорачани од албанскиот расадник ‘Eco Green Company’ каде што беше извршено калемењето.

4.1.2. Постапка за калемење

Калемењето на избраните подлоги во текот на тригодишниот експериментален период се вршеше во просториите и во рамките на објектите на професионалниот расадник ‘Eco Green Company’, лоциран во Ѓерѓан, Елбасан во Албанија, со вкупна површина од 14 000 m^2 и годишно производство од 12 до 16 милиони садници.

Датумот на сеидба во сите три години беше на крајот на април, во исто време за сите сорти, како и за подлогите, временски распореден за да може расадувањето да се изврши на почетокот на јули. За калемењето се користеше методот „калемење на процеп“ (J. M. Lee et al., 2010), познат и како јапонски метод. Оваа техника се применува кога растенијата се многу млади (во фаза на три вистински листа), при што подлогата и питомката се сечат косо и се спојуваат со помош на силиконска штипка со дијаметар од 1,5 до 2 mm. Калемените растенија се чуваа во комора за раст со UV светлина, на константна температура од 28°C и релативна влажност од 95% 4 до 5 дена. Во останатиот период на аклиматизација, расадот беше одгледуван во стакленик од типот ‘Venlo’, загреван на температура од 28°C, со релативна влажност од 95 %.

4.1.3. Услови за раст

Експериментот се одвиваше во производната компанија ‘Fidanishta e Godanci’ во с. Годанц, општина Штиме, Република Косово. Оваа компанија е специјализирана за производство на расад од зеленчук, лиценцирана од Министерството за земјоделство, шумарство и рурален развој на Косово. Општината Штиме е лоцирана во централниот дел на Косово, на 42°27'30.68' јужна географска широчина и 21°02'09,56' источна географска должина, на надморска височина од 583 m. Таа се одликува со климатски услови од просечен континентален тип и надморска височина од 580 m. Просечната температура на воздухот за време на периодот на испитување (3 години) изнесуваше 11,29˚C. Просечната температура на воздухот во текот на зимскиот период беше 0,20˚C, во пролетниот (март - мај) 9,7˚C, во летниот 20,8˚C, додека во есенскиот период (септември - ноември) просечната температура изнесуваше 1,2˚C. Минималната температура во зима достигна -25˚C (

Табела 2). Есента беше потопла од пролетта за 1,5˚C. Просечните годишни врнежи изнесуваа 675 mm. Имаше појава на магла, бидејќи компанијата е лоцирана во близина на реката Ситница, со чести ветрови и само 83 сончеви денови просечно во текот на трите години.

Табела 2 Просечна температура на воздухот (°C) во Урошевац, во близина на експерименталната локација во текот на 2019, 2020 и 2021 година

Година/месеци	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2019	2,1	2,3	7, 9	11,1	13,1	20,1	21	22,1	17, 1	12,6	9,7	2,3
2020	-0,1	3,7	6, 3	10,2	14,5	17,9	20,2	19,9	17,5	11,3	5,1	3, 5
2021	1	3, 5	3, 9	8, 4	15,4	19,8	23,3	22,6	16,6	8, 3	7	1,7
2001-2022	-0,7	1,9	6, 0	10,7	15,0	19,0	21,3	21,4	16,3	10,8	6, 0	1,3

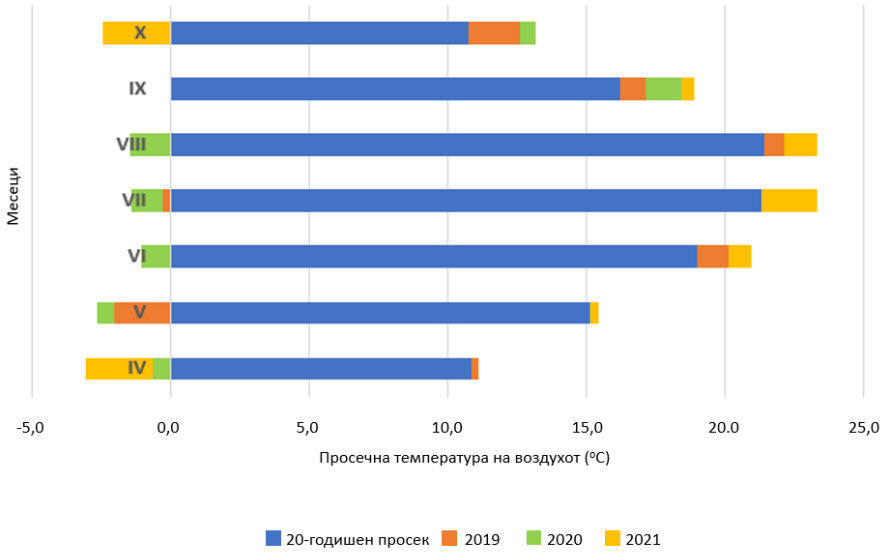
Извор: Хидрометеоролошки институт на Косово (Agency for Envoronmental Protection, 2020 и 2021)

Бидејќи експериментот на отворено не зависеше од врнежите, од метеоролошките фактори само температурата беше земена како фактор со влијание. Во

Табела 2 е претставено отстапувањето на месечните температури од дваесетгодишниот просек за вегетацискиот период од април до ноември.

Оранжеријата (PE тунел со 62,5 m должина, 16 m ширина и 5,8 m висина) е изградена врз поцинкувана метална конструкција покриена со полиетиленска фолија со дебелина од 180 микрони. Страничната вентилација покрива 1/3 од површината. Дополнително, имаше поставено мрежа за засенчување за заштита во периодите со многу висока инсолација. Челните делови на оранжеријата беа покриени со 53-двослоен поликарбонатен слој. Оранжеријата беше опремена со единица за наводнување која се користеше за снабдување со вода и хранливи материи преку систем за наводнување капка по капка, како на површината на отворено, така и на експерименталните парцели во оранжеријата.

Се користеа ѓубрива од компанијата ‘Fertico’, која е дел од ‘Agromarket Group’ од Крагуевац. Фертигацијата се одвиваше според следниов распоред: веднаш по расадувањето беше применуван ‘Fitofert Boromax 10:40:10’ во концентрација од 0,1 %, потоа во фаза на развој на растенијата се ѓубреше со ‘Fitofert Magnical 20:20:20’ и во фаза на полно плодоносење се ѓубреше со ‘Fitofert Biomax 11:7:33+4MgO’, во концентрација од 0,5 %. Растенијата само по еднаш во сезона се ѓубреа фолијарно со ‘Fito Fert Humisuper’ во концентрација од 0,3 % во фаза на цветање.



Графикон 1 Просечни температурни отстапувања за време на вегетациската сезона (°C)

Системот за наводнување беше инсталиран под црната фолија. За време на расадувањето, отворите за расадување на фолијата се сечеа рачно со цевка. Растенијата се расадуваа во дворедни леи со 60 cm меѓуредово и 40 cm внатредово растојание. Растојанието помеѓу леите изнесуваше100 cm, или беа расадени 4 растенија на метар квадратен. Растенијата хоризонтално беа потпрени со две најлонски жици, поставени паралелно од двете страни на секој ред и беа оставени да растат како грмушки, без

кроење, бидејќи тоа е вообичаена земјоделска практика за одгледување на пиперка во регионот.

4.2. Експериментални методи

4.2.1. Експериментален дизајн

За да се оцени ефектот на калемењето врз морфолошките и продуктивните својства, како и врз квалитетот на плодовите, четири хибридни сорти пиперка беа одгледувани некалемени и секоја од сортите беше користена како питомка за калемење на три подлоги. На тој начин, во експериментот беа анализирани вкупно шеснаесет варијанти кои се опишани во Табела 3.

Табела 3 Опис на експерименталните варијанти

	Ознака	Питомка	Поврзаност	Ознака	Подлога
1.	S1	‘Ariadni’ F1	некалемен	R0	-
2.	S1	‘Ariadni’ F1	калемен на	R1	‘SM Tant’
3.	S1	‘Ariadni’ F1	калемен на	R2	‘Vital Paprika’
4.	S1	‘Ariadni’ F1	калемен на	R3	‘6210’
5.	S2	‘Kaptur’ F1	некалемен	R0	-
6.	S2	‘Kaptur’ F1	калемен на	R1	‘SM Tant’
7.	S2	‘Kaptur’ F1	калемен на	R2	‘Vital Paprika’
8.	S2	‘Kaptur’ F1	калемен на	R3	‘6210’
9.	S3	‘Gelby’ F1	некалемен	R0	-
10.	S3	‘Gelby’ F1	калемен на	R1	‘SM Tant’
11.	S3	‘Gelby’ F1	калемен на	R2	‘Vital Paprika’
12.	S3	‘Gelby’ F1	калемен на	R3	‘6210’
13.	S4	‘Vedrana’ F1	некалемен	R0	-
14.	S4	‘Vedrana’ F1	калемен на	R1	‘SM Tant’
15.	S4	‘Vedrana’ F1	калемен на	R2	‘Vital Paprika’
16.	S4	‘Vedrana’ F1	калемен на	R3	‘6210’

Сите варијанти беа поставени во рандомизиран блок дизајн со четири повторувања, во оранжерија (ОР) и на отворено (ОТ). Секое повторување претставуваше еден експериментален блок со површина од 5 m^2 на која беа посадени 20 растенија. Целиот експеримент се состоеше од вкупно 128 експериментални блокови, од кои 64 беа на отворено и 64 во оранжерија. Шемата за експерименталниот дизајн е дадена во Анекс 1.

4.2.2. Методи за оцена на морфолошките и продуктивните својства

Морфолошките својства на плодовите беа евидентирани на 10 униформни неоштетени плодови (без физички или патолошки оштетувања), одбрани од секое од четирите повторувања од секоја варијанта. Вкупната маса на плодот беше мерена на

прецизна вага VIC-212 (со капацитет до 210 g, читливост до 0,01 g и калибрациска маса од 200 g). Секој плод беше сечен напречно централниот дел од плодот за мерење на дебелината на перикарпот. За таа намена беше користен дигитален шублер NEIKO 01409A 12” Electronic Digital Caliper (со опсег на мерење од 0 до 300 mm и точност од 0,02 mm), додека должината и дијаметарот на плодот се мереа со линеар. Плодовите беа чистени од семето, семената плацента и плодната дршка (педицелот) и беа повторно мерени за да се добие вредност на консумативна маса, изразена во грами. Должината, дијаметарот и дебелината на перикарпот се изразени во милиметри со една децимала. Од вредностите за мерените својства се изведени уште две особини на плодот: индекс на формата на плод, како сооднос помеѓу должината и дијаметарот на плодот.

Динамиката на раст на растенијата се мереше на секои 10 дена, почнувајќи од 15-от ден по расадувањето (средината на јуни) до почетокот на полната берба. Растот на растенијата се мереше со мерна лента на 5 растенија од секое повторување, почнувајќи од почвата до врвот на растенијата. Стапката на раст е изразена како процент на разликата од конечната висина на растението која се евидентираше на крајот од бербата, на почетокот на октомври, според Miller и сор. (2022). Дијаметарот на стеблото се мереше непосредно под првото разгранување, со дигитален шублер NEIKO 01409A 12” Electronic Digital Caliper (со опсег на мерење од 0 до 300 mm и точност од 0,02 mm).

Параметрите на приносот: број на плодови, маса на пазарни плодови и маса на непазарни плодови се следеа на 10 растенија од секое повторување во технолошка зрелост на плодовите со користење на вага Mettler Toledo® PB5001 (со максимален капацитет од 5100 g и читливост од 0,1 g). На тој начин беа евидентирани пазарниот и непазарниот принос по растение, од чии вредности е утврден и вкупниот принос по растение. Непазарниот принос се одредуваше од плодовите кои беа деформирани, мали и оние со пригор или BER. Вкупниот принос по хектар е добиен со мерење на масата на сите плодови од сите растенија од секој експериментален блок.

4.2.3. Аналитички методи

Квалитетот на плодот од аспект на хемискиот состав се детерминираше во три фази на зрелост според Elibox et al. (2017): зелена, преодна и црвена фаза. За таа цел, во секоја од соодветните фази на зрелост се собираа пет случајни плода од секоја експериментална парцела. Анализите беа изведувани во лабораторијата на Националниот земјоделски институт во Косово, како што е наведено подолу.

Содржина на влага – се мереше со анализатор на влага (OHAUS moisture analyzer MB 90) на примерок со големина од 5 g. Вредностите се изразени како % од свежа маса (FW).

Вкупните растворливи материи (TTS) беа утврдени со рефрактометар Abbe Digital Refractometer (Atago Co. Ltd) на 20 °C ± 2 °C и изразени во Bx%.

Витамин C со волуметриски метод, титрација со 0,1 N р-р на J_2 (Farmakopeja, 1984) на примерок со големина од 10 g. Вредностите се изразени во mg на 100 g FW.

Нитратите се мереа во примерок со маса од 10 g кој беше растворен и добро хомогенизиран во 50 mL дестилирана вода. Потоа растворот беше ставен на вриење 15 минути. По 10-минутно центрифугирање на растворот во епрувети од 50 ml на 3000 вртежи, секој примерок беше поделен на два дела: еден дел за анализа со HPLC и

другиот дел за анализа со UV VIS Спектофотометар (апсорпција 0,220 nm – 0,275 nm, од Thermo Scientific co.).

Утврдувањето на протеините беше изведено со примена на стандарден аналитички метод според Kjeldahl, преку кој се определува содржината на азот, а се изведува во три главни чекори: дигестија, дестилација и титрација. Протеините се мереа во примерок со маса од по 1 g кои се минерализираше со 12 mL сулфурна киселина во двостепен 1000 Kjeldahl катализатор, во текот на еден час. Во секоја минерализирана цевка беа додавани по 80 mL дестилирана вода пред да бидат позиционирани во Kjeltec за натамошно процесирање во траење од 5 минути (минерализирачка единица, Kjeltec Sampler 8420 Destilator, Tecator DT2508/2520 Digestor). Добиената вредност на содржина на азот (%) се множи со коефициентот 6,25, за одредување на содржината на белковините (%)

Анализата на минерални материи (Ca, Na, K, Mg и P**)** се вршеше на примероци со маса од 0,5 g во просек, третирани со 9 mL 65 % азотна киселина и 1 mL 30% водороден пероксид, во времетраење од 30 мин. По минерализација и разредувањето, добиениот примерок беше хомогенизиран и е сместен во друга тефлонска цевка од 10,0 mL за анализа, со апаратот MP-AES (Microwave Plasma Atomic Emission Spectroscopy - Microwave Plasma Atomic Emission Spectroscopy (MP-AES), ORIBA Corporate Global, Ultima Expert LT). Отчитувањата се изразени во ppm. Вредностите за содржината на фосфор беа утврдени со спектрофотометар Cole Parmer 1100RS. Читањето на апсорбцијата се вршеше на бранови должини од 620 nm. Вредностите се изразени во ppm.

4.2.4. Статистички методи

Преку претходно направената MANOVA (повеќефакториелна анализа на варијансата) на комплетните годишни резултати од сите следени параметри се констатираше дека нема разлика помеѓу експерименталните години, па затоа податоците се обработуваа како просечни од трите години. Со цел да се добие реална слика за ефектот на калемењето, податоците беа групирани според ботаничката класификација на питомките, односно податоците за ‘Ariadni’ F1 и ‘Kaptur’ F1 (*Capsicum annuum* var. *longum*) и податоците за ‘Gelby’ F1 и ‘Vedrana’ F1 (*Capsicum annuum* var. *grossum*) беа статистички обработени одделно. Сепак, за подобра видливост, конечните резултати се претставени во заедничка табели.

Како фактори за анализа со двофакторијалната ANOVA беа земени комбинациите на калемење и производните услови (отворено поле и оранжерија). За мерењата кои беа спроведувани на интервали/фази во подолг временски период, како што се мерењата на динамиката на растот во пет временски интервали и анализите на хемиските параметри кои беа мерени во три различни фази на зрелост, со цел да се утврдат разликите меѓу варијантите, се користеше ANOVA за повторени мерења, тестирани со Тукиев тест. По проверката на сигнификантноста на интеракцијата за секоја променлива, беше направена и еднофакторијална ANOVA. Средните вредности беа споредени со тест за најмала сигнификантна разлика (LSD) и со Данкановиот тест на ниво на веројатност $P < 0,05$. Сите статистички анализи беа направени со статистичкиот пакет SPSS верзија 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

5.1. Динамика на пораст

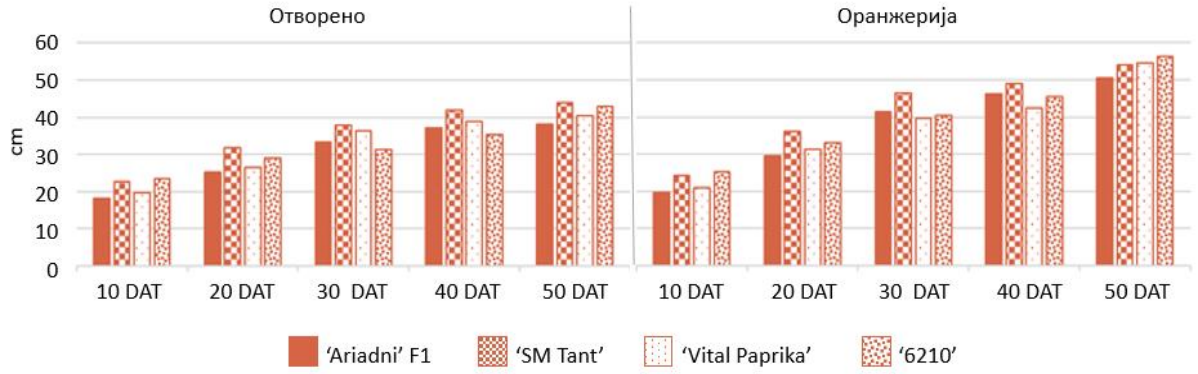
Влијанието на калемењето врз висината и дијаметарот на стеблото варира зависно од експерименталните варијанти и комбинациите на калемењето. Докажано е дека, во некои случаи, калемењето го засилува вегетативниот раст, и резултира со повисоки растенијата (López-Marín et al., 2012; Pico et al., 2017; Rizani et al., 2021). Позитивното влијание често се објаснува со бујноста на кореновиот систем на подлогите, со што се аргументира поефикасното снабдување на питомката со вода и хранливи материи, како и со ендогени хормони, што придонесува за зголемување на севкупната бујност и продуктивност на растенијата.

Во овој експеримент, порастот на растенијата редовно се следеше на секои 10 дена по расадувањето кога почетната висина на расадот беше 13 cm, па сè до фазата на масовно зреење. Тоа резултираше со вкупно пет мерења. Беа мерени две својства – висина на растенијата и дијаметар на стеблото, при што се утврди дека калемите различно се развиваат во различни фази на пораст. Овој наод базира на добиените резултати од двофакторијална ANOVA со повторени мерења, која беше извршена со цел да се анализира влијанието на калемењето и производните услови врз динамиката на пораст во пет последователни фази на порастот. Анализата покажа дека разликите помеѓу фазите на пораст предизвикани од калемењето и производните услови се статистички значајни ($F(4,92) = 145,16$, $p < ,001$). Исто така, високо статистички значајни вредности беа утврдени за сите интеракции ($F(4,48) = 216,342$, $p <,001$) кај комбинациите од тип капија. Слични резултати беа добиени и за комбинациите од тип бабура ($F(4,92) = 321,21$, $p < ,001$) и ($F(4,48) = 328,16$, $p < ,001$), соодветно, за анализата на вредностите во и меѓу одделните фази на пораст.

Истата постапка беше применета и за мерењата на дијаметарот на стеблото. Двофакторијалната ANOVA со повторени мерења за ова својство покажа дека разликите во одделните фази на пораст во однос на калемењето и производните услови се статистички значајни ($F(4,92) = 415,35$, $p < ,001$). Анализата помеѓу одделните фази, исто така, покажа високо статистички значајни вредности за сите интеракции ($F(4,48) = 368,512$, $p < ,001$) кај калемените растенија пиперка од тип капија. Слични резултати се утврдени и за калемените растенија од тип бабура ($F(4,92) = 247, 21$, $p < ,001$) и ($F(4,48) = 279,14$, $p < ,001$), соодветно, за анализата во и меѓу фазите на пораст. Деталната анализа за двата параметра (динамика на пораст на висината и дијаметарот на стеблото) е прикажана во Табела 16,

Табела 17, Табела 18 и Табела 19.

Во Графикон 2 и Табела 4 се претставени резултатите за хибридната сорта ‘Ariadni’ F1 (некалемена), споредена со нејзините калемени комбинации. Се забележува дека речиси во сите фази на пораст некалемените хибриди имаа поспора динамика на пораст во споредба со сите калемени комбинации, освен во некои фази со оние кои беа калемени на подлогата ‘6210’ (R3) којашто покажа исклучителен интензитет на пораст во првите 10 дена по расадувањето.

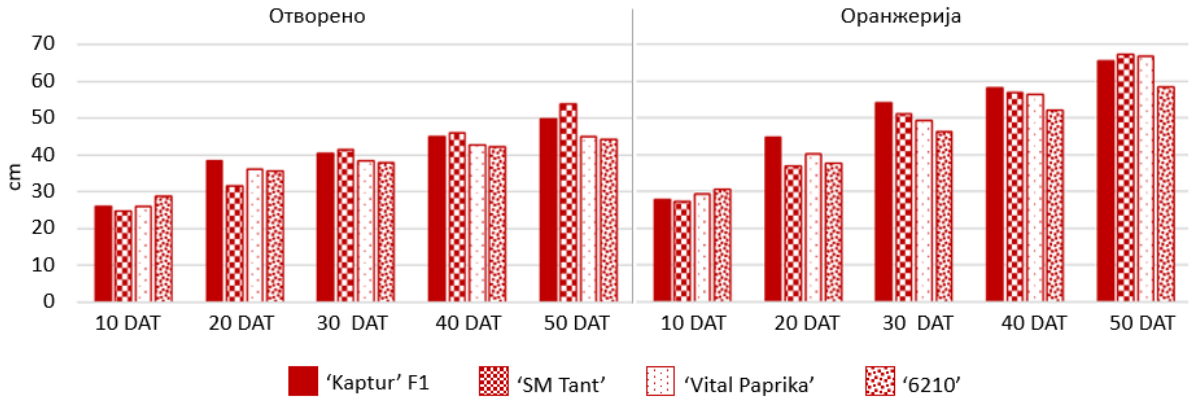


Графикон 2 Реална динамика на пораст (cm) кај варијантите на хибридната сорта ‘Ariadni’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)

Табела 4 Средни вредности за релативната динамика на пораст (%) кај варијантите на ‘Ariadni’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)

Подлога/DAT	**Отворено**					**Оранжерија**				
	10	**20**	**30**	**40**	**50**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
-	13,4	18,5	21,5	9,7	2,7	13,0	19,5	23,6	9,8	8,3
‘SM Tant’	22,2	20,8	13,4	9,5	4,6	20,8	22,0	19,4	4,6	9,3
‘Vital Paprika’	18,4	19,0	27,7	11,3	11,2	14,4	19,2	15,1	5,4	22,1
‘6210’	29,9	15,5	6,8	32,6	17,8	21,6	14,2	13,0	9,0	19,2

Сепак, беше забележено дека различниот интензитет на порастот не може исклучиво да се припише на калемењето и на производните услови. Беше евидентно дека почетокот на заврзувањето на плодовите имаше критична улога во однос на утврдените разлики. Всушност, почетокот на зафаќањето на плодовите резултираше со поместување на балансот помеѓу вегетативниот и репродуктивниот раст.



Графикон 3 Реална динамика на пораст (cm) кај варијантите на хибридната сорта ‘Kaptur’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)

Табела 5 Средни вредности за релативната динамика на пораст (%) кај варијантите на ‘Kaptur’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)

Подлога/DAT	**Отворено**					**Оранжерија**				
	10	**20**	**30**	**40**	**50**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
-	26,1	24,9	4,1	9,0	9,8	22,6	25,7	14,5	5,8	11,5
‘SM Tant’	21,7	13,0	18,0	8,5	14,7	21,1	14,4	21,0	8,8	15,3
‘Vital Paprika’	29,1	22,3	5,1	9,5	5,0	24,4	16,1	14,0	10,4	15,7
‘6210’	35,8	15,4	5,2	9,5	4,6	30,1	12,1	14,9	9,7	11,0

Ова поместување имаше значајни последици врз динамиката на пораст. Homma и сор. (2022) го квантификувале протокот на хранливи материи од коренот кон вегетативната маса на дневна основа, со цел да ја објаснат релацијата помеѓу зафаќањето на плодови, производството на сува материја и протокот на материи од коренот до надземниот дел од растенијата. Тие заклучиле дека продукцијата на сува маса и релацијата помеѓу зафаќањето на плодовите, производството на сува материја и трансферот на материи од коренот до надземниот дел од растенијата влијаат врз плодоносењето кај растенијата кои биле одгледувани во оранжерии. Утврдените разликите не биле поврзани со калемењето туку варирале помеѓу сортите и нивните калеми.

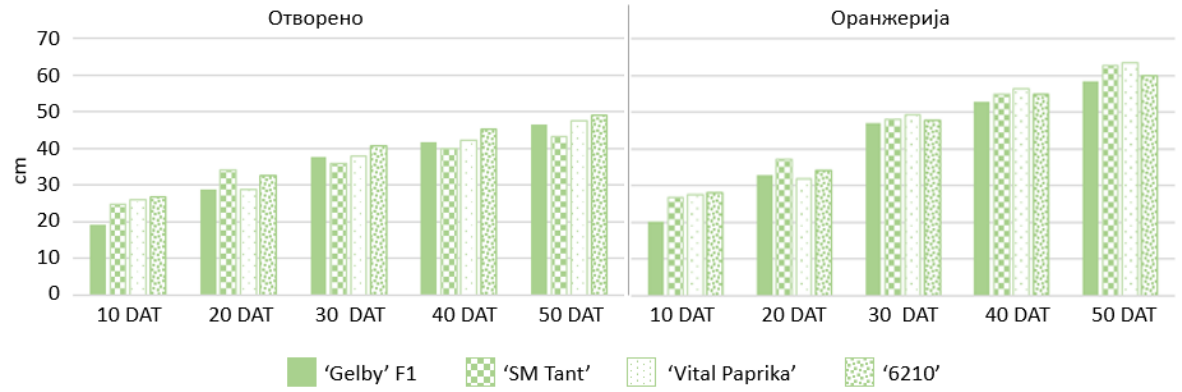
Од истите причини, и во ова истражување резултатите за овие две својства се прикажани одделно за секој хибрид и неговите калемени комбинации. Во графиконите е претставена реалната динамика на пораст изразена во cm, добиена од мерењата во дадените временски периоди, а во табелите е претставена процентуалната разлика меѓу последователните мерења, изразени во проценти.

Хибридните сорти ‘Ariadni’ F1 (Графикон 2 и Табела 4) и ‘Kaptur’ F1 (Графикон 3 и Табела 5) припаѓаат на пиперка од типот капија која се карактеризира со задоцнето плодоносење. Овој факт може да ја објасни стагнацијата на ‘Ariadni’ F1 во последните две фази на пораст (9,7 и 2,7 % на 40 и 50 DAT, соодветно). Сепак, спротивно на оваа претпоставка, ‘Kaptur’ F1 имаше најбрз пораст во втората декада, што воедно беше и единствената фаза на пораст во која овие растенија беа повисоки од растенијата на сите негови калемени комбинации. Во двата случаја, односно кај варијантите на двете хибридни сорти, подлогата ‘SM Tant’ предизвика најбрз пораст на растенијата во речиси

сите фази, истовремено со најбалансиран развој од расадувањето до масовната зрелост, што овозможи добар сооднос помеѓу развојот на вегетативната и репродуктивната маса.

Хибридната сорта ‘Gelby’ F1 којшто припаѓа на пиперка од типот бабура, исто како и ‘Vedrana’ F1, имаше поспор раст во првиот период на мерење кога растенијата беа сигнификантно пониски во споредба со калемените растенија (Графикон 4 и Табела 6), со стапка на пораст од само 13,2 %. Во останатиот период на вегетативен развој, оваа разлика беше компензирана, но, без сигнификантни различни вредности. Од друга страна, ‘Vedrana’ F1 континуирано имаше поинтензивен пораст на отворено, додека во оранжериски услови нејзините растенија беа повисоки од сите калемени варијанти само во првите три декади, повторно без сигнификантно различни вредности (Табела 7 и Графикон 5).

Средните вредностите за крајната висина на растенијата од хибридите и нивните калемени комбинации се претставени во Графикон 6. Помеѓу калемените и некалемените варијанти не беа забележени статистички значајни разлики кај ниту еден хибрид на отворено, додека во оранжерија растенијата на ‘Ariadni’ F1/‘6210’ беа значајно повисоки од оние на ‘Ariadni’ F1 и растенијата на ‘Kaptur’ F1/‘6210’ беа значајно пониски од ‘Kaptur’ F1 и од другите негови калемени варијанти.



Графикон 4 Реална динамика на пораст (cm) кај варијантите на хибридната сорта ‘Gelby’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)

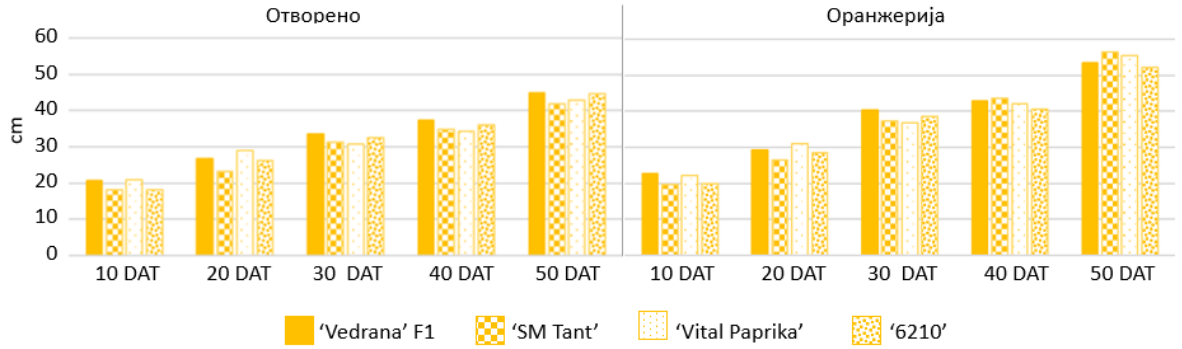
Согледувањата од нашите резултати се во согласност со резултатите добиени од Doñas-Uclés и сор. (2015), кои констатирале дека некалемените растенија биле највисоки во првото мерење на динамиката на пораст, а само комбинацијата ‘Palermo’/‘Jalapeno’ имала сигнификантно повисоки растенија на крајот од вегетацијата.

Докажано е дека динамиката на пораст кај пиперката зависи од многу фактори, меѓу кои спаѓаат производните услови (отворено/оранжериско производство) и влијанието на животната средина, како што се абиотските стресови. Aidoo и сор. (2019) го оценувале влијанието на ниската температура во кореновата зона врз порастот и развојот на две сорти калемени бабури, ‘Canon’ и ‘Syngenta-S103’. Нивните наоди укажаат дека калемењето негативно влијаело врз порастот на кореновата и надземната биомаса, со различни варијации во однос на сортите, варијантите и контролата. Иако во првите 2 - 6 недели на температура од 27°C не биле забележени значајни разлики, комбинацијата ‘Canon’/‘S103’ континуирано имала супериорни растенија во споредба со самокалемените растенија од сортата ‘Canon’ на ниво на сите варијанти. Дополнително,

докажано е дека различни подлоги различно влијаат врз динамиката на пораст. Во мал број истражувања е утврдено дека калемените комбинации имале повисоки растенија од некалемените (Colla et al., 2008; López-Marín et al., 2012; Rizani et al., 2021).

Табела 6 Средни вредности за релативната динамика на пораст (%) кај варијантите на ‘Gelby’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)

Подлога/DAT	**Отворено**					**Оранжерија**				
	10	**20**	**30**	**40**	**50**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
-	13,2	21,0	18,7	9,0	10,3	12,4	21,7	24,5	10,0	9,2
‘SM Tant’	27,3	21,3	4,5	9,2	7,8	22,1	16,3	17,4	11,0	12,4
‘Vital Paprika’	27,3	6,2	19,0	8,9	11,4	23,0	6,6	27,6	11,1	11,1
‘6210’	28,2	11,6	16,6	9,2	7,9	25,2	10,2	22,5	12,1	8,3

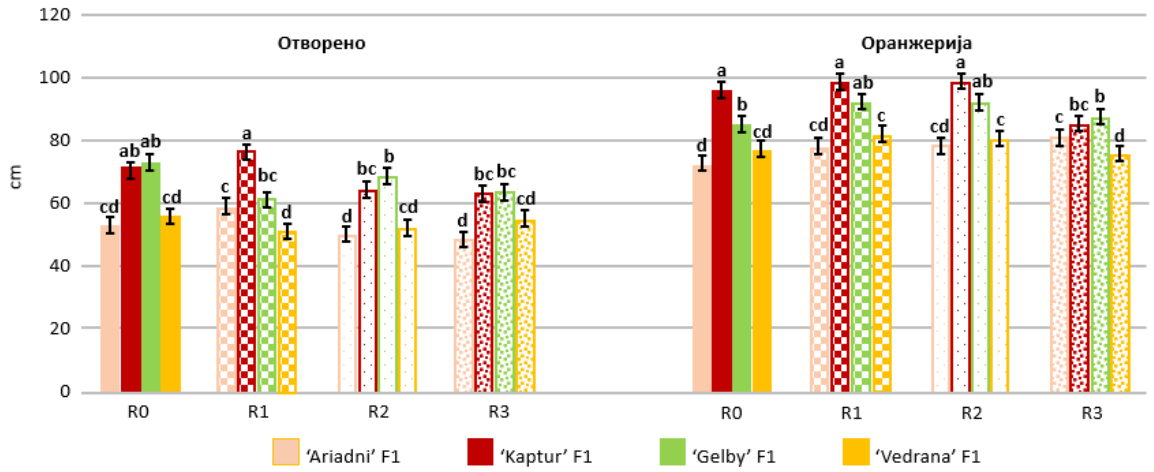


Графикон 5 Реална динамика на пораст (cm) кај варијантите на хибридната сорта ‘Vedrana’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)

Табела 7 Средни вредности за релативната динамика на пораст (%) кај варијантите на ‘Vedrana’ F1 во пет временски интервали (денови по расадување, DAT)

Подлога/DAT	**Отворено**					**Оранжерија**				
	10	**20**	**30**	**40**	**50**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
-	17,0	13,2	15,5	8,3	17,0	17,9	12,5	20,7	4,8	19,9
‘SM Tant’	11,9	12,4	19,7	8,3	16,6	11,7	12,1	19,1	11,3	22,8
‘Vital Paprika’	18,4	18,6	4,5	8,0	20,1	16,6	16,1	10,4	9,6	23,9
‘6210’	11,2	18,2	14,2	8,1	19,1	13,4	16,1	19,2	4,0	22,5

Од друга страна, резултатите од повеќе истражувања посочуваат дека од калемењето може различно, па дури и негативно да влијае врз висината на растенијата (López-Marín et al., 2012; Doñas-Uclés et al., 2015; Soltan et al., 2017; Fisk, 2017; Orosco-Alcalá et al., 2021).



Графикон 6 Крајна висина на растенијата (cm) кај некалемените (R0) и калемените варијанти на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3)

Еден таков пример е претставен во истражувањето на Gálvez и сор. (2021) кои ја испитувале реакцијата на растенијата од хибридната сорта ‘Gacela’ F1, калемена на три комерцијални подлоги, во услови на засолена почва. Авторите наведуваат дека разликите во порастот се должат на промените во хормонскиот баланс којшто бил предизвикан од подлогите. Значајно влијание на подлогата врз висината на растенијата е забележана и во истражувањето на Leal-Fernández и сор. (2013), кои ги оценувале морфолошките својства и приносот на пазарни плодови кај сортата ‘Triple Star’, калемена на осум различни подлоги. Притоа, интеракцијата со подлогата ‘AR96029’ поттикнала позитивен ефект врз порастот (неделниот и вкупниот пораст), како и врз дијаметарот на стеблото. Спротивно на тоа, подлогата ‘CM334’ негативно влијаела врз агрономските и морфолошките својства. Подлогата ‘Tresor’ предизвикала растенијата да имаат повисоки вредности за должина на листот, без притоа негативно да влијае врз висината на растенијата. Од тие причини, важно е да се направи добар избор на соодветна подлога за калемење.

Во малиот број на експерименти во кои бил евалуиран дијаметарот на стеблото, повеќето калемени комбинации имале потенко стебло во нормални услови за одгледување (Shu et al., 2016; Ergun & Aktas, 2018) или во почви заразени со *P. capsici* (García-Rodríguez et al., 2010). Сепак, во некои случаи, дијаметарот на стеблото кај калемените комбинации бил приближно ист со дијаметарот на стеблото кај некалемените контроли (García-Rodríguez et al., 2010; Saadoun & Allagui, 2013). Во некои истражувања е утврдено дека и подлогата влијаела врз зголемување (Leal-Fernández et al., 2013) или намалување (Orosco-Alcalá et al., 2021) на вредностите за дијаметарот на стеблото кај калемените растенија, додека останатите подлоги кои биле користени истражувања немале сигнификантно влијание врз оваа особина.

Генерално, влијанието на калемењето врз висината на растенијата и дијаметарот на стеблото е комплексна појава и зависи од различни фактори, вклучувајќи ја специфичната подлога, комбинацијата со питомката, условите на средината и како и мерењата кои се изведуваат во текот на експериментот.

5.2. Морфолошки својства на плодот

Морфолошките својства на плодот, како што се големината и формата на плодот, се критични точки кои го одредуваат квалитетот на производот кој, пак, влијае врз пазарната вредност и прифатеноста на плодовите. На пример, кај пиперката, повисоки цени можат да се постигнат доколку плодовите имаат постојан квалитет, големина и изглед. Влијанието на подлогата врз питомката може да резултира со разлики во нутритивниот и физичко-хемискиот квалитет на плодот. Иако генотипот пред сé ги детерминира морфолошките својства на плодот, докажано е дека калемењето може да влијае врз некои плодови особини. Влијанието на калемењето врз димензиите на плодот е испитувано во само неколку истражувања.

Во ова потпоглавје, во детали се претставени резултатите од анализата на морфолошките својства, од аспект на физичкиот квалитет на плодот. Во интерес на понасочена и одржана анализа, хибридите и нивните калемени комбинации се поделени на две групи: тип капија и тип бабури, за да се избегне споредување на хибриди кои припаѓаат на различни ботанички вариетети. Со овој пристап, земени се предвид специфичните особини на секој од овие вариетети.

Комерцијалните спецификации во кои се назначени карактеристиките на хибридите кои беа користени во ова истражување како питомки, индицираат дека ‘Ariadni’ F1 се одликува со должина на плод меѓу 16 и 18 cm и дијаметар на плод околу 5 cm. Според тоа, индексот на плодот е помеѓу 3,2 и 3,4. Во ова истражување, должината на плодот на ‘Ariadni’ F1 беше на долната граница, посебно кај растенијата одгледувани на отворено. Сепак, во услови на оранжериско производство, вредностите за ова својство беа поблизу до наведените сортни особини на хибридот. Во однос на должината на плодот, не беа забележени разлики помеѓу хибридните сорти и нивните калемени комбинации. Најголем дијаметар на плод имаа растенијата што беа калемени на подлогата ‘6210’, со просечен дијаметар од 45,4 mm (SD: 0,44). Сигнификантните разлики, кои беа констатирани со анализата ANOVA (Табела 8) се должат пред сé на влијанието на производните услови.

Хибридната сорта ‘Kaptur’ F1 којашто припаѓа на истата група пиперки со долги плодови како и ‘Ariadni’ F1, е позната по нејзините крупни плодови. Типично, плодовите и се долги помеѓу 16 и 18 cm, со дијаметар од 6 до 7 cm, што резултира со индекс на плодот од 3,2. Во согласност со литературните податоци, за дијаметарот на плодот не беа утврдени значајни статистички разлики помеѓу хибридните сорти и нивните калемени комбинации. Сепак, во однос на должината на плодот беше утврдена забележлива разлика. Во услови на производство на отворено, растенија имаа пократки плодови, додека, при што единствено оние калемени на ‘6210’ имаа подолги плодови од ‘Kaptur’ F1 но без значајна разлика. Наспроти тоа, растенијата калемени на истата подлога имаа најкуси плодови во оранжерија, додека во споредба со другите две варијанти растенијата калемени на подлогите ‘SM Tant’ и ‘Vital Paprika’ имаа значајно подолги плодови со средни вредности од 185,6 cm (SD: 1,94) и 184,2 cm (SD: 0,53), соодветно (Табела 8).

Според Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas и сор. (2021), формата на плодот кај калемените растенија може да се должи на сортните карактеристики на питомката бидејќи соодносот помеѓу должината и ширината на плодот останал непроменет кај

калемените комбинации, спротивно на наодите во други истражувања (Yagishita & Hirata, 1987; Taller et al., 1998; Tsaballa et al., 2013).

Кај хибридните сорти ‘Gelby’ F1 и ‘Vedrana’ F1, двете од типот на бабура, беа утврдени интересни особини. Според комерцијалниот опис, хибридната сорта ‘Gelby’ F1 би требало да има малку поиздолжени и помали плодови. Во ова истражување, нејзините плодови беа покуси (поблизу до индекс 1,0) како кај типична бабура. Не беа забележени сигнификантни разлики, ниту во однос на калемењето, ниту во однос на производните услови (Табела 9).

Во однос на испитуваните својства, кај растенијата од хибридната сорта ‘Vedrana’ F1 беа забележени истите појави како кај ‘Kaptur’ F1. Калемените растенија одгледувани на отворено имаа пократки плодови отколку некалемената варијанта, додека во оранжериски услови калемените растенија имаа подолги и поголеми плодови отколку плодовите на некалемените растенија, освен кај комбинациите со подлогите ‘SM Tant’ и ‘Vital Paprika’ кои имаа поголем дијаметар од ‘Vedrana’ F1. Дијаметарот на плодот типично е стабилна особина која најчесто не се менува при калемењето, како што беше констатирано и во ова истражување. Во студијата спроведена од Gisbert и сор. (2010), како подлоги биле користени две хибридни сорти – ‘Charlot’ и ‘Foc’ за калемење на две комерцијални сорти ‘Almuden’ и ‘Coyote’ коишто вообичаено се одгледуваат во источна Шпанија. Како контроли биле користени самокалемени и некалемени растенија од двете сорти кои биле употребени како питомки. Иако била забележена мала разлика во ширината на плодот помеѓу сите варијанти, статистички значајни разлики биле утврдени само кај сортата ‘Almuden’ кои се манифестирале преку покуси плодови, независно од користената подлога. Во друго истражување, спроведено од López-Marín и сор. (2009), истата сорта (‘Almuden’) била калемена на две други подлоги - ‘Atlante’ и ‘C29’. Плодовите особини биле мерени на четвртото и седмото разгранување. Кај првото мерење, калемените растенија имале малку покуси плодови од плодовите на контролата. Веќе на седмото разгранување, резултатите варирале зависно од подлогата, со тоа што растенијата калемени на подлогата ‘Atlante’ имале подолги плодови.

Во неколку други истражувања (Saadoun & Allagui, 2013; Doñas-Uclés et al., 2014; Ergun & Aktas, 2018) не биле утврдени значајни разлики за дијаметарот на плодот како резултат на калемењето. Сепак, има исклучоци каде што се забележени потесни плодови (López-Marín et al., 2009) или пошироки плодови, зависно од комбинацијата на калемење (López-Marín et al., 2017).

Спротивно на стабилноста на ширината на плодот, калемењето често влијае врз должината на плодот. Меѓу останатото, овие промени во должината се објаснуваат со сортните особини на плодот на подлогата кои може да се разликуваат од сортните особините на питомката. Кај некои калемени комбинации плодовите биле пократки отколку кај некалемената контрола (Gisbert et al., 2010; Saadoun & Allagui, 2013; Doñas-Uclés et al., 2014; Ergun & Aktas, 2018), што се совпаѓа со резултатите добиени во ова истражување. Спротивно, во некои студии калемените растенија имале подолги плодови од плодовите на соодветните некалемени контроли (Saadoun & Allagui, 2013; López-Marín et al., 2017).

Овие промени на ширината и должината на плодот, последователно делуваат и врз изразувањето на индексот на плодот, кој ја дефинира формата на плодот. Во некои истражувања индексот на плодот не се променил значајно под влијание на калемењето (Colla et al., 2008b; Fisk, 2017; Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas, et al., 2021), додека во други

студии има примери каде што индексот на плодот се разликувал помеѓу користените питомките на калемените растенија (Saadoun & Allagui, 2013; Birkás et al., 2021).

Saadoun и Allagui (2013) ја евалуирале ширината и должината на плодот кај питомките од две сорти чили пиперка, ‘Beldi’ и ‘Baker’, калемени на подлогата ‘SCM334’ која е отпорна на *Phytophthora nicotianae*. Калемењето немало никакво влијание врз ширината на плодот, но, некалемената сорта ‘Beldi’ имала подолги плодови од плодовите на калемените растенија, додека калемените растенија на сортата ‘Baker’ имале подолги плодови од плодовите на некалемените растенија.

Ulas и сор. (2020) забележале значајни разлики во ширината и должината на плодовите помеѓу калемените комбинации од четири инбред линии на бабура, калемени на две подлоги, во споредба со соодветните некалемени контроли. Линиите ‘33 H-3-1’ и ‘21 H-1-2’ калемени на подлогата 'Scarface' имале сигнификантно поголем дијаметар на плодот, следени од линијата ‘33 H-3-1’ калемена на подлогата ‘46 KB’ F1. Најмал дијаметар имале плодовите од комбинацијата ‘21 H-1-2’/‘46 KB’ F1 и од некалемената контрола ‘33 H-3-1’. Дијаметарот на плодот кај испитуваните растенија се движел од 68,20 до 57,49 mm. Дополнително, плодовите од комбинацијата ‘33 H-3-1’/‘46 KB’ F1 биле значајно подолги, следени од линијата '33 H-3-1' калемена на подлогата 'Scarface', а најкуси плодови биле забележени во комбинацијата '21 H-1-2’/‘46 KB’ F1. Должината на плодовите кај испитуваните растенија се движела помеѓу 55,23 и 77,49 mm.

Табела 8 Средни вредности за морфолошките својства на плодовите од варијантите од тип капија

Варијанти		Должина на плодот (mm)		Дијаметар на плодот (mm)		Индекс на плодот	
		Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија
Ariadni'F1	R0	131,9 ± 3,92 f	153,5 ± 0,89 e	41,7 ± 0,15 f	45,1 ± 0,83 de	3,16 ± 0,15 b	3,40 ± 0,05 a
	R1	132,7 ± 1,39 f	153,0 ± 0,88 e	41,2 ± 0,41 f	45,3 ± 0,44 d	3,22 ± 0,41 b	3,38 ± 0,05 a
	R2	133,1 ± 1,07 f	153,5 ± 1,72 e	41,6 ± 0,27 f	44,4 ± 0,98 e	3,20 ± 0,27 b	3,46 ± 0,06 a
	R3	134,5 ± 1,12 f	153,5 ± 0,66 e	41,4 ± 0,29 f	45,4 ± 0,76 d	3,25 ± 0,29 b	3,38 ± 0,05 a
Kaptur'F1	R0	161,4 ± 0,84 cd	177,1 ± 1,60 b	55,9 ± 0,55 c	61,4 ± 0,42 b	2,89 ± 0,55 cd	2,88 ± 0,01 cd
	R1	158,9 ± 2,16 cd	185,6 ± 1,94 a	56,2 ± 0,55 c	61,0 ± 0,27 b	2,83 ± 0,55 d	3,04 ± 0,04 c
	R2	158,0 ± 1,28 d	184,2 ± 0,53 a	56,0 ± 0,12 c	63,3 ± 0,25 a	2,82 ± 0,12 d	2,91 ± 0,02 c
	R3	162,5 ± 3,02 c	175,7 ± 1,96 b	56,4 ± 0,32 c	63,9 ± 0,41 a	2,88 ± 0,32 cd	2,75 ± 0,03 d
		F (1,46) = 10,128, p < ,001		F (1,46) = 8,254, p < ,001		F (1,46) = 5,421, p < ,001	

Табела 9 Средни вредности за морфолошки својства на плодовите од варијантите од тип бабура

Варијанти		Должина на плодот (mm)		Дијаметар на плодот (mm)		Индекс на плодот	
		Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија
Gelby'F1	R0	83,3 ± 1,75 a	83,5 ± 0,60 a	72,5 ± 0,80 e	72,3 ± 1,02 e	1,15 ± 0,05 bc	1,15 ± 0,05 bc
	R1	82,4 ± 1,08 a	83,5 ± 3,38 a	72,8 ± 1,07 e	68,7 ± 1,80 f	1,13 ± 0,00 c	1,22 ± 0,05 a
	R2	81,7 ± 2,63 a	84,3 ± 1,19 a	72,8 ± 0,61 e	72,4 ± 3,14 e	1,12 ± 0,05 c	1,16 ± 0,05 bc
	R3	82,1 ± 1,30 a	83,2 ± 0,47 a	72,7 ± 0,84 e	67,2 ± 1,91 f	1,13 ± 0,05 c	1,24 ± 0,06 a
Vedrana'F1	R0	74,3 ± 2,18 bc	71,9 ± 2,96 c	110,8 ± 1,27 d	119,4 ± 2,45 bc	0,67 ± 0,00 d	0,60 ± 0,00 e
	R1	72,2 ± 2,76 c	77,5 ± 2,96 b	108,9 ± 1,16 d	125,1 ± 2,22 a	0,66 ± 0,06 d	0,62 ± 0,00 e
	R2	71,8 ± 2,87 c	74,8 ± 3,05 bc	109,8 ± 0,69 d	121,7 ± 1,59 b	0,65 ± 0,06 de	0,61 ± 0,05 e
	R3	71,7 ± 2,36 c	76,0 ± 0,54 b	109,3 ± 0,96 d	119,1 ± 2,22 bc	0,66 ± 0,06 d	0,64 ± 0,05 de
		F (1,46) = 8,141, p < ,001		F (1,46) = 6,211, p < ,001		F (1,46) = 7,282, p < ,001	

Данканов тест (p < ,05), средните вредности со различни букви сигнификантно се разликуваат

5.3. Продуктивни особини

Во ова истражување, меѓу останатото, се испитувани неколку продуктивни параметри со цел да се согледаат ефектите од калемењето и производните услови врз продуктивноста на пиперката. Од продуктивните особини беа анализирани следниве својства: маса на плод која е опишана како маса на целиот плод (g) и маса на консумативниот дел (g) од плодот (без семе и плодна дршка), број на плодови на растение, пазарен и непазарен принос на растение, како и вкупен принос во t ha $^{-1}$.

Една од предностите на калемењето е тоа што растенијата имаат поголем **број на плодови по растение**, кој некогаш е поголем отколку бројот на плодови кај соодветните некалемени контроли, иако разликите секогаш не се статистички значајни. Оваа појава значајно влијае врз вкупниот и пазарниот принос. Во испитувањата на Colla и сор. (2008b), López-Marín и сор. (2012b), Doñas-Uclés и сор. (2014), López-Marín и сор. (2017), Loewen (2018), Gálvez и сор. (2021) и Gisbert-Mullor и сор. (2023) можат да се забележат такви примери кои се совпаѓаат и со нашите резултати.

Табела 10 Средни вредности за продуктивните својства на варијантите од тип капија

Варијанти		Број плодови по растение		Маса на плод (g)	
		Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија
Ariadni'F1	R0	6,7 ± 0,25 f	8,9 ± 0,30 d	134,2 ± 0,45 ef	167,8 ± 0,82 b
	R1	7,4 ± 0,16 e	9,8 ± 0,18 b	138,8 ± 0,95 e	166,8 ± 1,04 b
	R2	6,9 ± 0,18 f	9,3 ± 0,10 cd	133,9 ± 0,43 e	167,0 ± 1,31 b
	R3	7,2 ± 0,79 ef	9,3 ± 0,13 cd	133,2 ± 0,87 ef	166,4 ± 1,41 b
Kaptur'F1	R0	7,2 ± 0,21 ef	10,9 ± 0,27 ab	157,9 ± 1,97 cd	183,0 ± 1,51 a
	R1	7,7 ± 0,22 e	11,9 ± 0,32 a	160,1 ± 1,97 c	185,5 ± 0,96 a
	R2	7,5 ± 0,16 e	10,8 ± 0,22 ab	158,4 ± 0,44 cd	184,7 ± 0,91 a
	R3	7,5 ± 0,06 e	10,1 ± 0,21 ab	159,8 ± 0,99 c	183,3 ± 1,46 a
		F(2, 46) = 43,596 p < ,001		F(2, 46) = 766,212 p < ,001	

Варијанти		Дебелина на перикарп (mm)		Консумативен дел на плодот (g)	
		Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија
Ariadni'F1	R0	4,49 ± 0,17 de	5,3 ± 0,11 c	103,0 ± 1,87 g	136,8 ± 0,11 c
	R1	4,65 ± 0,17 d	5,8 ± 0,27 bc	100,2 ± 0,37 g	133,0 ± 0,27 cd
	R2	4,54 ± 0,05 d	5,3 ± 0,50 c	102,4 ± 1,25 g	130,7 ± 0,50 d
	R3	4,55 ± 0,13 d	5,3 ± 0,36 c	101,6 ± 0,97 g	135,6 ± 0,36 c
Kaptur'F1	R0	4,32 ± 0,05 e	5,93 ± 0,15 ab	117,8 ± 2,53 ef	148,4 ± 0,15 ab
	R1	4,36 ± 0,14 e	6,06 ± 0,24 a	120,1 ± 2,05 e	146,9 ± 0,24 ab
	R2	3,93 ± 0,17 f	5,90 ± 0,12 ab	123,1 ± 2,52 e	148,8 ± 0,12 a
	R3	4,35 ± 0,12 e	5,96 ± 0,23 ab	119,3 ± 2,13 e	145,9 ± 0,23 b
		F(2, 46) = 35,683 p < ,001		F(2, 46) = 545,461 p < ,001	

Данканов тест (p < ,05), средните вредности со различни букви сигнификантно се разликуваат.

Калемените растенија во нашето испитување имаа поголем број плодови во споредба со питомките, но разликата не беше статистички значајна (Табела 10) за пиперките од типот капија, освен за ‘Ariadni’ F1 калемен на подлогата ‘SM Tant’ и во оранжерија и на отворено. Истата подлога влијаеше ‘Kaptur’ F1 да има најмногу плодови растение $^{-1}$ - 11, 9 (SD: 0,32). Генерално, бројот на плодови по растение беше статистички значајно повисок кај растенијата одгледувани во оранжерија, а разликите беа многу поголеми кај комбинациите од типот бабура (Табела 11) каде сите калемени комбинации имаа значајно поголем број од некалемените хибриди. Највисока вредност од 13,4 плодови растение $^{-1}$ (SD: 0,13) меѓу варијантите од типот бабура беше утврдена кај комбинацијата ‘Gelby’ F1/‘SM Tant’.

Табела 11 Средни вредности за продуктивните својства на варијантите од тип бабура

Варијанти		Број плодови по растение		Маса на плод (g)	
		Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија
Gelby’F1	R0	6,4 ± 0,34 gh	11,1 ± 0,17 d	120,9 ± 1,61 h	131,3 ± 0,88 g
	R1	8,1 ± 0,24 e	13,4 ± 0,13 a	121,5 ± 2,13 h	133,2 ± 1,09 fg
	R2	7,3 ± 0,10 f	12,1 ± 0,05 c	121,5 ± 1,25 h	137,6 ± 1,54 e
	R3	7,7 ± 0,18 e	13,0 ± 0,26 ab	121,6 ± 1,98 h	134,1 ± 1,58 f
Vedrana’F1	R0	6,1 ± 0,17 h	10,2 ± 0,27 e	145,8 ± 1,27 d	161,9 ± 2,00 c
	R1	7,9 ± 0,10 e	12,7 ± 0,10 c	143,9 ± 1,16 d	180,0 ± 3,38 a
	R2	7,1 ± 0,18 f	11,7 ± 0,08 cd	144,8 ± 0,69 d	171,7 ± 0,41 b
	R3	6,7 ± 0,10 g	11,2 ± 0,10 d	144,3 ± 0,96 d	162,0 ± 0,75 c
		F(2, 46) = 68,006, p < ,001		F(2, 46) = 522,112, p < ,001	

Варијанти		Дебелина на перикарп (mm)		Маса на консумативниот дел од плодот (g)	
		Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија
Gelby’F1	R0	3,53 ± 0,13 de	4,60 ± 0,08 bc	89,8 ± 2,21 e	90,6 ± 4,32 e
	R1	3,60 ± 0,22 d	5,58 ± 0,48 a	89,4 ± 4,10 e	92,6 ± 4,85 de
	R2	3,55 ± 0,13 d	5,48 ± 0,19 a	90,0 ± 0,99 e	97,3 ± 3,58 bcde
	R3	3,38 ± 0,22 e	4,48 ± 0,10 c	90,1 ± 1,85 e	94,7 ± 3,05 cde
Vedrana’F1	R0	3,55 ± 0,17 d	4,73 ± 0,05 b	104,3 ± 4,05 b	125,6 ± 2,93 a
	R1	3,58 ± 0,05 d	5,13 ± 0,05 a	100,7 ± 0,65 bcd	121,3 ± 2,75 a
	R2	3,48 ± 0,15 de	4,75 ± 0,13 b	102,3 ± 1,08 bc	123,5 ± 3,69 a
	R3	3,40 ± 0,14 de	4,78 ± 0,05 b	100,7 ± 0,73 bcd	129,1 ± 19,26 a
		F(2, 46) = 43,596 p < ,001		F(2, 46) = 596,211 p < ,001	

Данканов тест (p < ,05), средните вредности со различни букви сигнификантно се разликуваат.

Слични резултати можат да се најдат и во други истражувања, како во студијата на Ulas и сор. (2020), кои утврдиле сигнификантна разлика (p < 0,001) помеѓу бројот на плодови по растение кај различни калемени комбинации. Некалемените растенија од питомката 'ERÜ 1227' имале најмногу плодови по растение (20,38), по што следеле растенијата од 'ERÜ 1227' калемени на подлогата 'Scarface’ F1 (18,95). За разлика од нив, растенијата од комбинацијата '33 H-3-1’/‘Scarface’ F1 имале сигнификантно најмал број на плодови по растение (11,67). Дополнително, бројот на плодови помеѓу растенијата од

различните инбред линии калемени на различни подлоги и некалемените растенија статистички сигнификантно ($p < 0,001$) се разликувал.

Во истражувањето на Gisbert и сор. (2010), во кое биле вклучени хибридите ‘Almuden’ и ‘Coyote’ калемени на две подлоги отпорни на *Phytophthora capsici*, вкупниот број на плодови по растение кај калемените растенија бил повисок отколку кај соодветните некалемени растенија. Слични резултати добиле и Rizani и сор. (2021) кои утврдиле дека бројот на плодови по растение кај калемената сорта ‘Somborka’ бил повисок отколку кај некалемените растенија одгледувани на отворено, што резултирало и со повисок принос. Спротивно на повеќето истражувања, Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas и сор. (2021) при меѓувидово калемење на *Capsicum* не утврдиле сигнификантни разлики за вкупниот број на плодови по растение предизвикани под влијание на калемењето или на подлогата. Варијациите во бројот на плодови биле во согласност со сортните карактеристики на питомките.

Производните услови во кои се одгледуваат растенијата значајно влијаат врз **масата на плодот**. Во оранжериски услови, и калемените и не калемените комбинации продуцираа потешки плодови отколку растенијата одгледувани на отвореното. Разликите помеѓу вредностите на калемените и некалемените варијанти не беа статистички значајни, освен комбинациите на ‘Gelbi’ F1 калемени на ‘Vital Paprika’ и на ‘6210’ и комбинациите на ‘Vedrana’ F1 калемени на ‘SM Tant’ и ‘Vital Paprika’ кои имаа значајно потешки плодови од соодветните некалемени хибриди. Спротивно на резултатите од ова истражување, Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas и сор. (2021) утврдиле дека растенијата одгледувани на отворено имале поголема маса на плодот отколку растенијата одгледувани во оранжериски услови, независно од користените питомки и подлоги. Во оранжериските услови не утврдиле значајно варирање на масата на плодот при користењето на различни подлоги. Сепак, на отворено, питомките кои биле калемени на подлогата 'Habanero TEC' имале плодови со поголема маса во споредба со некалемените растенија, иако разликите не биле статистички значајни во споредба со самокалемените контроли.

Во истражувањето на Soltan и сор. (2015), во кое била вклучена сорта од тип капија како и во ова истражување, е утврдено дека масата на плодот значајно зависела од подлогата која се користела за калемење. Помеѓу анализираните питомки со долги плодови, масата на плодот била поголема кај сортата ‘Kurtovszka Kàpia’ отколку кај сортата ‘Eigman’. Сепак, разликите силно зависеле и од подлогите на кои што биле калемени овие сорти. Сортите од типот бабура покажале сличен број на плодови, независно од подлогата, додека меѓу сортите со издолжени плодови, самокалемената сорта ‘Eigman’ имала значајно најголем број на плодови, во споредба со самокалемената ‘Kurtovszka Kapia’ како и со комбинациите калемени на подлогите ‘CCA-4758’ и ‘52-03 RZ’.

Клучната улога на соодветниот избор на подлога беше потенцирана во истражувањето на Vega Alfaro et al. (2021), каде што масата на плодот на сите користени питомки се зголемила под влијание на подлогата ‘Primero Red’, во споредба со самокалемените и некалемените контроли. Во студијата на Doñas-Uclés и сор. (2014), забележени се сигнификантни разлики за масата на плодот помеѓу различните експериментални години, при што вредностите на калемените варијанти биле константно повисоки отколку вредностите на некалемените варијанти. Слични резултати биле утврдени и од Rizani и сор. (2021) за калемената сорта ‘Somborka’ во споредба со

некалемените растенија од сортата, додека разликите кои биле забележени под влијание на различните подлоги не биле статистички сигнификантни.

Спротивно на претходните наоди, во некои истражувања, масата на плодот се намалила под влијание на калемењето, како во испитувањето на Gisbert и сор. (2010), главно поради помалите вредности (19 % - 21 %) кај питомката ‘Almuden’ што сепак не влијаело врз конечниот принос затоа што калемените растенија имале повеќе плодови на крајот од производниот циклус.

Консумативниот дел од плодот е својство со практични импликации, особено за сортите што се користат за преработка, како што се сортите вклучени во овој експеримент од типот капија. Според Gvozdenović (2010), масата на плодната дршка и семето кај крупноплодните сорти пиперка, како кај оние од типот капија, може да достигне и до 40 % од вкупната маса на плодот. Количеството на отпадок од плодовите на пиперката и управувањето со него, имаат големо значење при преработката, посебно при печењето и лупењето (Guerra et al., 2022). Во ова истражување, масата на консумативниот дел од плодот се движела од 70 до 80 %, а влијанието на калемењето врз ова својство се изразило на сличен начин како и врз вкупната маса на плодот.

Дебелината на перикарпот е суштинска плодова особина на пиперката со оглед на тоа дека влијае и врз физичкиот и врз сензорниот квалитет, како и врз продуктивноста. Според тоа, во сите експерименти речиси секогаш се евалуира ова својство, особено при оцената на компатибилноста помеѓу различни питомки и подлоги. На пример, Doñas-Uclés и сор. (2014) испитувале какво е влијанието на три различни подлоги врз приносот и комерцијалниот квалитет на сортата ‘Palermo’ која била употребена како питомка. Во првата експериментална година не утврдиле значајни разлики, но во втората година имало забележливи варијации. Некалемената сорта ‘Palermo’ имала плодови со најтенок перикарп, додека растенијата од комбинацијата во кои таа била калемена на подлогата ‘AR40’, имале плодови со најдебел перикарп. Gisbert и сор. (2010) добиле слични резултати кога ги оценувале својствата на две сорти пиперка калемени на две подлоги, без сигнификантни разлики помеѓу варијантите, додека во наодите на Saadoun и Allagui, (2013) дебелината на перикарпот се разликувала сигнификантно само во одредени комбинации.

Во ова истражување средните вредности за дебелината на перикарпот беа константно различни од аспект на вијанието на калемењето кај сите четири питомки. Подлогата ‘SM Tant’ (R1) кај сите хибриди придонесе плодовите да имаат најдебел перикар, иако, согласно со претходно наведените литературни податоци, разликите беа сигнификантни само кај варијантите од тип бабура. Најдебел перикарп имаа плодовите од комбинацијата ‘Kaptur’ F1/‘SM Tant’ во оранжерија, со средна вредност 6,06 mm (SD: 0,24), како што е прикажано во Табела 11. Производните услови исто така имаа значајно влијание врз дебелината на перикарпот, при што измерените средни вредности за сите варијанти беа поголеми во оранжериски услови.

Помеѓу некои научници постои консензус дека калемењето не влијае значајно врз дебелината на перикарпот (Fisk, 2017; Ergun & Aktas, 2018), но, во некои студии е утврден сигнификантно подебел перикарп кај сите калемени комбинации (Rizani et al., 2021) на сортата ‘Somborka’ во споредба со некалемената контрола. Притоа, дебелината на перикарпот кај плодовите на оваа сорта изнесувал 6,36 mm и 6,14 mm во комбинација со подлогите ‘Fortama’ и ‘Rokal’, соодветно, додека средната вредност на дебелината на перикарпот од плодовите на некалемената сорта изнесувала 5,57 mm. Некогаш средните вредности за ова својство значајно се разликуваат помеѓу одделните комбинации на

калемење (López-Marín et al., 2017). Сепак, резултатите можат да варираат зависно од експерименталните години, производните услови и особено, помеѓу специфичните парови подлога-питомка (Birkás et al., 2021).

Во истражувањето на Birkás и сор. (2021) во кое калемените растенија во различни безпочвени средини, се забележува интересен заклучок дека калемените растенијата кои биле одгледувани на подлога од кокосови влакна дале плодови со подебел перикарп, во споредба со некалемените растенија. Тоа сугерира дека употребата на ваков тип на подлоги при калемењето може да претставува технолошко подобрување за производителите на пиперка.

5.4. Квалитни својства на плодот – хемиски параметри

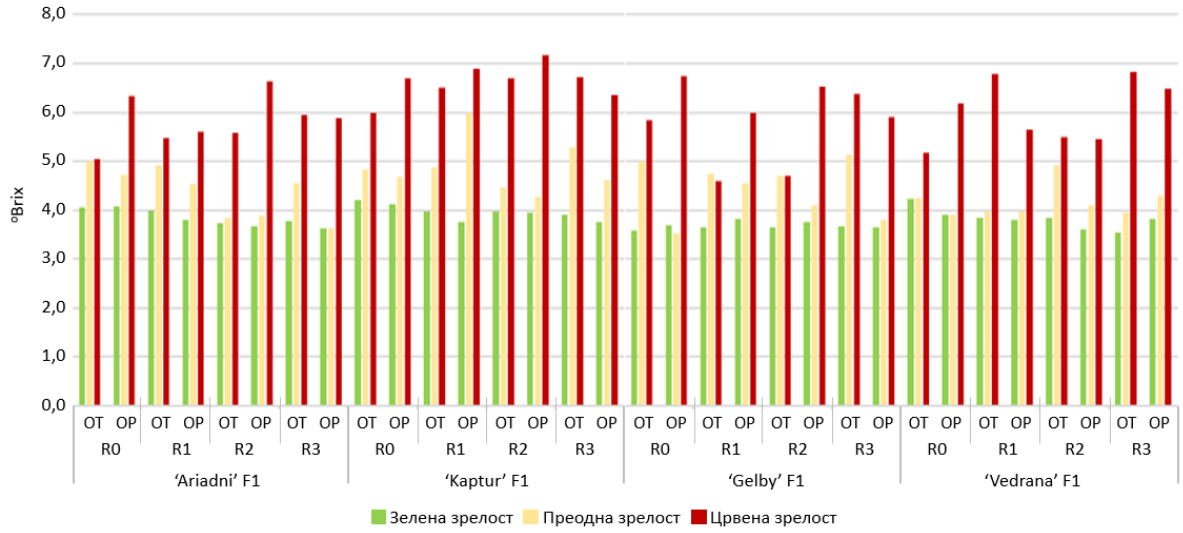
5.4.1. Содржина на вкупни растворливи материи (TSS) и влага

Содржината на вкупни растворливи материи (TSS) е есенцијална квалитетна особина на плодот на пиперката бидејќи е силно позитивно корелирана со содржината на шеќер. Овој параметар често се употребува како индикатор за зрелоста на плодот и е поврзан со формирањето на неструктурни јаглехидрати кои се користат во синтезата на фенолните соединенија и антиоксидантите (Moreno-Reséndez et al., 2016). Освен што го детерминираат вкусот и аромата, TSS влијаат и врз послебербена трајност на плодовите. Flores-Velazquez и сор. (2022) докажале дека со зреењето на плодот на бабурата, како се се намалува цврстината на перикарпот, така се зголемува содржината на TSS. Кога плодовите се берат во несоодветна фаза на зрелост, се нарушува нивната конзистенција што влијае врз послебербените процеси и транспортот, а со тоа се намалува и нивната послебербена трајност. Плодовите со поголема содржина на TTS се особено погодни за преработка, особено плодовите од тип капија кои пред сè се одгледуваат за таа цел. Бидејќи содржината на TSS и содржината на влага во плодот се негативно корелирани особини кај пиперката, овие две својства се прикажани во дискусијата заедно.

За да се согледа влијанието на калемењето и производните услови врз содржината на TTS, мерењата се вршеа во три фази на зрелост и вредностите се анализираа со двофакторијална ANOVA со повторени мерења. Анализата на хибридните сорти од тип капија покажа дека ниту калемењето, ниту производните услови не предизвикале значајни разлики во содржината на TSS помеѓу трите фази на зрелост. Статистички значајна разлика е утврдена само помеѓу некалемените хибридни сорти ‘Ariadni’ F1 и ‘Kaptur’ F1, и на отворено и во оранжерија, за сите интеракции ($F (1,48) = 27,142$, $p < ,001$). Слични резултати се добија и за хибридните сорти од типот бабура, односно единствените значајни разлики се утврдени помеѓу некалемените ‘Gelby’ F1 и ‘Vedrana’ F1 во двете производни средини ($F (1,48) = 140,005$, $p < ,001$). Сепак, анализата на главните ефекти (Simple main effects analysis) покажа дека калемењето кај одредени комбинации имало статистички сигнификантен ефект врз содржината на TTS на ниво на веројатност $p < 0,05$. Во Табела 21 е прикажана споредбата на средните вредности, заедно со стандардните девијации за сите комбинации.

Како вредност која е комплементарна на содржината на TTS, содржината на влага во плодовите на испитуваните комбинации во трите различни фази на зрелост кај хибридните сорти од типот капија не се разликуваше значајно помеѓу фазите ниту под влијание на калемењето, ниту под влијание на производните услови. Единствен исклучок беше забележен за разликите помеѓу средните вредности за содржината на влага во

плодот на некалемените контроли, ‘Ariadni’ F1 и ‘Kaptur’ F1 кои беа високо сигнификантни во двете производни средини за сите интеракции (F (1,48) = 15,306, p < ,001). Резултатите за хибридните сорти од тип бабура го следеа истиот тренд, со единствени сигнификантни разлики помеѓу средните вредности за ова својство помеѓу некалемените контроли ‘Gelby’ F1 и ‘Vedrana’ F1 во двата производни услови на одгледување (F (1,48) = 2,122, p < ,001). Средните вредности и стандардните девијации за содржината на влага во плодовите од сите комбинации се претставени во Табела 21.



Графикон 7 Средни вредности за содржината на TSS во три фази на зрелост (°Bx) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP)

Плодовите од тип капија обично имаат повисока содржина на TTS од другите типови, особено во црвена зрелост. Тоа беше потврдено и во ова истражување, барем за плодовите од растенијата на комбинацијата ‘Kaptur’ F1/‘Vital Paprika’ одгледувани и на отворено и во оранжерија. Меѓу групата на комбинации со плод од типот бабура, највисоки вредности за содржината на TSS беа забележени кај плодовите од ‘Vedrana’ F1 калемена на подлогата ‘SM Tant’. Визуелната споредба за сите добиени вредности за содржината на TSS во трите фази на зрелост може да се види во Графикон 7.

Од добиените резултати може да се заклучи дека производните услови имале поголемо влијание врз содржината на TSS, иако разликите не се статистички значајни. Во слично поставен експеримент Vega-Alfaro, Bethke и сор. (2021) при калемење на 4 сорти пиперка (*C. annuum*) на подлоги од 2 сорти од други видови пиперка: ‘Aji Rico’ (*C. baccatum*) и ‘Primero Red’ (*C. chinense*), не утврдиле сигнификантна интеракција подлога x питомка во споредба со самокалемените и некалемените варијанти, ниту значаен ефект на подлогата, додека вредностите за TSS кај сите варијанти се движеле од 4,88 – 5,73 °Bx. Слични резултати за нутритивниот квалитет на плодовите биле утврдени од Bogoescu и сор. (2019) кои не забележале значајни разлики за содржината на TSS и содржината на вкупни киселини помеѓу калемените и некалемените варијанти, како и од Birkás и сор. (2021) кои покрај ефектот на калемењето, го анализирале и влијанието на хранливата подлога и утврдиле дека двата фактора немале значаен ефект врз содржината на вкупни растворливи материи во вода и содржината на вкупни киселини кај питомките со бели плодови во 2016 и 2017 година и кај питомките од тип капија во 2017 година. Во

согласност со претходно наведените резултати се и наодите на Colla и сор. (2008) кои и за двете сорти бабура кои ги користеле како питомки - 'Edo' и 'Lux', калемени на пет комерцијални подлоги, не утврдиле сигнификантни разлики за содржината на сува маса и TSS во плодовите, ниту пак за вредностите на титрабилната киселост и pH-вредноста, во споредба со некалемените контроли.

Fisk (2017), го испитувал влијанието на подлогите кај внатревидови калемени комбинации на пиперка (*Capsicum annuum*) во кои биле користени две подлоги со лути плодови и две подлоги со нелути плодови, врз физичките, хемиските и сензорните својства на плодовите од сортата ‘Aristotle’ со нелути плодови која била користена како питомка. И во овој експеримент не бил утврден сигнификантен ефект на подлогата кај сите комбинации за вредностите добиени од првата берба. Во втората берба регистрирал сигнификантни разлики за содржината на TSS, при што плодовите биле послатки кога подлогата била сорта со нелути плодови (5,4 ^{o}Bx), во споредба со комбинациите каде подлогата била сорта со лути плодови (4,95 ^{o}Bx) и со самокалемените растенија (4,87 ^{o}Bx). Подлогите од сортите со лути плодови исто така влијаеле и врз капсациноидниот профил на плодовите од питомката.

Во студијата на Doltu и Tănasă (2022) во која две сорти бабури, холандската ‘Menta’ F1 и романската ‘Regal’, биле калемени на три подлоги од пиперка од типот бабура: ‘L11A’ и ‘L12S’ – романски и ‘Foundation’ – холандска хибридна сорта, исто така не се утврдени сигнификантни разлики. Но, вредностите за содржината на растворливи материи варирала кај различните питомки: во плодовите на калемените комбинации со 'Regal’ вредностите биле поголеми (7 – 8,1 ^{o}R) отколку кај некалемената контрола (6,5 ^{o}R), додека калемењето негативно влијаело во комбинациите со питомката ‘Menta’ каде некалемената сорта имала повисока вредност (5,7 ^{o}R), отколку калемените варијанти (4,8 – 5,5 ^{o}R).

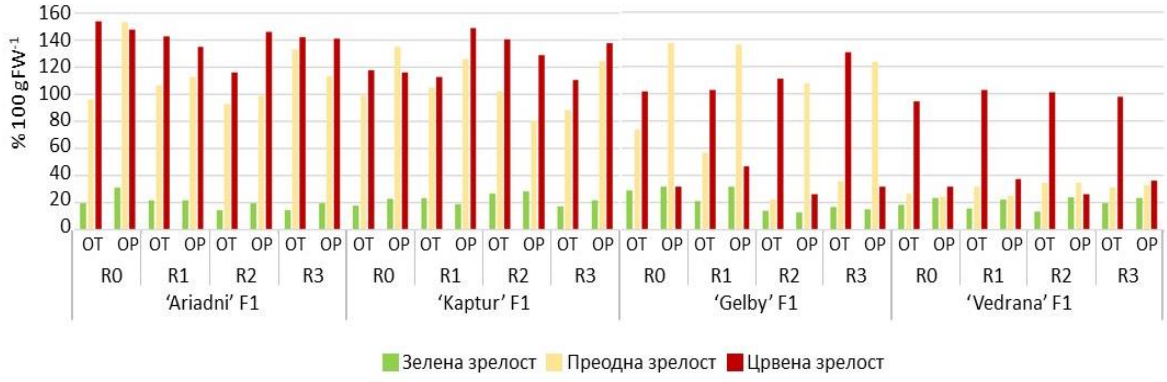
Спротивно на претходните наоди и на резултатите добиени во ова испитување, (Sánchez-Torres et al., 2016) забележале дека калемењето и интеракцијата подлога х питомка имале сигнификанен ефект врз концентрацијата на сува маса која била поголема во плодовите на калемените растенија просечно за 11,8 % отколку во плодовите на некалемените контроли. Вредностите се разликувале зависно од питомката и биле поголеми кај ‘Coyote’ (8,4 ◦Bx), отколку кај ‘Almuden’ (7,1 ◦Bx), и зависно од подлогата, при што подлогата ‘Foc’ предизвикала намалување од 16,6 % просечно кај двете употребени питомки.

5.4.2. Содржина на витамин С

Витаминот С е значаен за исхраната на човекот, а најчесто се обезбедува од овошјето и зеленчукот. При тоа, пиперката е еден од главните извори. Според Villa-Rivera и Ochoa-Alejo (2023), овој витамин има неколку клучни улоги. Меѓу останатото, таа делува како отстранувач на слободните радикали и ефективен антиоксидант, учествува во круцијалните функции за одржување на хомеостазата во растителните клетки, учествува во клеточниот метаболизам кај животните, има особено значење за луѓето и некои животински видови кои не се способни самите да ја синтетизираат оваа киселина и главно ја обезбедуваат преку растителната храна. Затоа, плодот на пиперката е одличен добар извор на оваа есенцијална хранлива материја која има извонредно значење за здравјето и исхраната на човекот.

Двофакторијалната ANOVA со повторени мерења за анализа на ефектот од калемењето и производните услови врз содржината на аскорбинска киселина во трите различни фази на зрелост на плодовите покажа дека нема сигнификантни разлики помеѓу одделните фази на зрелост ниту кај варијантите од тип капија ниту кај варијантите од тип бабури. Во втората и третата фаза на зрелост беше забележен значаен ефект на питомките (некалемени) кај варијантите од капија тип ($F(1,48) = 36,767$, $p < ,001$) и на подлогите ($F(3,48) = 21,744$, $p < ,001$), како и кај варијантите од тип бабура ($F(1,48) = 199,284$, $p < ,001$) и ($F(3,48) = 9,123$, $p < ,001$), соодветно за питомките и за калемените комбинации. Анализата на главните ефекти покажа дека калемењето имаше сигнификантен ефект врз содржината на аскорбинската киселина кај зрелите плодови на ниво на веројатност $p < ,05$ и $p < ,001$. Средните вредности и стандардните девијации за сите комбинации се презентирани во Табела 21.

На Графикон 7 може да се забележи дека кај варијантите од тип капија содржината на аскорбинска киселина е највисока во третата фаза на зрелост (црвена), додека овој тренд не беше утврден за сите комбинации од тип бабура. На пример, хибридната сорта ‘Gelby’ F1, која комерцијално е опишана како хибрид со исклучително висока содржина на витамин C, и нејзините калемени комбинации имаа плодови со релативно високо ниво на AsA во втората фаза на зрелост, во оранжериски услови. Плодовите на ‘Vedrana’ F1 имаа средно ниво на витамин C, и кај калемените и кај некалемените варијанти. Содржината на овој витамин беше малку поголема во оранжериски услови речиси кај сите варијанти во време на втората фаза на зрелост, додека во третата фаза вредностите кај сите варијанти беа повисоки на отворено. Овие резултати се во согласност со наодите на Vega-Alfaro, Ramırez-Vargas и сор. (2021) каде плодовите од растенијата кои биле одгледувани на отворено имале повисока содржина на биохемиски соединенија, како и со резултатите на (Štolfa, 2022). Во нејзиниот експеримент ‘Vedrana’ F1 била калемена на подлогата ‘Rocal’ F1 со цел да се тестираат различни хранливи подлоги со различно ниво на соли кај калемени и некалемени растенија, при што не биле утврдени сигнификантни разлики помеѓу варијантите за содржината на аскорбинска киселина која била слична за цело време на сезоната на одгледување.



Графикон 8 Средни вредности за содржина на витамин C во три фази на зрелост (% 100g FW^{-1}) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP)

Chiaiese и сор. (2019), испитувајќи ја акумулацијата на аскорбинска киселина во плодовите од пиперка и разликите помеѓу сортите утврдиле дека двете сорти кои имале висока и ниска содржина на аскорбинска киселина не се разликувале само во однос на

содржината, туку и во однос на трендот на акумулација за време на развојот и зреењето на плодовите. Повисоката акумулација на оваа киселина не била специфична само за плодовите, туку и за листовите, а најголемата разлика била утврдена во црвена зрелост. Тоа е забележително и во резултатите од ова истражување каде што има јасни разлики помеѓу варијантите од тип капија и од тип бабура. Кај варијантите од тип бабура содржината на витамин С беше поголема во преодната отколку во црвената зрелост. Овие резултати генерално се конзистентни со другите истражувања за сорти пиперка од типот бабура. Niklis и сор. (2002) објаснуваат дека иако генерално трендот кај пиперката се движи во правец на зголемување на содржината на витаминот С, како што созреваат плодовите, кај некои сорти содржината останува непроменета или пак се намалува со промената на бојата.

Gisbert и сор. (2010), посочуваат на тоа дека во нивниот експеримент плодовите од некалемените, самокалемените и калемените растенија имале слична содржина на витамин С, па оттаму не забележале сигнификантни разлики помеѓу варијантите (со просечна вредност од 162,72 mg 100mg FW^{-1}). Врз содржината на витамин С силно влијание имале питомките со просечни вредности од 148,2 mg 100mg FW^{-1} за сортата ‘Coyote’ и 171,6 mg 100mg FW^{-1} за сортата ‘Almuden’. Во согласност со претходното истражување, Sánchez-Torres и сор. (2016) исто така утврдиле дека калемењето немало сигнификантен ефект и дека содржината на витамин С зависела од питомката, а интеракцијата подлога х питомка имала понизок сигнификантен ефект. Највисока содржина на витамин С имале некалемените сорти ‘Almuden’ и ‘Coyote’ со просечни вредности од 177,42 и 150,90 mg 100g FW^{-1}), а најниската вредност била измерена кај самокалемената ‘Almuden’. Сите варијанти на сортата ‘Coyote’ имале слична вредност за ова својство. Сигнификантни разлики помеѓу калемените и некалемените варијанти не биле утврдени ниту во истражувањето на Bogoescu и сор. (2019), каде просечната содржина на витамин С се движела од 72,22 до 96,67 mg 100g FW^{-1}, ниту во истражувањето на Kacjan Maršić и сор. (2021) каде содржината на витамин С изнесувала 34,8 mg 100g FW^{-1} кај некалемените и 50,5 mg 100g FW^{-1} кај калемените во јули, и 57,8 mg 100g FW^{-1} кај некалемените и 57,4 8 mg 100g FW^{-1} кај калемените варијанти во септември, истата вегетативна сезона.

Doltu и Tănasă (2022) утврдиле дека содржината на витамин С била повисока кај некалемената сорта ‘Menta’ (101 mg 100g FW^{-1}) во споредба со калемените варијанти (67,3 – 85,9 mg 100g FW^{-1}), и малку повисока кај некалемената сорта ‘Regal’ (82,6 mg 100g FW^{-1}) во споредба со нејзините калемени комбинации (73,3 – 156 mg 100g FW^{-1}).

Како заклучок, податоците од истражувањето на Gisbert-Mullor и сор. (2020) потврдуваат дека содржината на витамин С во плодот на пиперката зависи од генотипот, врз основа на тоа што сортите ‘Sueca’ и ‘Valencia’ имале највисока содржина на витамин С и во зелените и во црвените плодови. Независно од ефектот на калемењето, содржината на витамин С секогаш била повисока во црвените (1,0 – 1,8 mg g DW^{-1}) отколку во зелените плодови (0,4 – 1,0 mg g FW^{-1}), што укажува на значењето на фазата на зрелост.

5.4.3. Содржина на минерални материи

Минералите што се содржат во плодот на пиперката имаат значајна улога за здравјето и исхраната на човекот. Pinar и сор. (2023) неодамна објавија преглед на клучната улога на макроелементите коишто се составен дел од плодот на пиперката во

кој е наведено дека: “Натриумот, калиумот, калциумот и магнезиумот имаат значајна улога за одржување на нормален крвен притисок. Овие фактори се забележливо значајни за превенција на артериоваскуларните болести. Покрај тоа што го регулираат балансот на течности во телото, овие елемнти влијаат врз функционирањето на срцето и циркулацијата на крв. Внесувањето на помали количини на Mg од потребните може да влијае врз хипертензија и одредени кардиоваскуларни болести. Калциумот, магнезиумот и фосфорот се познати како есенцијални елементи за коските и забите. Неколку ензими ги користат овие елементи како кофактори. Освен нивната нутритивна вредност, минералите во плодот на пиперката имаат позитивно влијание и врз отпорноста на стрес и послебербената трајност на плодовите.”

Табела 12 Статистички индикатори за содржината на минерални материи (макроелементи) добиени со двофакторијална ANOVA со повторени мерења

Интеракција	**Df**	**Тип капија**		**Тип бабура**	
		F value	**p value**	**F value**	**p value**
Калциум ✻ Производни услови	2,96	661,734	<,001	2641,873	<,001
Калциум ✻ Калемење ✻ Производни услови	6,96	7,21	<,001	5,792	<,001
Калиум ✻ Производни услови	2,96	0,896	0,501	0,269	0,606
Калиум ✻ Калемење ✻ Производни услови	6,96	1,261	0,283	0,485	0,695
Магнезиум ✻ Производни услови	2,96	0,575	0,565	0,057	0,812
Магнезиум ✻ Калемење ✻ Производни услови	6,96	1,01	0,424	0,675	0,415
Натриум ✻ Производни услови	2,96	146,141	<,001	200,46	<,001
Натриум ✻ Калемење ✻ Производни услови	6,96	162,353	<,001	178,353	<,001
Фосфор ✻ Производни услови	2,96	484,136	<,001	503,465	<,001
Фосфор ✻ Калемење ✻ Производни услови	6,96	242,757	<,001	217,314	<,001

Калемењето во моментов најмалку се користи кај пиперката, во споредба со другите култури од фамилијата Solanaceae, особено во споредба со доматот и патлиџанот. Како што посочуваат Kyriacou и сор. (2017), калемењето кај пиперката главно се применува за да се постигне подобра отпорност кон почвените патогени и нематоди, како и кон абиотските стресови, а многу малку експерименти се спроведуваат со цел да се утврди влијанието на калемењето врз квалитетот на плодот, вклучувајќи ја и содржината на макроелементи.

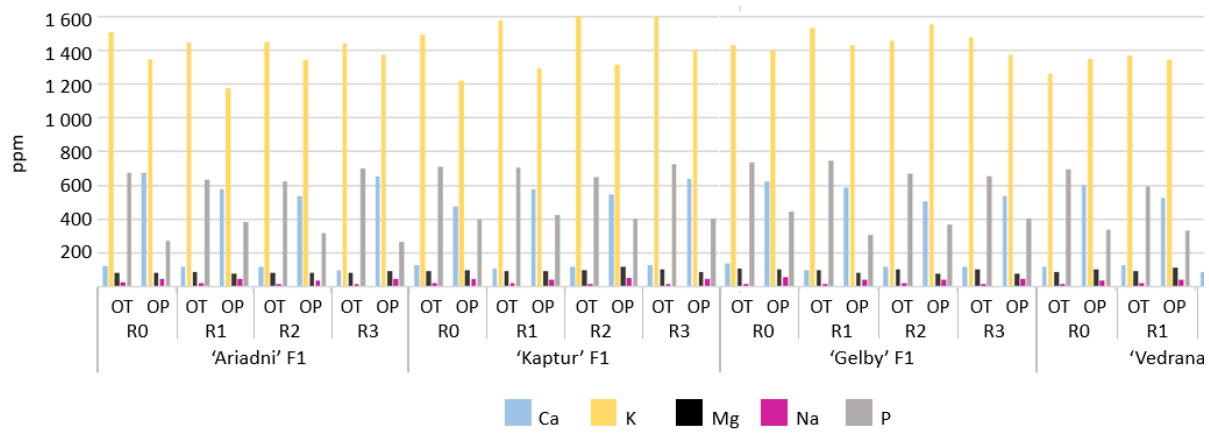
Освен тоа што макроелементите се значајни за исхраната на човекот, некои од нив, како калциумот, се суштински за здравјето и својствата на растенијата. Мобилноста на овој елемент во голема мера е детерминирана од разликата во притисокот помеѓу надземните делови од растението и кореновата зона. Недостатокот од калциум се манифестира со појава на BER што резултира со непазарни плодови. Оваа појава е голем проблем во оранжериското производство, особено во незагреаните оранжерии во кои високата релативна влажност предизвикува нарушување на динамиката на трансферот на калциум до сите делови од растението. Вакво физиолошко нарушување не беше забележено во нашиот експеримент, што се потврдува и со измерените вредности. Напротив, плодовите од растенијата што беа одгледувани во оранжерија имаа повисоки вредности за содржината на калциум отколку плодовите од растенијата на отворено, што

го објаснува посилното влијание на факторот производни услови. За ова својство, помеѓу калемените и некалемените варијанти не беа забележени статистички значајни разлики на двете нивоа на веројатност. Penella и Calatayud, (2018) во нивниот обемен прегледен труд за влијанието на калемењето врз отпорноста на абиотски стресови сугерираат дека калемењето ја намалува осетливоста на растенијата на стресови, што води до намалена појава на плодови со BER кај пиперката.

Статистичката анализа на содржината на минерали (Ca, K, Mg, Na и P) во трите фази на зрелост покажа дека нема статистички значајни разлики помеѓу калемените и некалемените комбинации во двата производни услова. Содржината на три елементи беше под силно влијание на интеракцијата со факторот производни услови, односно вредностите за содржината на калциум, натриум и фосфор значајно се разликуваа на ниво на веројатност од $p < ,001$ помеѓу растенијата одгледувани на отворено и растенијата одгледувани во оранжерија. Нивото на калциум беше неколку пати повисоко во плодовите од растенијата одгледувани во оранжерија, отколку во плодовите на растенијата одгледувани на отворено. Нивото на калиум имаше тенденција на покачување со секоја следна фаза на зрелост, што е типично за овој елемент, но помеѓу вредностите немаше сигнификантни разлики. Вредностите за нивото на магнезиум не се разликуваа сигнификантно дури ни помеѓу различните фази на зрелост; сепак, нивото на овој макроелемент беше над очекуваниот опсег. Содржината на натриум и фосфор во плодовите беше речиси двојно поголема во оранжериски услови отколку на отворено. Концентрацијата на натриумот не се разликуваше според фазите на зрелост, за разлика од концентрацијата на фосфорот. Интересно беше што нивото на фосфор во плодовите беше неколку пати поголемо на отворено отколку во оранжериски услови. Една од причините може да биде и засенчувањето со мрежи, што влијаело врз усвојувањето на фосфорот. Но, повторно, не беше забележена сигнификантна разлика помеѓу калемените и некалемените комбинации. Податоците за секој макроелемент се прикажани во табели од Табела 26 до Табела 29.

Ulas и сор. (2018) утврдиле сигнификантни разлики за содржината на нутриенти (K, Ca, Mg, Mn и Zn) во листовите помеѓу калемените и некалемените растенија пиперка. Влијанието на подлогата 'Scarface' предизвикало подобри вредности за содржината на K, Ca, Mg и Mn во ткивото од листовите од различни калемени комбинации во споредба со соодветните некалемени контроли. Сепак, во објавените резултати нема посебна информација за содржината на Na, која беше под силно влијание на производните услови во нашиот експеримент.

Во истражување кое било наменето да се детерминира концентрацијата на некои минерали кај пиперка одгледувана и конзумирана на островот Тенерифе (Rubio et al., 2002), утврдено е дека фазата на зрелост на плодовите силно влијаела врз содржината на минерали во плодот. Црвените плодови содржеле повеќе K, Mg, P, Fe, Cu, Zn, Mn и B во споредба со зелените плодови. Од микроелементите, највисока содржина имало железото, по што следела содржината на Zn, Cu и B со слични стапки, додека Mn бил најмалку застапен. Овие наоди се во согласност со резултатите за содржината на макроелементи добиени во нашето истражување.



Графикон 9 Просечни вредности за трите фази на зрелост на макроелементите Ca, K, Mg, Na и P (ppm) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP)

Jadczak и сор. (2010) го испитувале квалитетот и содржината на три минерали во плодовите од седум F1 хибридни сорти пиперка одгледувани на отворено и заклучиле дека сите сорти имале слично ниво на фосфор, натриум и магнезиум. Овој наод може да индицира дека агротехничките практики може да имаат посилен ефект отколку генотипот, со оглед дека во нашиот експеримент производните услови посилно влијаеа врз содржината на минерали во споредба со калемењето.

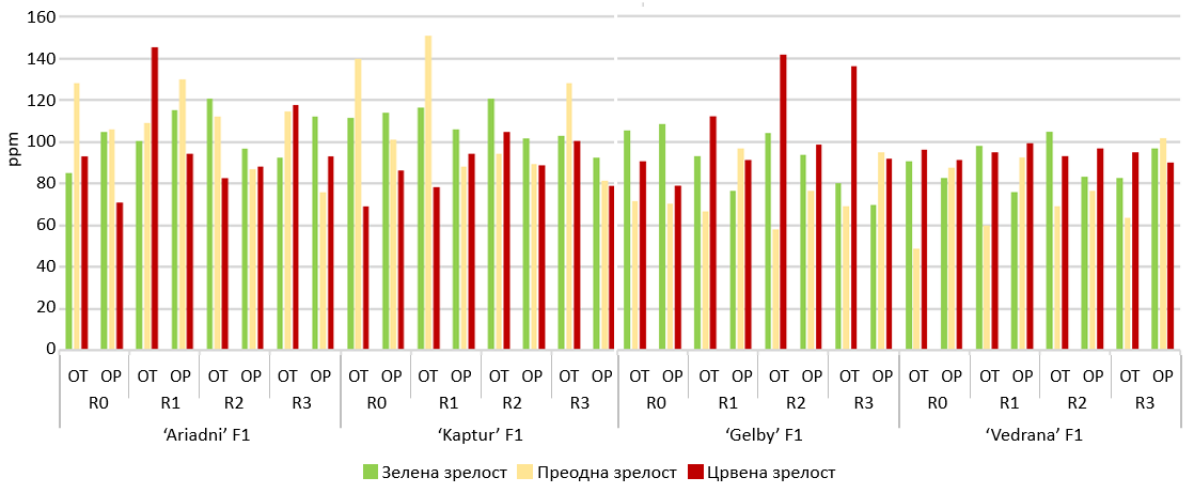
5.4.4. Содржина на нитрати и протеини

Азотот е есенцијална компонента на аминокиселините кои пак, се градбени единици на протеините. Затоа, достапноста на нитратите во почвата може да влијае врз содржината на протеини во плодот на пиперката. Азотните соединенија се разложуваат до амониумови јони преку редукција на нитратите. Потоа, амониумовите јони се вградуваат во амино киселините кои можат да се искористат за синтеза на протеини. Доколку обезбеденоста со нитрати не е доволна, способноста на растението да создава протеини ќе биде помала, што може потенцијално да влијае врз растот и развојот на растението како и врз нутритивниот квалитет на плодовите што ги создава. Во едно поново истражување за улогата на митохондриите во процесот на зреењето на плодовите кај пиперката е утврдено дека протеините учествуваат во митохондријалниот синџир за транспорт на електрони, во циклусот на трикарбоксилни киселини (Кребсов циклус) и во зреењето на плодот. Од 224 митохондријални протеини детектирани во плодовите на пиперката, 78 биле застапени во поголема количина во зелените, а 48 во црвените плодови (González-Gordo et al., 2022).

Двофакторијалната ANOVA со повторени мерења за содржината на нитрати во трите фази на зрелост кај варијантите од тип капија покажа дека калемењето и производните услови немале ефект врз ова својство во и помеѓу трите фази на зрелост. Не се утврдени статистички значајни разлики во и помеѓу фазите предизвикани од калемењето и производните услови со ($F(1,48) = 0,015$, $p = ,906$) и ($F(3,48) = 0,529$, p

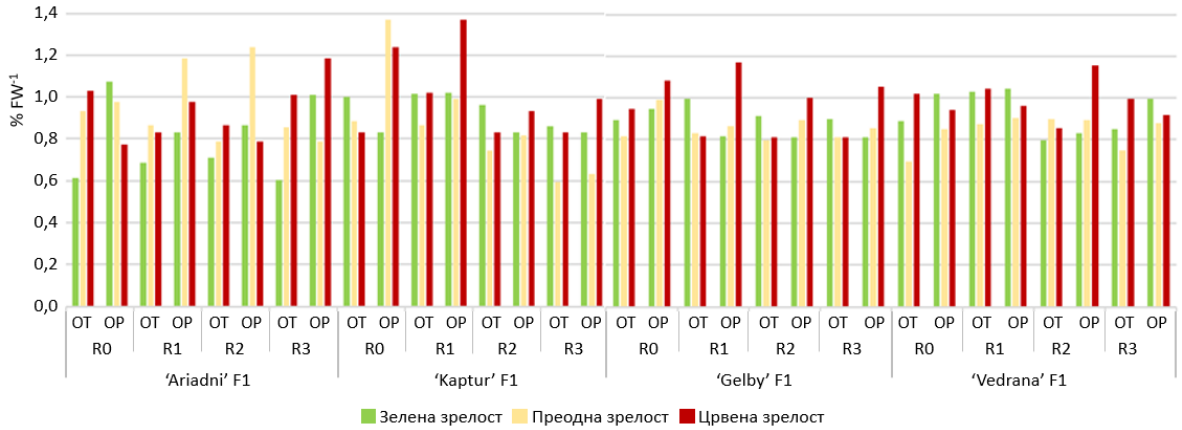
= ,664), соодветно. Анализата покажа ист тренд и кај варијантите од тип бабура (F (1,48) = 0,419, p = ,520) и (F (3,48) = 0,322, p = ,809), соодветно. Средните вредности и стандардните девијации за сите комбинации се дадени во Табела 23.

Самите нитрати се релативно нетоксични, во човечкото тело може да се претворат во нитрити кои понатаму може да реагираат за да формираат нитрозамини - соединенија од кои некои се познати како канцерогени. Овој проблем е изразен кај лиснатиот зеленчук кој има куса вегетација и тенденција да акумулира нитрати. Според Rouphael и сор., (2010), зеленчуковите култури кои обично се калемат како што се дињата, пиперката, тиквата, доматот и лубеницата се сметаат за култури со ниска акумулација на нитрати, како што е наведено од Santamaria (2006), со помалку од 200 mg kg^{-1} FW. Вредностите за содржината на нитрати во нашето истражување се далеку под оваа граница. Од податоците презентирани во Графикон 10, може да се забележи дека кај сите комбинации содржината е повисока во втората фаза на зрелост, додека кај ‘Vedrana’ F1 и нејзините калемени комбинации дистрибуцијата на азот во фазите на зрелост е побалансирана. Слично на вредностите за нитратите, не беа утврдени сигнификантни разлики за содржината на протеини зависно од ефектот на калемењето и производните услови кај комбинациите од тип капија помеѓу и во фазите на зрелост (F (1,48) = 2,155, p = ,540) и F (1,48) = 2,056, p = ,540), соодветно. Истиот тренд беше утврден и за варијантите од тип бабура со (F (1,48) = ,563, p = ,759) и (F (3,48) = 0,629, p = ,707), соодветно. Средните вредности и стандардните девијации за сите комбинации се претставени во Табела 24.



Графикон 10 Содржина на нитрати во трите фази на зрелост (ppm) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP)

.



Графикон 11 Содржина на протеини во трите фази на зрелост (% FW^{-1}) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3), одгледувани на отворено (OT) и во оранжерија (OP)

Содржината на протеини варира со зреењето и може да влијае врз послебербените промени на плодот на пиперката. Добиените резултати за ова својство во нашето истражување се во рамките на опсегот на вредностите добиени од Martínez и сор. (2007), каде содржината на протеини се движела од 0,80 g (во зелени плодови) до 1,13 g (во црвени плодови) во 100 g маса од консумативниот дел на плодот. Вакви анализи ретко се прават кај калемени растенија пиперка од причини кои се претходно наведени. Сепак, за разлика од нашите резултати, Sánchez-Torres и сор. (2016) известуваат дека калемените растенија, особено оние кои биле калемени на подлогите ‘Charlot’ и ‘Foc’, имале повисока содржина на протеини и сува маса во плодовите која се зголемила до 20,8 % за содржината на протеини и до 11,8 % за содржината на сува маса. Според нив, овие резултати веројатно се должат на засиленото усвојување и транспорт на хранливи материи од подлогата до питомките.

5.5. Компоненти на приносот

5.5.1. Пазарен принос

Калемењето може значајно да влијае врз приносот на растенијата преку различни механизми, вклучувајќи го подоброто усвојување на вода и хранливи материи, засилената синтеза на протеини и подобрената бујност на питомките. Оваа динамична меѓузависност го објаснува и зголемувањето на приносот кај пиперката кога таа е калемена, појава која што е документирана во повеќе истражувања (Paradiso et al., 2018; Neilsen & Kappel, 1996; Lee, 1994; Zijlstra et al., 1994). Се чини дека нашето истражување укажува на некои значајни аспекти за ефектот на калемењето, особено во однос на производните услови и на типот на хибриди кои беа одбрани за питомки.

Додека сортите од тип капија кои беа вклучени во ова истражување се познати по својот висок принос, самото калемење не го подобри приносот толку колку што беше очекувано врз основа на објавените резултати од други експерименти. Калемењето обезбедува извесно ниво на заштита од почвени болести, но подобрувањето на приносот

по растение кое беше забележено во ова истражување не може да се должи исклучиво на оваа практика, туку пред сè на поволните услови во оранжериското одгледување.

Интересно, од пиперките од тип капија во овој експеримент, највисок принос (Табела 12) имаа растенијата од питомката ‘Kaptur’ F1 калемена на подлогата ‘SM Tant’ и во услови на отворено и во оранжериско одгледување со 1186,5 g растение$^{-1}$ (SD: 12,1) и 1774,5 g растение-^{1} (SD: 12,9), соодветно. Ова сугерира дека одредена комбинација меѓу подлога и питомка може да се оптимизира за различни производни услови.

Во однос на варијантите од тип бабура, се чини дека калемењето имаше позабележливо и конзистентно позитивно влијание врз пазарниот принос. Тоа може да се должи на фактот што сортна особина на овој тип пиперка е да произведува поголем број плодови по растение што ја засилува оваа придобивка од калемењето. Во ова истражување, сите калемени комбинации од тип бабура имаа повисок пазарен принос од нивните соодветни некалемени контроли. Меѓу нив, највисок пазарен принос од 1921,8 g растение$^{-1}$ (SD: 8,7) имаше ‘Vedrana’ F1 калемена на ‘SM Tant’ (Табела 14) во оранжериски услови.

Овие резултати укажуваат на комплексноста на факторите кои дејствуваат во интеракција со калемењето. Ефикасноста на калемењето за подобрување на приносот може значајно да зависи од интеракцијата со другите фактори, како типот на питомката, подлогата, производните услови и сортните карактеристики на одбраноте генотипови. Добиените податоци исто така ја нагласуваат важноста за внимателен избор на комбинации подлога/питомка со цел да се оптимизира приносот во дадени производни услови.

Loewen (2018) исто така го анализирал пазарниот принос на сортата бабура 'Karisma', калемена на различни подлоги. Кога оваа сорта била калемена на подлогата 'Maxifort', подлогата придонела за значајно намалување на приносот (85 %), како на пазарниот, така и на вкупниот принос. Напротив, подлогата 'Scarface' го подобрила пазарниот принос за 32 %, истовремено зголемувајќи ги плодовите за 15 – 18 %, што резултирало со зголемена пазарна вредност за 9 – 12 %, во споредба со приносот на некалемената 'Karisma'.

Други истражувања исто така укажуваат на тоа дека изборот на подлога може значајно да влијае врз вкупниот и пазарниот принос, како и врз квантитетот на плодови, како кај сортите ‘Edo’ и ‘Lux’ во студијата на Colla и сор. (2008). Во нивното истражување, калемените растенија имале 22 – 46 % подобар пазарен принос во споредба со соодветните некалемени контроли, што потврдува дека подлогите треба внимателно да се избираат. Овој факт е потврден и од Bogoescu и сор. (2019), кои евалуирале три различни подлоги во оранжериски услови за калемење на сортата ‘Menta’ и утврдиле сигнификантна разлика за пазарниот принос (kg m^{-2}) само кај една комбинација. Питомката дала најдобар принос кога била калемена на подлогите ‘L-63’ (4,446 kg m^{-2}) и ‘Foundation’ (4,438 kg m^{-2}), што се должело главно на повисокиот број на плодови, додека некалемената сорта имала најмал принос (3,648 kg m^{-2}). Спротивно, кога го анлизирале пазарниот принос по растение, не утврдиле сигнификантни разлики за ниту една комбинација, но сепак пазарниот принос бил поголем кај калемените варијанти (во просек 1,029 – 1,17 kg растение$^{-1}$, отколку кај некалемената сорта (0,96 kg растение$^{-1}$).

Потенцијалот на калемењето да ја подобри отпорноста кон абиотски стресови бил испитуван од Маршић и сор. (2021) кај сортата бабура ‘Vedrana’, која беше анализирана и во нашето истражување. Тие утврдиле дека кога ‘Vedrana’ била калемена на подлогата ‘Rocal’ F1 која е отпорна на стрес од засоленост, двата фактора – и калемењето и стресот

од засоленост имале значајно влијание врз пазарниот принос на растенијата. Во услови без стрес, не утврдиле значајни разлики за пазарниот принос помеѓу некалемените (1,34 kg растение$^{-1}$) и калемените растенија (1,12 kg растение$^{-1}$). Во услови на средна засоленост, калемените растенија имале поголем пазарен принос од некалемените, но повисокото ниво на сол предизвикало поголем стрес кај растенијата кој сериозно го намалил приносот и кај калемените и кај некалемените растенија.

Gisbert-Mullor и сор. (2020) евалуирале на кој начин недостатокот од вода влијае врз приносот и квалитетот на плодовите кај сортата пиперка ‘Maestral’ F1 (калифорниски тип) кога била калемена на хибридната подлогата ‘NIBER®’. Тие утврдиле дека подлогата може да има поволен ефект врз пазарниот принос и приносот од „Extra“ класа плодови поради тоа што во неповолните сушни услови растенијата подобро го одржале својот принос затоа што имале подобра ефикасност во искористувањето на водата отколку некалемените растенија, што може потенцијално да се користи за зголемување на агрономската профитабилност при производство на пиперката.

Doñas-Uclés и сор. (2015) во однос на пазарниот принос добиле варијабилни резултати кај сортата пиперка Palermo во комбинација со пет различни подлоги: три од видот *C. annuum* и две подлоги од чили пиперка. Иако разликите помеѓу варијантите не биле сигнификантни, само растенијата кои биле калемени на две подлоги имале поголем пазарен принос од некалемените. Del Amor и сор. (2008) исто така докажале дека калемењето има ефект во оранжериски услови, користејќи два типа на фолии за засенчување, така што калемените растенија на крајот од производниот циклус имале супериорен вкупен пазарен принос во однос на некламените. Затоа, тие го препорачуваат калемењето и употребата на термални фотоселективни фолии за подобрување на приносот на пиперката, особено за реони со полу-аридни климатски услови.

Табела 13 Компоненти на приносот (g растение$^{-1}$) кај варијантите од тип капија

Варијанти		Пазарен принос		Непазарен принос		Вкупен принос	
		Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Оранжерија
‘Ariadni ‘ F1	R0	945,4 ± 21,0 ^{h}	1593,9 ± 35,1 ^{e}	115,6 ± 8,3 ^{b}	23,1 ± 2,4 ^{cd}	1061,0 ± 73,0 ^{gh}	1617,0 ± 9,6 ^{e}
	R1	989,2 ± 10,0 ^{g}	1654,5 ± 22,6 ^{cd}	133,7 ± 2,7 ^{ab}	14,6 ± 3,2 ^{f}	1122,9 ± 10,7 ^{f}	1669,1 ± 12,6 ^{cd}
	R2	952,5 ± 27,0 ^{h}	1641,0 ± 7,6 ^{cd}	132,2 ± 5,4 ^{ab}	18,1 ± 2,3 ^{e}	1084,7 ± 21,7 ^{g}	1659,1 ± 9,0 ^{cd}
	R3	958,3 ± 18,5 ^{h}	1621,2 ± 12,4 ^{de}	131,1 ± 4,7 ^{C}	13,4 ± 1,2 ^{h}	1089,4 ± 18,9 ^{g}	1634,6 ± 4,8 ^{de}
‘Kaptur ‘ F1	R0	990,9 ± 9,8 ^{g}	1652,8 ± 19,1 ^{cd}	130,9 ± 2,2 ^{ab}	13,8 ± 5,2 ^{h}	1121,8 ± 8,9 ^{f}	1666,6 ± 20,8 ^{cd}
	R1	1186,5 ± 12,1 ^{f}	1774,5 ± 12,9 ^{a}	120,8 ± 3,6 ^{b}	23,1 ± 1,6 ^{cd}	1307,3 ± 14,5 ^{ef}	1797,6 ± 6,5 ^{a}
	R2	1069,2 ± 18,3 ^{g}	1725,0 ± 15,4 ^{b}	130,4 ± 1,6 ^{ab}	24,1 ± 1,2 ^{cd}	1199,6 ± 6,2 ^{f}	1749,1 ± 4,8 ^{b}
	R3	1099,9 ± 12,5 ^{g}	1679,3 ± 25,6 ^{bc}	148,1 ± 2,4 ^{a}	25,7 ± 2,5 ^{c}	1248,0 ± 9,6 ^{f}	1705,0 ± 9,8 ^{c}
		F (15, 63) = 662,19		F (15, 63) = 2,826		F (15, 63) = 72,718	

Табела 14 Компоненти на приносот (g растение$^{-1}$) кај варијантите од тип бабура

Варијанти		Пазарен принос		Непазарен принос		Вкупен принос	
		Отворено поле	Оранжерија	Отворено поле	Greenhouse	Отворено поле	Оранжерија
‘Gelby ‘ F1	R0	944,5 ± 10,1 ^{gh}	1444,5 ± 5,0 ^{e}	127,7 ± 8,1 ^{bc}	14,1 ± 3,5 ^{g}	1072,2 ± 18,4 ^{gh}	1458,6 ± 6,6 ^{e}
	R1	987,6 ± 13,2 ^{fg}	1595,5 ± 4,4 ^{d}	123,3 ± 3,6 ^{d}	14,9 ± 5,4 ^{f}	1110,9 ± 13,8 ^{g}	1610,4 ± 7,8 ^{d}
	R2	967,9 ± 6,1 ^{fg}	1662,7 ± 11,9 ^{c}	132,4 ± 8,4 ^{a}	13,6 ± 5,7 ^{e}	1100,3 ± 18,7 ^{g}	1676,3 ± 5,7 ^{c}
	R3	952,8 ± 10,0 ^{g}	1623,9 ± 3,2 ^{cd}	113,2 ± 3,2 ^{e}	12,6 ± 8,2 ^{d}	1066,0 ± 13,5 ^{gh}	1636,5 ± 6,0 ^{cd}
‘Vedrana ‘ F1	R0	1010,3 ± 17,4 ^{g}	1616,0 ± 8,2 ^{cd}	134,7 ± 7,8 ^{a}	11,9 ± 9,3 ^{f}	1145,0 ± 13,4 ^{fg}	1627,9 ± 8,5 ^{d}
	R1	1080,9 ± 12,4 ^{f}	1921,8 ± 8,7 ^{a}	126,7 ± 7,9 ^{bc}	14,1 ± 2,5 ^{a}	1207,6 ± 18,2 ^{f}	1935,9 ± 9,6 ^{a}
	R2	1062,4 ± 12,2 ^{f}	1855,9 ± 10,2 ^{b}	131,3 ± 9,8 ^{ab}	12,5 ± 8,2 ^{b}	1193,7 ± 16,4 ^{f}	1868,4 ± 6,8 ^{ab}
	R3	1020,0 ± 17,2 ^{g}	1806,9 ± 17,4 ^{b}	124,9 ± 6,4 ^{cd}	13,3 ± 8,9 ^{c}	1144,9 ± 19,6 ^{fg}	1820,2 ± 8,4 ^{b}
		F (15, 63) = 44289,37		F (15, 63) = 547,467		F (15, 63) = 443,185	

Данканов тест ($p < ,05$), средните вредности со различни букви сигнификантно се разликуваат.

5.5.2. Непазарен принос

Во категоријата непазарен принос вообичаено спаѓаат деформираните, нетипичните и заболените плодови, како и оние со видливи физиолошки нарушувања, како што е BER. Во нашиот експеримент непазарните плодови беа застапени со многу мал дел. Иако истражување немаше цел да ја следи здравствената состојба на растенијата, не беа забележени видливи здравствени проблеми кај растенијата. Во однос на појавата на BER, ова нарушување се појави само кај неколку плодови во услови на отворено производство. Резултатите од хемиските анализи добиени во истражувањето потврдија дека обезбеденоста на плодовите со калциум беше повеќе од задоволителна во оранжериските услови. На сличен начин, Doñas-Uclés и сор. (2014) во нивното истражување исто така забележале забележливи варијации во појавата на BER кај плодовите меѓу различните калемени варијанти. Кај плодовите од растенијата кои биле калемени на подлогата 'Tresor' имало поголема застапеност на BER, додека нарушувањето било најмалку забележливо кај плодовите од растенијата кои биле калемени на подлогата ‘AR40’. Всушност појавата на BER била најзастапена на плодовите од некалемените контролни растенија.

Спротивно, Colla и сор. (2008b) ги евалуирале особините на две хибридни сорти пиперка, ‘Edo’ (со црвени плодови) и ‘Lux’ (со жолти плодови), калемени на пет достапни комерцијални подлоги и утврдиле дека и кај двете сорти подлогата не влијаела сигнификантно врз приносот на непазарни плодови, како и врз масата и индексот на плодот на пазарните плодови.

Во согласност со нашите резултати, Gisbert-Mullor и сор. (2020) забележале дека кај трите локални сорти пиперка кои биле користени како питомки во нивното истражување приносот од непазарни плодови се намалил под влијание на калемењето. Овие сорти биле одбрани како претставници на трите примарни морфолошки типиви на пиперка кои вообичаено се користат во Валенсија. Подлогата NIBER® значајно го подобрила вкупниот и пазарниот принос кај сите три локални сорти, во споредба со соодветните некалемени контроли. Повисокиот принос се должел на значајно повисокиот број на плодови по растение. Дополнително, калемењето влијаело да се намали количината на непазарниот принос и плодови со симптоми на BER. Кај сите калемени сорти приносот од непазарни плодови бил помал за 27 - 61 %, додека приносот од плодови со BER бил помал за 28 - 71 % во споредба со некалемените контроли. Според авторите, помалата појава на плодови со симптоми на BER може да се должи на супериорната отпорност на подлогата кон абиотските стресови.

За разлика од претходно наведените резултати, (Gisbert et al., 2010) утврдиле дека различните комбинации на калемење можат сигнификантно да влијаат врз квалитетот на оформените плодови, зависно од специфичната сорта која е употребена како питомка. На пример, кај калемената сорта 'Coyote' бројот на непазарни плодови се движел од 8,72 % до 10,58 % од вкупниот број на плодови, додека некалемената сорта воопшто не дала непазарни плодови. Сепак, вкупниот пазарен принос кај калемените варијанти на 'Coyote' бил поголем поради тоа што калемените растенија дале речиси двојно повеќе плодови од некалемените и самокалемените растенија. Трендот бил сличен и кај калемените комбинации на сортата ‘Almuden’ кај кои бројот на непазарни плодови се движел од 13,57 % до 15,63 %, кај самокалемените растенија изнесувал 12,5 %, додека кај некалемената контрола само 1,32 % од плодовите биле непазарни. Споредено со овие резултати, во нашите испитувања резултатите варираа и генерално калемените

комбинации имаа помал непазарен принос од соодветните некалемени хибриди, освен варијантите на ‘Ariadni’ F1 и комбинациите ‘Kaptur’ F1/‘6210’ и ‘Gelby’ F1/‘Vital Paprika’ на отворено, како и варијантите на ‘Vedrana’ F1 и комбинацијата ‘Gelby’ F1/ ‘SM Tant’ во оранжерија.

5.5.3. Вкупен принос

Приносот на градинарските култури зависи од комплексна мрежа од фактори, вклучувајќи го генотипот на сортата, производните услови и користените агротехнички практики. Секој од овие фактори може да делува приносот да се зголеми или намали и тоа дејството секогаш не е еднонасочно. Калемењето е техника што се применува за подобрување на отпорноста на болести и бујноста на растенијата и често, во современото земјоделско производство, се применува за да ја подобри отпорноста на болести и штетници, но и на стресните абиотски фактори како што се екстремните температури или солените почви кои претставуваат проблем во многу региони. Сепак, не може да се каже дека придобивките од калемењето се универзални бидејќи тие можат да зависат од бројни фактори, вклучувајќи ги специфичните комбинации меѓу питомките и подлогите, производните услови, како и типот на стресот на кој што се изложени растенијата. Докажано е дека во некои случаи калемењето може да доведе до подобрена отпорност кон некој одреден фактор на стрес, но на сметка на намалување на приносот, што е забележено во многу експерименти. Всушност, тоа беше и основата на нашата работна хипотеза.

Табела 15 Вкупен принос (t ha $^{-1}$)*

	Отворено поле				Оранжерија			
‘Ariadni’ F1	**38,4**	±	0,59	ab	**63,2**	±	1,41	b
‘SM Tant’	40,9	±	0,49	a	65,1	±	0,93	a
‘Vital Paprika’	39,4	±	1,04	ab	63,7	±	0,32	ab
‘6210’	40,7	±	2,75	a	62,5	±	0,73	b
‘Kaptur’ F1	**43,2**	±	0,49	b	**65,3**	±	0,52	b
‘SM Tant’	45,1	±	0,56	a	67,1	±	0,60	a
‘Vital Paprika’	44,0	±	0,82	ab	65,8	±	0,67	b
‘6210’	44,9	±	0,47	ab	64,6	±	1,17	bc
‘Gelby’ F1	**37,2**	±	0,88	ab	**62,5**	±	0,24	c
‘SM Tant’	39,1	±	1,86	a	66,1	±	0,17	a
‘Vital Paprika’	38,2	±	0,32	ab	64,3	±	0,54	b
‘6210’	37,9	±	0,43	ab	63,4	±	0,08	bc
‘Vedrana’ F1	**40,5**	±	0,80	ab	**66,7**	±	0,34	d
‘SM Tant’	43,1	±	0,57	a	71,9	±	0,34	a
‘Vital Paprika’	42,4	±	0,75	ab	70,0	±	0,48	b
‘6210’	41,9	±	0,64	ab	68,2	±	0,29	c

*Резултатите базираат на еднофакторијална ANOVA за секоја сорта споредена со нејзините хибридни комбинации одделно

Според анализата на резултатите од овој експеримент, добиени од мерењата на сите растенија од парцела, може да се заклучи дека калемењето немаше негативни последици врз продуктивноста на калемените комбинации, напротив, подлогите поттикнаа повисок принос кај калемените варијанти, освен кај комбинациите на хибридите од тип капија со подлогата ‘6210’ во оранжерија. Сепак, забележително е дека растенијата од тип бабура реагираа и се адаптираа подобро на калемењето и кај нив вредностите за ова комплексно својство се малку повисоки во споредба со некалемената сорта отколку кај растенијата од тип капија. Највисоки вредности кај сите хибриди се постигнаа при калемење на подлогата ‘SM Tant’. Во експериментот спроведен на отворено, разликите помеѓу калемените и некалемените варијанти не се статистички значајни освен за комбинацијата ‘Kaptur’ F1/‘SM Tant’ (Табела 15). При тоа, треба да се земе предвид дека отвореното производство не може да ги обезбеди оптималните услови за да се ефектуира придобивката од калемењето на сигнификантен начин.

Спротивно, во оранжериското производство беа забележени сигнификантни разлики помеѓу калемените и некалемените растенија кај сите комбинации со подлогата ‘SM Tant’, а кај варијантите од тип бабура и кај комбинацијата ‘Gelby’ F1/‘Vital Paprika’ и сите комбинации на ‘Vedrana’ F1 (Графикон 12). На пример, ‘Vedrana’ F1/‘SM Tant’ имаше највисока вредност од 71,9 t ha $^{-1}$ (SD: 0,34). Овој ефект индицира дека дури и во делумно контролирани оранжериски услови може да се нагласат придобивките кои ги нуди калемењето, особено со компатибилна подлога како ‘SM Tant’. Можното објаснување за оваа појава секако го вклучува и фактот што во оранжериите стресните услови се контролирани, како и микроклимата која може да понуди подобра платформа за калемените растенија да го остварат потенцијалот за постигнување подобра отпорност и вигор, што води кон значајно зголемување на приносот.

Согласно нашите наоди, од извршената мета-анализа на Grieneisen и сор. (2018) може да се заклучи дека влијанието на калемењето кај пиперката многу варира зависно од специфичната комбинација подлога/питомка и од применетите производни услови. Во неколку истражувања е утврдено дека компатибилност помеѓу подлогата и питомката има особено значење. На пример, во истражувањето на (Ulas et al., 2020) потврдено е дека калемењето позитивно влијае врз вкупниот принос на плодови. Питомката ‘ERÜ 1227’ кога била калемена на подлогата ‘Scarface’ имала речиси 37,49% поголем вкупен принос отколку некалемената контрола. Сличен тренд забележале и кај питомката 'ERÜ 462' кога била калемена на подлогата ‘46 KB’ F1 која имала речиси 42,17% поголем вкупен принос. Спротивно, кај питомката ‘33 H-3-1’ вкупниот принос се намалил за 47 % кога била калемена на подлогата ‘Scarface’.

Leal-Fernández и сор. (2013) исто така забележале дека изборот на подлога значајно влијае врз морфолошките и агрономските особини на сортата пиперка ‘Triple Star’. Подлогата ‘AR96029’ придонела оваа сорта да има највисоки вредности за бројот на плодови на m^2 и вкупниот принос (19,3 kg m^{-2}), кои биле повисоки и од вредностите на некалемената контрола (14,7 kg m^{-2}). Спротивно, подлогата ‘CM334’ негативно влијаела врз сите испитувани морфолошки и агрономски особини. Од тие причини, авторите нагласуваат дека е важно да се избере соодветна подлога пред да се започне со калемењето.

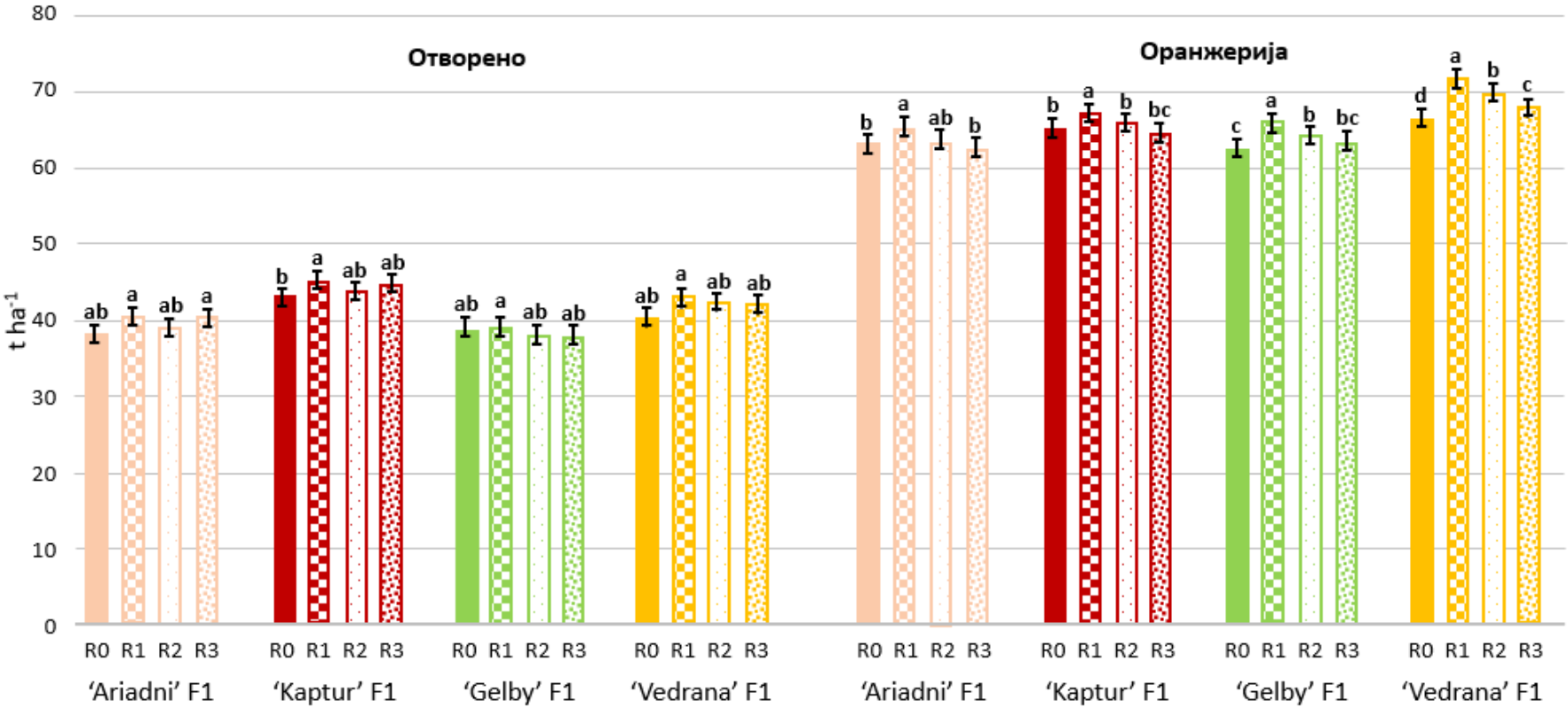
Ergun и Aktas (2018) пак, утврдиле дека калемените растенија пиперка (‘Efil’/‘Guclu’) имале најголем принос (0,75 kg растение$^{-1}$), додека некалемените и самокалемените растенија имале најмал принос (0,66 kg растение$^{-1}$) во услови на производство на отворено.

Soltan и сор. (2015) дошле до интересни наоди при тестирање на различни подлоги и питомки во текот на двегодишен експеримент. Само калемените растенија имале подобар принос од соодветните некалемени контроли само во 2015 година, со сигнификантно зголемување на бројот на плодови за 25 %. Во оваа студија е забележен и ефектот на питомката, односно сортите со издолжени плодови ‘Eigman’ и ‘Kurtovszka Kàpia’ имале повисок принос на m^2 отколку сортите од типот бабура, што е спротивно на наодите во нашето истражување. Од друга страна, комерцијалните подлоги ‘52-03 RZ’ и ‘Tan Tan’ (No: 12G076) имале подобар ефект за подобрување на приносот отколку стандардните сорти и селекциски линии кои вообичаено се користеле за подлоги.

Спротивно, Doñas-Uclés и сор. (2014) не забележале сигнификантни разлики за приносот по растение помеѓу некалемената сорта ‘Palermo’ и комбинациите во кои таа била калемена на три подлоги, при што накалемената сорта имала најголем принос од 4,17 kg m^{-2}, а комбинацијата ‘Palermo’/‘Tresor’ најмал принос од 3,76 kg m^{-2} некалемените растенија имале поголем принос. Сепак, во втората година истата комбинација имала највисок принос (3,70 kg m^{-2}), кој сигнификантно се разликувал од приносот кај сите други варијанти.

Врз основа на резултатите од истражувањето, Garcia-Bañuelos и сор. (2017) известуваат дека во оранжериски услови приносот се зголемил кај сите калемени комбинации на пет сорти бабура кои биле калемени на две подлоги отпорни на *Phytophthora*, со тоа што комбинацијата ‘Fascinato’/‘Robusto’ имала значајно повисок принос во споредба со другите комбинации. Уште едно зголемување на приносот кај калемените растенија е забележан од Doltu и Tănasă (2022) кои го анализирале ефектот на четири подлоги врз две сорти бабура. Единствено холандската подлога ‘Foundation’ ја зголемила продуктивноста и на двете калемени сорти за 1,4 – 23,1%, додека романските подлоги ‘L11A’ и ‘L12S’ предизвикале калемените комбинации да имаат понизок принос од некалемените контроли. Значајно зголемен принос кај сите комбинации калемени на две подлоги, во споредба со некалемената контрола (сортата ‘Somborka’) е забележан и во истражувањето на Rizani и сор. (2021) спроведено во производни услови на отворено. Вредностите за приносот по растение кај калемите изнесувале 5,16 kg (со подлогата ‘Fortama’ F1) и 5,04 kg (со подлогата ‘Rokal’), 4,32 kg кај некалемената сорта, додека меѓу двете подлоги не биле забележени сигнификантни разлики.

Калемењето се смета за успешна техника за надминување на стресот од засоленост. Од тој аспект, во експериментот на Gálvez и сор. (2021) се добиени позитивни резултати во однос на приносот на плодови. Хибридната сорта пиперка ‘Gacela’ F1 ја калемеле на три подлоги и ја споредувале со некалемена контрола во услови без соленост и со средно ниво на соленост. Во услови без стрес сите калемени комбинации имале сигнификантно повисок вкупен принос по растение од некалемените, со дури 30% зголемување кај растенијата калемени на подлогата ‘Creonte’. Во услови на стрес предизвикан од средна соленост, приносот бил намален сите варијанти (калемени и некалемени), но сепак приносот бил значајно поголем кај растенијата кои биле калемени на подлогите ‘Creonte’ (за 60%) и ‘Atlante’ (за 75 %) во однос на приносот од некалемената контрола.



Данканов тест ($p < ,05$), средните вредности соразлични букви сигнификантно се разликуваат.

Графикон 12 Средни вредности за вкупен принос (t ha^{-1}) кај некалемените варијанти (R0) и калемените на подлогите ‘SM Tant’ (R1), ‘Vital Paprika’ (R2) и ‘6210’ (R3)

Отпорноста на биотски стресови и приносот биле евалуирани од Saadoun и Allagui (2013) кои утврдиле дека двете сорти чили пиперка кои се осетливи на *P. nicotianae*, кога се калемени на подлогата ‘SCM334’ можат ефикасно да го надминат стресот од патогенот и да ги подобрат приносите на почви инфицирани со *P. nicotianae*. Сепак, подобувањето на приносот не било конзистентно и кај двете сорти што значи дека калемењето може да помогне за подобра отпорноста кон болести и повисок принос при производство на инфицирани почви, но приносот може и да не е униформно повисок во сите случаи.

Врз основа на анализата на следниве приносни параметри: маса на цел плод, маса на консумативниот дел од плодот, број на плодови по растение и пазарен и непазарен принос по растение, може да се заклучи дека калемењето имаше ефект врз пазарниот принос. Тој беше највисок кај питомките од тип бабура калемени на подлогата ‘SM Tant’ во двата производни услова, главно поради поголемиот број на плодови по растение. Генерално, може да се заклучи дека оранжериските услови им овозможуваат на растенијата да го изразат потенцијалот што се должи на калемењето. Потоа, најголемиот дел од комерцијалните подлоги се селекционирани за пазари каде се консумираат плодови од типот бабура, а не издолжени плодови како оние од типот капија.

И на крајот, нашите наоди посочуваат дека ефикасноста на калемењето, како средство за подобрување на приносот, е под двојно влијание бидејќи врз неа делуваат и изборот на подлога и питомка, и производните услови. Овие согледувања наведуваат на потребата од натамошни испитувања со прецизно поставен дизајн од аспект на сортите и производните услови кои максимално би ги истакнале придобивките што ги овозможува калемењето.

Табела 16 Динамика на пораст на висината на растенијата кај варијантите од тип капија (cm)

Варијанти		Производни услови	10 дена по расадување	20 дена по расадување	30 дена по расадување	40 дена по расадување	50 дена по расадување
Ariadni' F1	Некалемени	Отворено	18,05 ± 0,13 **	25,28 ± 0,10 **	33,45 ± 0,13 **	37,15 ± 0,13 **	37,98 ± 0,15 **
		Оранжерија	19,28 ± 0,30 **	29,63 ± 0,59 **	40,90 ± 0,34 **	46,13 ± 0,28 **	50,10 ± 0,34 **
	'SM Tant'	Отворено	22,58 ± 0,10 **	31,35 ± 0,45 **	35,65 ± 2,37 **	42,48 ± 0,34 **	41,08 ± 0,36 **
		Оранжерија	24,68 ± 0,36 **	36,10 ± 0,37 **	46,83 ± 0,34 **	49,30 ± 0,25 **	54,30 ± 0,22 **
	'Vital Paprika'	Отворено	19,63 ± 0,13 **	26,38 ± 0,10 **	36,43 ± 0,10 **	40,48 ± 0,13 **	35,23 ± 0,40 **
		Оранжерија	20,98 ± 0,17 **	31,13 ± 0,33 **	39,10 ± 0,34 **	42,93 ± 0,34 **	54,98 ± 0,47 **
	'6210'	Отворено	21,08 ± 4,85 **	31,23 ± 0,17 **	31,08 ± 0,28 **	35,05 ± 0,13 **	35,43 ± 0,15 **
		Оранжерија	24,75 ± 0,39 **	32,95 ± 0,47 **	40,28 ± 0,41 **	45,55 ± 0,21 **	56,63 ± 0,33 **
Kaptur' F1	Некалемени	Отворено	26,23 ± 0,21 **	38,48 ± 0,57 **	40,73 ± 0,25 **	44,70 ± 0,18 **	49,20 ± 0,43 **
		Оранжерија	27,45 ± 0,44 **	44,38 ± 0,85 **	53,80 ± 0,43 **	57,58 ± 0,31 **	64,83 ± 0,47 **
	'SM Tant'	Отворено	24,60 ± 0,08 **	31,85 ± 0,13 **	41,48 ± 0,13 **	45,78 ± 0,10 **	53,28 ± 0,41 **
		Оранжерија	24,63 ± 4,89 **	36,45 ± 0,42 **	51,73 ± 1,26 **	56,40 ± 0,64 **	67,38 ± 0,68 **
	'Vital Paprika'	Отворено	26,25 ± 0,13 **	36,45 ± 0,29 **	38,10 ± 0,26 **	42,75 ± 0,13 **	44,88 ± 0,26 **
		Оранжерија	29,58 ± 0,36 **	40,45 ± 0,66 **	49,90 ± 0,89 **	56,68 ± 0,26 **	66,80 ± 0,37 **
	'6210'	Отворено	28,85 ± 0,13 **	35,60 ± 0,08 **	38,25 ± 0,21 **	42,45 ± 0,17 **	44,10 ± 0,25 **
		Оранжерија	30,78 ± 0,21 **	36,78 ± 0,62 **	46,65 ± 0,39 **	51,53 ± 0,75 **	59,05 ± 0,58 **

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите;
* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 17 Динамика на пораст на висината на растенијата кај варијантите од тип бабура (cm)

Варијанти		Производни услови	10 дена по расадување	20 дена по расадување	30 дена по расадување	40 дена по расадување	50 дена по расадување
Gelby' F1	Некалемени	Отворено	18,95 ± 0,13 **	28,80 ± 0,18 **	37,75 ± 0,50 **	41,60 ± 0,14 **	50,90 ± 0,26 **
		Оранжерија	19,88 ± 0,30 **	32,28 ± 0,57 **	46,95 ± 0,24 **	51,88 ± 0,82 **	57,50 ± 0,80 **
	'SM Tant'	Отворено	24,65 ± 0,13 **	34,30 ± 0,18 **	36,28 ± 0,22 **	40,50 ± 0,36 **	43,15 ± 0,35 **
		Оранжерија	26,48 ± 0,37 **	37,10 ± 0,16 **	48,68 ± 0,40 **	55,63 ± 0,51 **	62,98 ± 0,40 **
	'Vital Paprika'	Отворено	26,30 ± 0,22 **	28,83 ± 0,17 **	38,18 ± 0,13 **	42,43 ± 0,17 **	47,93 ± 0,22 **
		Оранжерија	27,48 ± 0,22 **	31,85 ± 0,21 **	49,13 ± 0,39 **	56,75 ± 0,21 **	64,10 ± 0,48 **
	'6210'	Отворено	26,83 ± 0,17 **	32,50 ± 0,08 **	40,23 ± 0,68 **	43,90 ± 1,56 **	45,20 ± 0,22 **
		Оранжерија	28,18 ± 0,10 **	34,28 ± 0,15 **	47,20 ± 0,43 **	55,60 ± 0,50 **	59,88 ± 0,99 **
Vedrana' F1	Некалемени	Отворено	20,73 ± 0,22 **	26,55 ± 0,13 **	33,63 ± 0,13 **	37,45 ± 0,13 **	39,48 ± 0,42 **
		Оранжерија	22,10 ± 0,53 **	29,08 ± 0,17 **	40,00 ± 1,19 **	42,45 ± 0,47 **	53,45 ± 0,47 **
	'SM Tant'	Отворено	18,25 ± 0,21 **	23,23 ± 0,13 **	31,73 ± 0,25 **	34,63 ± 0,13 **	36,63 ± 0,21 **
		Оранжерија	19,60 ± 0,08 **	26,43 ± 0,10 **	34,53 ± 4,96 **	42,90 ± 0,85 **	56,83 ± 0,26 **
	'Vital Paprika'	Отворено	20,98 ± 0,17 **	28,68 ± 0,17 **	30,75 ± 0,25 **	34,48 ± 0,19 **	37,68 ± 0,22 **
		Оранжерија	22,38 ± 0,31 **	30,90 ± 0,32 **	36,40 ± 0,56 **	42,35 ± 0,95 **	55,48 ± 0,62 **
	'6210'	Отворено	18,13 ± 0,10 **	26,05 ± 0,13 **	32,65 ± 0,24 **	36,30 ± 0,14 **	39,38 ± 0,40 **
		Оранжерија	20,25 ± 0,44 **	28,40 ± 0,29 **	38,45 ± 0,27 **	41,25 ± 0,66 **	52,65 ± 0,72 **

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите;
* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 18 Динамика на пораст на дијаметарот на стеблото кај варијантите од тип капија (cm)

Варијанти		Производни услови	10 дена по расадување	20 дена по расадување	30 дена по расадување	40 дена по расадување	50 дена по расадување
Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	6,10 ± 0,01 **	7,75 ± 0,01 **	8,03 ± 0,03 **	8,77 ± 0,02 **	10,75 ± 0,45 **
		Оранжерија	6,37 ± 0,11 **	8,32 ± 0,01 **	9,43 ± 0,01 **	13,32 ± 0,03 **	20,98 ± 1,04 **
	‘SM Tant’	Отворено	4,26 ± 0,01 **	6,86 ± 0,05 **	7,47 ± 0,01 **	8,18 ± 0,04 **	11,39 ± 0,12 **
		Оранжерија	5,38 ± 0,13 **	7,32 ± 0,01 **	8,87 ± 0,04 **	11,15 ± 0,09 **	12,51 ± 0,03 **
	‘Vital Paprika’	Отворено	4,78 ± 0,02 **	6,65 ± 0,09 **	6,86 ± 0,03 **	7,45 ± 0,01 **	10,17 ± 0,15 **
		Оранжерија	5,29 ± 0,03 **	7,36 ± 0,01 **	9,26 ± 0,01 **	12,10 ± 0,02 **	13,12 ± 0,03 **
	‘6210’	Отворено	4,81 ± 0,03 **	6,23 ± 0,04 **	6,47 ± 0,02 **	8,02 ± 0,02 **	9,06 ± 0,47 **
		Оранжерија	5,42 ± 0,06 **	7,51 ± 0,02 **	8,22 ± 0,04 **	12,01 ± 0,09 **	13,84 ± 0,06 **
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	6,85 ± 1,49 **	7,56 ± 0,02 **	9,09 ± 0,03 **	9,86 ± 0,02 **	13,96 ± 0,08 **
		Оранжерија	6,47 ± 0,15 **	8,15 ± 0,05 **	9,84 ± 0,06 **	10,07 ± 0,07 **	12,26 ± 0,05 **
	‘SM Tant’	Отворено	4,61 ± 0,04 **	6,24 ± 0,04 **	8,09 ± 0,03 **	8,74 ± 0,16 **	10,43 ± 0,19 **
		Оранжерија	5,47 ± 0,15 **	7,29 ± 0,05 **	9,46 ± 0,23 **	11,41 ± 0,23 **	11,49 ± 0,05 **
	‘Vital Paprika’	Отворено	4,70 ± 0,02 **	5,64 ± 0,03 **	6,23 ± 0,02 **	6,77 ± 0,02 **	9,61 ± 0,06 **
		Оранжерија	5,21 ± 0,04 **	6,57 ± 0,03 **	7,79 ± 0,08 **	11,14 ± 0,10 **	12,82 ± 0,05 **
	‘6210’	Отворено	4,64 ± 0,16 **	6,83 ± 0,01 **	6,82 ± 0,04 **	7,47 ± 0,02 **	11,72 ± 0,13 **
		Оранжерија	5,14 ± 0,04 **	7,25 ± 0,04 **	8,99 ± 0,03 **	10,27 ± 0,03 **	12,72 ± 0,06 **

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите;
* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 19 Динамика на пораст на дијаметарот на стеблото кај варијантите од тип бабура (cm)

Варијанти		Производни услови	10 дена по расадување	20 дена по расадување	30 дена по расадување	40 дена по расадување	50 дена по расадување
Gelby' F1	Некалемени	Отворено	6,53 ± 0,03 **	7,65 ± 0,02 **	8,50 ± 0,06 **	9,36 ± 0,02 **	13,95 ± 1,40 **
		Оранжерија	7,65 ± 0,07 **	9,94 ± 0,13 **	10,95 ± 0,12 **	14,77 ± 0,11 **	16,11 ± 0,57 **
	'SM Tant'	Отворено	5,65 ± 0,03 **	8,74 ± 0,02 **	8,85 ± 0,02 **	9,63 ± 0,02 **	12,36 ± 0,09 **
		Оранжерија	7,11 ± 0,09 **	9,31 ± 0,14 **	12,45 ± 0,14 **	14,69 ± 0,05 **	19,98 ± 0,16 **
	'Vital Paprika'	Отворено	5,51 ± 0,02 **	7,89 ± 0,02 **	7,52 ± 0,51 **	7,83 ± 0,03 **	12,59 ± 0,06 **
		Оранжерија	6,26 ± 0,06 **	8,62 ± 0,03 **	12,09 ± 0,04 **	13,39 ± 0,04 **	20,87 ± 0,25 **
	'6210'	Отворено	4,74 ± 0,06 **	6,85 ± 0,01 **	9,12 ± 0,02 **	9,84 ± 0,06 **	14,06 ± 0,05 **
		Оранжерија	5,31 ± 0,04 **	9,71 ± 0,07 **	10,39 ± 0,04 **	15,34 ± 0,04 **	18,04 ± 0,16 **
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	5,41 ± 0,02 **	7,74 ± 0,02 **	8,25 ± 0,02 **	8,94 ± 0,01 **	13,77 ± 0,05 **
		Оранжерија	5,80 ± 0,19 **	7,84 ± 0,04 **	9,65 ± 0,05 **	13,46 ± 0,14 **	15,32 ± 0,13 **
	'SM Tant'	Отворено	6,82 ± 0,01 **	8,40 ± 0,02 **	8,23 ± 0,40 **	9,46 ± 0,04 **	10,35 ± 0,03 **
		Оранжерија	6,92 ± 0,03 **	7,78 ± 1,47 **	11,09 ± 0,08 **	14,01 ± 0,07 **	16,71 ± 0,14 **
	'Vital Paprika'	Отворено	5,57 ± 0,02 **	7,65 ± 0,03 **	8,46 ± 0,49 **	9,43 ± 0,02 **	13,37 ± 0,04 **
		Оранжерија	5,70 ± 0,05 **	8,46 ± 0,03 **	10,50 ± 0,20 **	14,44 ± 0,08 **	16,15 ± 0,25 **
	'6210'	Отворено	6,15 ± 0,03 **	8,37 ± 0,02 **	9,47 ± 0,04 **	10,30 ± 0,07 **	13,98 ± 0,06 **
		Оранжерија	7,16 ± 0,05 **	8,84 ± 0,08 **	9,31 ± 0,03 **	11,26 ± 0,03 **	15,47 ± 0,11 **

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите;
* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 20 Содржина на вкупни растворливи материи (TSS) во различни фази на зрелост(°Bx)

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
Варијанти од тип капија					
‘Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	4,05 ± 0,37	5,00 ± 0,16	5,05 ± 1,13
		Оранжерија	4,08 ± 0,29	4,73 ± 1,29	6,33 ± 0,50
	‘SM Tant’	Отворено	4,00 ± 0,26	4,93 ± 0,33	5,48 ± 0,67
		Оранжерија	3,80 ± 0,25	4,53 ± 1,10	5,60 ± 0,73
	‘Vital Paprika’	Отворено	3,73 ± 0,17	3,85 ± 0,40	5,58 ± 0,30
		Оранжерија	3,68 ± 0,22	3,88 ± 0,41	6,63 ± 0,39 *
	‘6210’	Отворено	3,78 ± 0,15	4,55 ± 0,33	5,95 ± 0,10
		Оранжерија	3,63 ± 0,17	3,63* ± 1,51	5,88 ± 0,57
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	4,20 ± 0,25	4,83 ± 0,57	6,00 ± 0,22
		Оранжерија	4,13 ± 0,50	4,68 ± 1,10	6,70 ± 0,36
	‘SM Tant’	Отворено	3,98 ± 0,22	4,88 ± 0,15	6,50 ± 0,29
		Оранжерија	3,75 ± 0,17	6,00 ± 0,48	6,90 ± 1,14
	‘Vital Paprika’	Отворено	3,98 ± 0,21	4,48 ± 0,32	6,70 ± 0,26
		Оранжерија	3,95 ± 0,06	4,28 ± 1,10	7,18 ± 0,13 *
	‘6210’	Отворено	3,90 ± 0,12	5,28 ± 0,19	6,73 ± 0,13
		Оранжерија	3,75 ± 0,25	4,63 ± 0,67	6,35 ± 0,64
Варијанти од тип бабура					
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	3,58 ± 0,51 *	5,00 ± 0,22	5,83 ± 0,10
		Оранжерија	3,70 ± 0,08 *	3,53 ± 0,39	6,75 ± 0,17
	‘SM Tant’	Отворено	3,65 ± 0,13	4,75 ± 0,21	4,60 ± 0,56
		Оранжерија	3,83 ± 0,22	4,55 ± 1,01	6,00 ± 0,46
	‘Vital Paprika’	Отворено	3,65 ± 0,19	4,70 ± 0,29	4,70 ± 1,14
		Оранжерија	3,75 ± 0,10	4,10 ± 0,42	6,53 ± 0,24
	‘6210’	Отворено	3,68 ± 0,19	5,13 ± 0,35	6,38 ± 0,15
		Оранжерија	3,65 ± 0,24	3,80 ± 0,36	5,90 ± 0,29
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	4,23 ± 0,51	4,25 ± 0,71	5,18 ± 0,38
		Оранжерија	3,90 ± 0,08	3,90 ± 0,29	6,18 ± 0,21
	‘SM Tant’	Отворено	3,85 ± 0,24	3,98 ± 0,26	6,78 ± 0,05
		Оранжерија	3,80 ± 0,18	3,98 ± 0,30	5,65 ± 0,13
	‘Vital Paprika’	Отворено	3,85 ± 0,19	4,93 ± 0,25	5,50 ± 0,08
		Оранжерија	3,60 ± 0,42	4,10 ± 0,42	5,45 ± 0,17
	‘6210’	Отворено	3,55 ± 0,33	3,95 ± 0,27	6,83 ± 0,10
		Оранжерија	3,83 ± 0,21	4,30 ± 0,62	6,48 ± 0,15

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 21 Содржина на вода во различни фази на зрелост (% FW^{-1})

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
Варијанти од тип капија					
‘Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	94,2 ± 0,5	93,6 ± 0,9	93,9 ± 0,5
		Оранжерија	94,2 ± 0,5	93,6 ± 0,9	93,8 ± 0,5
	‘SM Tant’	Отворено	94,1 ± 1,0	94,4 ± 0,3	93,8 ± 1,2
		Оранжерија	94,1 ± 1,0	94,4 ± 0,3	93,4 ± 0,8
	‘Vital Paprika’	Отворено	94,5 ± 0,3	94,6 ± 0,3	94,5 ± 0,3
		Оранжерија	94,5 ± 0,3	94,6 ± 0,3	94,3 ± 0,3
	‘6210’	Отворено	94,4 ± 0,1	94,4 ± 0,1	94,4 ± 0,1
		Оранжерија	94,4 ± 0,1	94,4 ± 0,1	93,5 ± 1,5
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	94,2 ± 0,3	93,8 ± 1,2	94,2 ± 0,3
		Оранжерија	94,2 ± 0,3	93,8 ± 1,2	93,6 ± 1,0
	‘SM Tant’	Отворено	94,2 ± 0,3	94,4 ± 0,5	94,2 ± 0,3
		Оранжерија	94,2 ± 0,3	94,4 ± 0,5	94,3 ± 0,5
	‘Vital Paprika’	Отворено	94,3 ± 0,3	94,9 ± 0,4	93,7 ± 2,3
		Оранжерија	96,1 ± 2,3	94,9 ± 0,4	93,4 ± 0,9
	‘6210’	Отворено	97,0 ± 2,8	96,2 ± 2,3	95,1 ± 0,1
		Оранжерија	95,1 ± 0,1	96,2 ± 2,3	93,9 ± 1,2
			Варијанти од тип бабура		
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	95,1 ± 0,1	94,9 ± 0,2	95,0 ± 0,1
		Оранжерија	95,0 ± 0,1	94,9 ± 0,2	93,9 ± 0,5
	‘SM Tant’	Отворено	96,1 ± 2,3	93,7 ± 0,8	94,1 ± 0,8
		Оранжерија	94,1 ± 0,8	93,7 ± 0,8	94,1 ± 0,5
	‘Vital Paprika’	Отворено	93,7 ± 0,8	93,4 ± 0,4	93,6 ± 0,5
		Оранжерија	93,6 ± 0,5	93,4 ± 0,4	93,7 ± 0,8
	‘6210’	Отворено	95,0 ± 0,1	93,5 ± 0,4	93,3 ± 0,1
		Оранжерија	93,3 ± 0,1	93,5 ± 0,4	93,6 ± 0,4
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	93,5 ± 0,4	93,7 ± 0,5	93,4 ± 0,5
		Оранжерија	93,4 ± 0,5	93,7 ± 0,5	94,1 ± 0,8
	‘SM Tant’	Отворено	94,3 ± 0,1	93,2 ± 1,8	94,2 ± 0,7
		Оранжерија	94,2 ± 0,7	93,2 ± 1,8	94,2 ± 0,2
	‘Vital Paprika’	Отворено	94,5 ± 0,5	94,0 ± 1,2	95,2 ± 0,3
		Оранжерија	95,5 ± 0,6	93,4 ± 0,4	94,5 ± 1,3
	‘6210’	Отворено	93,2 ± 0,1	93,3 ± 0,9	93,8 ± 0,5
		Оранжерија	93,8 ± 0,5	93,3 ± 0,9	93,9 ± 0,7

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 22 Содржина на витамин С во различни фази на зрелост (% 100 g FW^{-1})

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
Варијанти од тип капија					
Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	19,1 ± 2,3	96,1 ± 5,9	153,9 ± 27,1 **
		Оранжерија	31,1 ± 3,4	153,1 ± 3,9 **	147,8 ± 7,9
	‘SM Tant’	Отворено	21,3 ± 6,2	106,7 ± 14,9	142,4 ± 27,4
		Оранжерија	21,5 ± 9,9	112,6 ± 26,5	135,0 ± 5,3
	‘Vital Paprika’	Отворено	14,1 ± 1,7	92,9 ± 5,9	116,2 ± 13,3
		Оранжерија	19,2 ± 5,1	99,0 ± 18,7	146,1 ± 6,3
	‘6210’	Отворено	14,4 ± 2,9	133,3 ± 9,7	142,0 ± 25,6
		Оранжерија	19,2 ± 4,3	113,0 ± 16,3	140,8 ± 6,3
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	17,5 ± 3,8	98,6 ± 6,4	117,8 ± 16,2
		Оранжерија	22,8 ± 4,7	134,8 ± 15,5 **	116,1 ± 5,2
	‘SM Tant’	Отворено	23,0 ± 3,2	104,7 ± 10,0	112,7 ± 29,9
		Оранжерија	19,0 ± 6,2	125,9 ± 10,5	148,6 ± 11,4 **
	‘Vital Paprika’	Отворено	26,5 ± 16,0	102,3 ± 7,9	140,6 ± 12,5
		Оранжерија	28,2 ± 1,8	80,2 ± 10,3	128,6 ± 9,1
	‘6210’	Отворено	17,3 ± 6,0	88,2 ± 1,0	110,5 ± 7,4
		Оранжерија	21,5 ± 6,3	124,3 ± 23,8	137,7 ± 21,2
Варијанти од тип бабура					
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	29,0 ± 7,4	74,0 ± 6,4	101,5 ± 9,9 *
		Оранжерија	31,6 ± 2,8	137,2 ± 12,1 **	31,8 ± 6,5
	‘SM Tant’	Отворено	20,8 ± 9,9	56,5 ± 9,6	102,7 ± 13,7 *
		Оранжерија	31,3 ± 3,8	135,9 ± 9,2	46,6 ± 13,6
	‘Vital Paprika’	Отворено	13,8 ± 1,7	22,3 ± 2,9	110,8 ± 11,7 *
		Оранжерија	12,8 ± 2,9	107,6 ± 7,7 **	25,8 ± 4,3
	‘6210’	Отворено	16,3 ± 3,4	35,5 ± 3,4	130,2 ± 57,3 **
		Оранжерија	14,9 ± 3,0	123,2 ± 10,3 **	31,7 ± 4,6
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	18,4 ± 7,6	26,7 ± 2,5	94,2 ± 12,8
		Оранжерија	23,1 ± 6,3	24,5 ± 2,1	31,5 ± 6,5
	‘SM Tant’	Отворено	15,4 ± 3,3	31,4 ± 2,6	102,4 ± 8,0 *
		Оранжерија	22,3 ± 2,2	25,0 ± 1,7	37,3 ± 2,9
	‘Vital Paprika’	Отворено	13,2 ± 2,0	34,3 ± 7,0	100,9 ± 11,2 *
		Оранжерија	23,5 ± 2,0	34,5 ± 6,5	25,8 ± 4,3
	‘6210’	Отворено	19,2 ± 1,3	30,9 ± 3,8	97,6 ± 13,1
		Оранжерија	23,5 ± 4,5	32,8 ± 6,5	36,0 ± 5,2

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 23 Содржина на нитрати во различни фази на зрелост (ppm)

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
Варијанти од тип капија					
Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	84,9 ± 23,9	128,1 ± 13,3	93,3 ± 19,8
		Оранжерија	104,9 ± 13,3	106,2 ± 11,7	70,8 ± 5,4
	‘SM Tant’	Отворено	100,4 ± 19,8	109,4 ± 20,6	145,4 ± 35,9
		Оранжерија	115,4 ± 30,8	130,4 ± 50,3	94,2 ± 10,2
	‘Vital Paprika’	Отворено	120,7 ± 23,6	112,3 ± 36,9	82,8 ± 14,9
		Оранжерија	96,9 ± 15,3	87,3 ± 21,4	88,3 ± 20,9
	‘6210’	Отворено	92,9 ± 22,4	115,0 ± 12,7	117,8 ± 8,2
		Оранжерија	112,5 ± 36,1	76,1 ± 10,3	93,2 ± 12,3
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	111,4 ± 34,1	139,8 ± 8,4	69,0 ± 4,9
		Оранжерија	114,2 ± 30,1	101,1 ± 16,3	86,6 ± 16,6
	‘SM Tant’	Отворено	116,3 ± 148,7	151,1 ± 5,1	78,6 ± 20,6
		Оранжерија	106,1 ± 24,2	88,5 ± 19,4	94,2 ± 29,2
	‘Vital Paprika’	Отворено	121,0 ± 49,2	94,2 ± 18,1	105,1 ± 13,1
		Оранжерија	102,1 ± 20,2	89,3 ± 16,8	88,7 ± 23,9
	‘6210’	Отворено	103,1 ± 27,8	128,4 ± 22,0	100,7 ± 11,1
		Оранжерија	92,5 ± 23,7	81,6 ± 17,8	79,2 ± 14,0
Варијанти од тип бабура					
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	105,4 ± 33,3	71,8 ± 11,0	9,9 ± 17,7
		Оранжерија	108,3 ± 25,9	70,6 ± 5,7	78,8 ± 15,4
	‘SM Tant’	Отворено	93,3 ± 19,8	66,6 ± 19,3	112,2 ± 51,1
		Оранжерија	76,7 ± 16,9	96,9 ± 16,7	91,5 ± 26,1
	‘Vital Paprika’	Отворено	104,1 ± 37,4	58,3 ± 6,2	141,7 ± 8,9
		Оранжерија	93,7 ± 18,3	76,5 ± 93,8	98,8 ± 11,2
	‘6210’	Отворено	80,4 ± 21,8	69,2 ± 11,9	130,5 ± 38,2
		Оранжерија	69,9 ± 13,9	94,9 ± 14,6	92,2 ± 19,8
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	90,5 ± 7,2	49,0 ± 2,7	96,2 ± 2,3
		Оранжерија	82,8 ± 22,1	87,7 ± 21,0	91,2 ± 20,2
	‘SM Tant’	Отворено	98,3 ± 13,5	59,8 ± 12,5	95,0 ± 0,4
		Оранжерија	75,7 ± 16,9	92,4 ± 22,0	99,5 ± 11,4
	‘Vital Paprika’	Отворено	104,8 ± 10,5	69,2 ± 3,2	93,3 ± 0,2
		Оранжерија	83,1 ± 11,8	76,5 ± 93,8	97,2 ± 9,6
	‘6210’	Отворено	82,7 ± 18,3	63,5 ± 6,5	94,9 ± 0,2
		Оранжерија	97,2 ± 13,1	101,9 ± 16,0	89,9 ± 11,1

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 24 Содржина на протеини во различни фази на зрелост (% 100 g FW^{-1})

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
			Варијанти од тип капија		
Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	0,62 ± 0,02	0,94 ± 0,11	1,03 ± 0,11
		Оранжерија	1,08 ± 0,14	0,98 ± 0,17	0,78 ± 0,07
	‘SM Tant’	Отворено	0,69 ± 0,04	0,86 ± 0,10	0,83 ± 0,24
		Оранжерија	0,83 ± 0,24	1,19 ± 0,11	0,98 ± 0,17
	‘Vital Paprika’	Отворено	0,71 ± 0,02	0,79 ± 0,06	0,87 ± 0,26
		Оранжерија	0,87 ± 0,26	1,24 ± 0,13	0,79 ± 0,04
	‘6210’	Отворено	0,60 ± 0,02	0,86 ± 0,01	1,01 ± 0,25
		Оранжерија	1,01 ± 0,25	0,79 ± 0,04	1,19 ± 0,11
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	1,00 ± 0,07	0,89 ± 0,13	0,83 ± 0,18
		Оранжерија	0,83 ± 0,18	1,37 ± 0,05	1,24 ± 0,13
	‘SM Tant’	Отворено	1,02 ± 0,02	0,87 ± 0,10	1,02 ± 0,26
		Оранжерија	1,02 ± 0,26	0,99 ± 0,21	1,37 ± 0,05
	‘Vital Paprika’	Отворено	0,96 ± 0,07	0,74 ± 0,07	0,83 ± 0,15
		Оранжерија	0,83 ± 0,15	0,82 ± 0,22	0,94 ± 0,25
	‘6210’	Отворено	0,86 ± 0,07	0,59 ± 0,40	0,83 ± 0,23
		Оранжерија	0,83 ± 0,23	0,63 ± 0,38	0,99 ± 0,18
			Варијанти од тип бабура		
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	0,89 ± 0,06	0,82 ± 0,15	0,95 ± 0,07
		Оранжерија	0,95 ± 0,07	0,99 ± 0,30	1,08 ± 0,16
	‘SM Tant’	Отворено	1,00 ± 0,04	0,83 ± 0,11	0,82 ± 0,25
		Оранжерија	0,82 ± 0,25	0,86 ± 0,21	1,17 ± 0,09
	‘Vital Paprika’	Отворено	0,91 ± 0,03	0,80 ± 0,08	0,81 ± 0,49
		Оранжерија	0,81 ± 0,49	0,90 ± 0,14	1,00 ± 0,12
	‘6210’	Отворено	0,90 ± 0,07	0,81 ± 0,10	0,81 ± 0,23
		Оранжерија	0,81 ± 0,23	0,86 ± 0,16	1,05 ± 0,15
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	0,89 ± 0,04	0,70 ± 0,15	1,02 ± 0,06
		Оранжерија	1,02 ± 0,06	0,85 ± 0,24	0,94 ± 0,06
	‘SM Tant’	Отворено	1,03 ± 0,12	0,88 ± 0,10	1,04 ± 0,20
		Оранжерија	1,04 ± 0,20	0,90 ± 0,23	0,96 ± 0,08
	‘Vital Paprika’	Отворено	0,80 ± 0,07	0,90 ± 0,07	0,86 ± 0,07
		Оранжерија	0,83 ± 0,09	0,90 ± 0,14	1,16 ± 0,07
	‘6210’	Отворено	0,85 ± 0,16	0,75 ± 0,08	1,00 ± 0,02
		Оранжерија	1,00 ± 0,02	0,88 ± 0,29	0,92 ± 0,25

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 25 Содржина на калциум во различни фази на зрелост (ppm)

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
			Варијанти од тип капија		
Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	73,3 ± 7,2	98,3 ± 5,7	194,8 ± 60,6
		Оранжерија	318,3 ± 0,3 **	791,8 ± 99,3 **	917,9 ± 51,4 **
	‘SM Tant’	Отворено	75,9 ± 24,1	101,7 ± 20,7	169,4 ± 16,2
		Оранжерија	119,7 ± 0,7 **	944,4 ± 40,7 **	666,8 ± 47,2 **
	‘Vital Paprika’	Отворено	77,3 ± 30,2	103,5 ± 21,7	168,3 ± 6,2
		Оранжерија	139,2 ± 1,2 **	822,9 ± 84,9 **	647,4 ± 93,1 **
	‘6210’	Отворено	56,0 ± 5,5	103,4 ± 18,2	129,9 ± 17,8
		Оранжерија	125,3 ± 1,2 **	895,7 ± 53,7 **	934,1 ± 64,9 **
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	63,4 ± 11,2	125,1 ± 10,7	187,1 ± 16,4
		Оранжерија	107,4 ± 0,4 **	652,3 ± 80,7 **	668,7 ± 73,4 **
	‘SM Tant’	Отворено	64,4 ± 28,7	109,0 ± 18,4	141,2 ± 25,8
		Оранжерија	103,6 ± 2,3 **	875,2 ± 84,6 **	754,7 ± 67,6 **
	‘Vital Paprika’	Отворено	73,9 ± 17,4	110,6 ± 13,2	165,8 ± 40,2
		Оранжерија	88,4 ± 1,5 **	909,3 ± 90,6 **	636,5 ± 36,5 **
	‘6210’	Отворено	72,0 ± 11,6	104,8 ± 19,0	199,0 ± 2,3
		Оранжерија	150,8 ± 1,4 **	1080,1 ± 76,1 **	684,0 ± 46,3 **
			Варијанти од тип бабура		
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	56,2 ± 12,7	101,7 ± 12,7	254,2 ± 38,9
		Оранжерија	95,5 ± 1,3	971,6 ± 75,5 **	810,0 ± 39,2 **
	‘SM Tant’	Отворено	58,3 ± 14,2	83,2 ± 12,8	142,8 ± 14,9
		Оранжерија	79,5 ± 0,1	874,5 ± 82,7 **	814,4 ± 51,7 **
	‘Vital Paprika’	Отворено	85,9 ± 19,5	85,7 ± 12,0	177,6 ± 23,2
		Оранжерија	90,9 ± 1,7	806,4 ± 83,7 **	614,4 ± 13,3 **
	‘6210’	Отворено	64,1 ± 4,7	91,5 ± 13,6	191,1 ± 58,1
		Оранжерија	92,6 ± 1,2	958,1 ± 43,8 **	556,6 ± 49,8 **
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	56,7 ± 12,0	121,7 ± 49,4	173,0 ± 36,8
		Оранжерија	85,6 ± 15,3	1022,9 ± 48,9 **	698,4 ± 13,9 **
	‘SM Tant’	Отворено	72,5 ± 3,2	86,4 ± 14,3	225,6 ± 20,0
		Оранжерија	97,4 ± 0,9	824,5 ± 90,7 **	661,8 ± 37,8 **
	‘Vital Paprika’	Отворено	74,0 ± 9,4	95,0 ± 17,2	92,3 ± 13,4
		Оранжерија	98,8 ± 0,6	806,4 ± 23,7 **	829,8 ± 63,5 **
	‘6210’	Отворено	76,1 ± 8,2	104,7 ± 14,5	99,2 ± 11,0
		Оранжерија	92,8 ± 0,8	705,1 ± 83,2 **	810,0 ± 39,2 **

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 26 Содржина на калиум во различни фази на зрелост (ppm)

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
			Варијанти од тип капија		
Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	1319,9 ± 102,7	1566,8 ± 108,2	1639,2 ± 63,2
		Оранжерија	1367,6 ± 87,6	1419,8 ± 43,3	1254,3 ± 1,4
	‘SM Tant’	Отворено	1231,1 ± 109,7	1708,4 ± 159,7	1403,6 ± 88,7
		Оранжерија	1331,2 ± 74,7	1422,2 ± 77,4	1771,2 ± 1,9
	‘Vital Paprika’	Отворено	1286,0 ± 114,9	1641,8 ± 129,9	1424,8 ± 97,1
		Оранжерија	1388,5 ± 92,0	1436,0 ± 58,4	1200,5 ± 1,0
	‘6210’	Отворено	1299,3 ± 115,0	1635,3 ± 135,8	1390,4 ± 74,2
		Оранжерија	1457,0 ± 62,1	1414,6 ± 52,9	1259,0 ± 0,8
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	1267,2 ± 138,7	1639,5 ± 154,3	1569,6 ± 85,3
		Оранжерија	1282,2 ± 75,0	1320,5 ± 44,6	1059,8 ± 2,0
	‘SM Tant’	Отворено	1342,9 ± 131,6	1837,9 ± 132,0	1550,9 ± 64,5
		Оранжерија	1382,9 ± 77,3	1313,4 ± 66,9	1176,4 ± 1,7
	‘Vital Paprika’	Отворено	1227,5 ± 113,5	1798,5 ± 120,8	2026,0 ± 82,5
		Оранжерија	1342,6 ± 89,7	1511,0 ± 71,0	1985,3 ± 4,6
	‘6210’	Отворено	1336,9 ± 118,3	1741,8 ± 128,2	1811,2 ± 73,3
		Оранжерија	1421,9 ± 75,3	1552,8 ± 55,8	1244,1 ± 0,4
			Варијанти од тип бабура		
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	1057,6 ± 155,5	1392,8 ± 145,2	1846,8 ± 156,6
		Оранжерија	1171,3 ± 3,2	1442,8 ± 58,7	1581,1 ± 95,5
	‘SM Tant’	Отворено	1024,6 ± 134,1	1336,7 ± 104,5	2233,1 ± 153,7
		Оранжерија	1184,8 ± 26,6	1521,7 ± 72,9	1579,1 ± 68,1
	‘Vital Paprika’	Отворено	1088,1 ± 109,9	1396,6 ± 56,5	1886,3 ± 177,0
		Оранжерија	1206,5 ± 0,8	1724,1 ± 30,0	1732,0 ± 65,0
	‘6210’	Отворено	1088,6 ± 53,4	1329,7 ± 105,4	2007,2 ± 183,0
		Оранжерија	1091,6 ± 62,2	1507,2 ± 53,5	1521,6 ± 39,7
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	1075,1 ± 105,5	1378,6 ± 112,3	1327,3 ± 192,5
		Оранжерија	1011,2 ± 1,0	1388,5 ± 99,5	1642,3 ± 65,6
	‘SM Tant’	Отворено	1024,6 ± 103,3	1396,7 ± 104,5	1683,2 ± 197,8
		Оранжерија	1126,2 ± 0,3	1521,7 ± 85,8	1385,6 ± 83,1
	‘Vital Paprika’	Отворено	1024,4 ± 85,3	1345,1 ± 156,5	1485,1 ± 185,9
		Оранжерија	1173,2 ± 4,4	1724,1 ± 83,3	1464,0 ± 37,4
	‘6210’	Отворено	1028,5 ± 53,5	1296,9 ± 175,3	1538,5 ± 213,4
		Оранжерија	1165,6 ± 5,2	1421,9 ± 65,3	1521,9 ± 83,0

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 27 Содржина на магнезиум во различни фази на зрелост (ppm)

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
			Варијанти од тип капија		
Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	73,3 ± 2,2	66,5 ± 0,8	107,5 ± 9,7
		Оранжерија	110,7 ± 21,3	66,8 ± 7,5	69,7 ± 6,5
	‘SM Tant’	Отворено	91,6 ± 16,7	78,4 ± 15,8	96,6 ± 9,7
		Оранжерија	94,4 ± 27,1	69,4 ± 11,7	72,1 ± 9,8
	‘Vital Paprika’	Отворено	76,9 ± 3,9	62,9 ± 10,0	102,1 ± 2,2
		Оранжерија	95,2 ± 19,0	72,9 ± 15,3	70,7 ± 16,3
	‘6210’	Отворено	74,2 ± 2,4	78,7 ± 10,5	97,9 ± 5,2
		Оранжерија	127,5 ± 65,8	70,7 ± 12,6	74,1 ± 11,2
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	84,0 ± 5,5	74,8 ± 4,5	112,5 ± 9,6
		Оранжерија	137,3 ± 10,5	77,3 ± 9,2	78,7 ± 10,1
	‘SM Tant’	Отворено	87,9 ± 11,1	75,0 ± 2,9	108,3 ± 5,7
		Оранжерија	119,6 ± 30,3	75,2 ± 3,7	78,0 ± 8,6
	‘Vital Paprika’	Отворено	105,5 ± 8,9	80,3 ± 7,9	104,6 ± 3,1
		Оранжерија	180,6 ± 41,8	84,3 ± 12,6	79,6 ± 5,8
	‘6210’	Отворено	96,9 ± 27,3	88,1 ± 10,7	118,8 ± 12,8
		Оранжерија	90,9 ± 24,0	80,1 ± 12,7	82,3 ± 12,1
			Варијанти од тип бабура		
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	93,5 ± 4,1	84,1 ± 1,0	136,4 ± 4,6
		Оранжерија	109,4 ± 10,6	96,6 ± 16,5	102,8 ± 23,2
	‘SM Tant’	Отворено	94,0 ± 8,1	84,5 ± 3,3	110,4 ± 7,1
		Оранжерија	79,3 ± 16,3	74,5 ± 9,6	84,1 ± 20,1
	‘Vital Paprika’	Отворено	89,4 ± 11,0	90,2 ± 10,6	133,0 ± 19,7
		Оранжерија	68,1 ± 11,9	81,4 ± 5,1	80,9 ± 4,5
	‘6210’	Отворено	79,9 ± 11,1	88,8 ± 5,0	131,8 ± 9,1
		Оранжерија	72,5 ± 18,9	83,1 ± 7,3	77,5 ± 10,6
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	92,5 ± 2,5	70,4 ± 8,5	89,2 ± 8,7
		Оранжерија	134,3 ± 9,0	72,9 ± 15,3	90,9 ± 1,7
	‘SM Tant’	Отворено	94,0 ± 8,1	77,0 ± 6,4	108,1 ± 6,2
		Оранжерија	164,9 ± 41,1	74,5 ± 9,6	104,1 ± 7,1
	‘Vital Paprika’	Отворено	77,6 ± 6,1	78,1 ± 7,0	87,0 ± 6,7
		Оранжерија	127,5 ± 65,8	81,4 ± 5,1	81,6 ± 15,4
	‘6210’	Отворено	84,8 ± 15,7	76,1 ± 11,9	92,4 ± 3,5
		Оранжерија	72,5 ± 18,9	80,1 ± 12,7	100,3 ± 18,8

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 28 Содржина на натриум во различни фази на зрелост (ppm)

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
			Варијанти од тип капија		
Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	26,4 ± 18,4	18,6 ± 1,8	29,4 ± 6,2
		Оранжерија	69,7 ± 6,5 **	32,3 ± 7,4 **	28,8 ± 3,1
	‘SM Tant’	Отворено	16,9 ± 2,2	18,2 ± 3,8	20,1 ± 3,8
		Оранжерија	72,1 ± 9,8 **	36,6 ± 19,1 **	31,5 ± 11,8
	‘Vital Paprika’	Отворено	18,9 ± 8,5	15,3 ± 5,5	17,2 ± 10,3
		Оранжерија	70,7 ± 16,3 **	17,9 ± 5,6 **	14,7 ± 4,8
	‘6210’	Отворено	11,9 ± 1,8	14,9 ± 3,2	18,9 ± 1,3
		Оранжерија	74,1 ± 11,2 **	23,7 ± 10,4 **	38,8 ± 21,6
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	17,1 ± 2,6	19,7 ± 1,7	30,1 ± 7,6
		Оранжерија	78,7 ± 10,1 **	29,0 ± 12,3 **	34,2 ± 17,6
	‘SM Tant’	Отворено	24,8 ± 22,5	15,7 ± 3,8	15,0 ± 3,4
		Оранжерија	78,0 ± 8,6 **	21,5 ± 6,7 **	21,7 ± 6,7
	‘Vital Paprika’	Отворено	14,2 ± 3,9	14,1 ± 1,2	23,4 ± 4,4
		Оранжерија	79,6 ± 5,8 **	33,1 ± 14,2 **	34,7 ± 11,6
	‘6210’	Отворено	10,7 ± 1,8	11,2 ± 1,0	22,3 ± 2,0
		Оранжерија	82,3 ± 12,1 **	24,9 ± 3,3 **	24,4 ± 3,3
			Варијанти од тип бабура		
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	10,0 ± 1,8 **	15,8 ± 3,8	26,0 ± 4,9
		Оранжерија	92,8 ± 9,7	53,1 ± 57,1	18,7 ± 5,6
	‘SM Tant’	Отворено	11,3 ± 2,1 **	13,8 ± 2,6	18,3 ± 2,1
		Оранжерија	81,6 ± 15,4	12,3 ± 2,6	21,9 ± 7,9
	‘Vital Paprika’	Отворено	15,2 ± 4,0 **	14,9 ± 4,1	26,2 ± 4,3
		Оранжерија	80,9 ± 4,5	16,0 ± 2,8	17,6 ± 3,3
	‘6210’	Отворено	10,1 ± 1,6 **	12,6 ± 1,6	23,6 ± 3,2
		Оранжерија	77,5 ± 10,6	17,3 ± 7,7	38,3 ± 29,4
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	11,3 ± 1,2 **	17,9 ± 5,6	22,2 ± 10,9
		Оранжерија	78,7 ± 10,1	17,9 ± 5,6	16,1 ± 4,0
	‘SM Tant’	Отворено	11,3 ± 2,1 **	12,3 ± 2,6	30,1 ± 3,5
		Оранжерија	91,7 ± 3,0	13,8 ± 2,6	14,2 ± 3,5
	‘Vital Paprika’	Отворено	10,6 ± 2,3 **	16,6 ± 3,0	13,5 ± 2,7
		Оранжерија	74,1 ± 11,2	16,0 ± 2,8	22,7 ± 1,4
	‘6210’	Отворено	17,3 ± 3,3 **	20,9 ± 4,8	17,9 ± 2,4
		Оранжерија	77,5 ± 10,6	24,9 ± 3,3	16,2 ± 6,2

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * p < 0,05; ** p < 0,001; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

Табела 29 Содржина на фосфор во различни фази на зрелост (% 100 g FW^{-1})

Варијанти		Производни услови	Фаза на зрелост		
			Зелена зрелост	Преодна зрелост	Црвена зрелост
			Варијанти од тип капија		
Ariadni ‘F1	Некалемени	Отворено	600,3 ± 10,2 **	525,3 ± 10,4	890,4 ± 44,9 **
		Оранжерија	128,8 ± 3,1	550,3 ± 19,7	135,7 ± 42,9
	‘SM Tant’	Отворено	534,5 ± 44,8 **	711,5 ± 61,3	651,8 ± 47,7 **
		Оранжерија	206,5 ± 43,7	806,5 ± 51,6	137,1 ± 27,9
	‘Vital Paprika’	Отворено	714,4 ± 25,4 **	521,7 ± 27,2	632,4 ± 75,8 **
		Оранжерија	214,7 ± 4,8	584,4 ± 27,8	145,2 ± 48,9
	‘6210’	Отворено	622,4 ± 33,0 **	574,3 ± 73,5	909,1 ± 93,8 **
		Оранжерија	138,8 ± 21,6	524,3 ± 30,2	137,5 ± 54,1
Kaptur’ F1	Некалемени	Отворено	704,8 ± 29,5 **	760,8 ± 26,1	663,7 ± 99,2 **
		Оранжерија	284,2 ± 48,1	778,4 ± 77,7	137,3 ± 10,5
	‘SM Tant’	Отворено	640,8 ± 72,3 **	716,9 ± 38,2	754,7 ± 147,6 **
		Оранжерија	346,7 ± 95,9	784,4 ± 91,7	144,6 ± 30,1
	‘Vital Paprika’	Отворено	734,1 ± 32,4 **	577,1 ± 36,4	636,5 ± 36,5 **
		Оранжерија	384,7 ± 59,6	639,6 ± 83,5	180,6 ± 41,8
	‘6210’	Отворено	835,9 ± 16,7 **	648,8 ± 126,4	684,0 ± 146,3 **
		Оранжерија	474,4 ± 59,8	623,8 ± 30,2	115,9 ± 34,8
			Варијанти од тип бабура		
Gelby’ F1	Некалемени	Отворено	718,5 ± 95,5 **	682,1 ± 67,4	810,0 ± 39,2 **
		Оранжерија	431,5 ± 74,8	787,1 ± 30,5	109,4 ± 10,6
	‘SM Tant’	Отворено	820,3 ± 27,9 **	598,7 ± 35,7	814,4 ± 51,7 **
		Оранжерија	277,9 ± 90,3	513,6 ± 45,5	126,8 ± 40,0
	‘Vital Paprika’	Отворено	800,6 ± 84,0 **	592,6 ± 57,4	614,4 ± 13,3 **
		Оранжерија	260,8 ± 126,8	702,7 ± 34,9	143,1 ± 42,2
	‘6210’	Отворено	842,0 ± 52,1 **	569,4 ± 36,3	556,6 ± 49,8 **
		Оранжерија	443,3 ± 130,7	611,9 ± 27,2	147,5 ± 34,1
Vedrana, F1	Некалемени	Отворено	822,9 ± 57,7 **	549,4 ± 53,4	715,4 ± 133,3 **
		Оранжерија	334,2 ± 106,4	584,4 ± 27,8	99,1 ± 34,3
	‘SM Tant’	Отворено	717,0 ± 67,4 **	447,6 ± 57,6	613,2 ± 36,2 **
		Оранжерија	391,5 ± 81,5	513,6 ± 45,5	96,6 ± 1,5
	‘Vital Paprika’	Отворено	828,5 ± 44,5 **	546,8 ± 42,0	670,9 ± 48,8 **
		Оранжерија	388,8 ± 51,8	702,7 ± 34,9	91,3 ± 7,1
	‘6210’	Отворено	631,6 ± 23,7 **	596,3 ± 63,1	548,2 ± 38,0 **
		Оранжерија	393,3 ± 114,8	623,8 ± 30,2	99,1 ± 8,4

Средни вредности ± стандардна грешка (n = 4). Симболите означуваат статистички значајни разлики помеѓу фазите; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; ANOVA со повторени мерења; Тукиев *post-hoc* тест за сигнификантни разлики

6. ЗАКЛУЧОК

Крајните заклучоци за влијанието на калемењето врз растот и својствата на четирите хибриди пиперка беа донесени преку тригодишно испитување спроведено во различни производни услови, на отворено и во оранжерија. Нултата хипотеза (H0), која претпоставуваше дека калемењето не влијае значајно врз растот и својствата на растенијата, беше отфлена преку добиените резултати. Истовремено, со прифаќањето на алтернативната хипотеза (H1) се утврди влијанието на калемењето врз специфичните својства на растот, квалитетот и приносот на растенијата

И покрај тоа што беа анализираа различни калемени комбинации, се утврди дека калемењето во голема мера влијаеше конзистентно и позитивно врз динамиката на растот на растенијата. Понагласено отстапување од овој заклучок имаше само за крајната висина на растенијата, а истата варијабилност можеше да се забележи и помеѓу различните фази на раст. Се покажа дека овие варијации во растот не се должат исклучиво на калемењето или на специфичните производни услови. Рамнотежата помеѓу вегетативниот и репродуктивниот раст беше значајно поместена уште на почетокот на формирањето на плодовите и таа промена суштински влијаеше врз натамошната динамика на раст на растенијата.

Во однос на морфолошките особини, конкретно за должината и дијаметарот на плодот, следствено и за индексот на формата на плодот, беше утврдено дека калемените растенија во голема мера ја одржуваат формата која е својствена и сортна плодова карактеристика за некалемените питомки. Неколку отстапувања беа утврдени само кај калемените растенија одгледувани во оранжерија, главно за должината на плодовите.

Се утврди дека калемењето многу слабо влијае врз хемиската содржината на плодот, бидејќи примарниот фактор кој влијаше врз оваа особина беа производните услови. Вредностите за анализираните својства, вклучувајќи ја содржината на вкупни растворливи шеќери, протеини, аскорбинска киселина, нитрати и минералниот состав, беа во рамките на вредностите кои што вообичаено се утврдуваат кај соодветните истражувања за калемење на пиперка.

За приносот и сите анализирани продуктивните својства беше забележан впечатлив контраст под влијание на производните услови, при што вредностите очекувано беа поголеми во оранжерија. Калемењето кај најголемиот дел од варијантите немаше сигнификантен ефект врз продуктивните својства, но влијаеше позитивно така што калемените комбинации имаа поголеми средни вредности за сите продуктивни својства. Сепак, во двата производни услова калемените комбинации на ‘Ariadni’ F1 имаа поголем број на плодови со помала маса отколку некалемениот хибрид, освен ‘Ariadni’ F1/‘SM Tant’ на отворено кај која и масата на плодот беше поголема. Сличен тренд е забележан и за комбинациите на ‘Vedrana’ F1 на отворено, додека во оранжерија калемените варијанти имаа потешки плодови. Овој наод наведува на фактот дека контролираните услови на одгледување, како во оранжериското производство, обезбедуваат оптимални услови за раст на растенијата од пиперка и за развој на потешки плодови. Веројатно тоа се должи на фактот што контролираните услови обезбедуваат помал притисок од болести и подобра обезбеденост со вода и хранливи материи.

Кај најголемиот дел од калемените комбинации најповолно влијание врз продуктивните својства имаше подлогата ‘SM Tant’, по што следеше подлогата ‘Vital

paprika’ особено во комбинација со ’Ariadni’ F1. Ова влијание првенствено се должи на поголемиот број на плодови по растение. Добиените резултати укажуваат на тоа дека подлогата може значајно да влијае врз квантитетот и квалитетот на приносот, и затоа изборот на подлога е значаен фактор во производството на калемени растенија.

Сортите од тип капија кои беа користени во истражувањето се познати по висок принос, но, калемењето не влијаеше врз зголемување на нивниот принос до степен кој се предвидуваше врз основа на сознанијата од литературните податоци. И покрај тоа што калемењето обезбедува одреден степен на заштита од почвени болести, беше утврдено дека зголемениот пазарен принос по растение не се должи само на калемењето, туку е и под значајно влијание на поволните услови што ги овозможува оранжериското одгледување.

Кај сортите од тип бабура, калемењето имаше поизразено и конзистентно позитивно влијание врз пазарниот принос. Овој резултат може да се должи и на сортната особина на овој тип на пиперка да формира поголем број плодови по растение, особина која може да придонесе за позитивниот ефект од калемењето. Пазарниот принос од сите калемени варијанти го надмина приносот од соодветните некалемени сорти иако овие разлики не беа сигнификантни кај сите варијанти. Овие наоди посочуваат на тоа дека подлогата секогаш се избира според барањата на пазарот, на кои се фокусирани комерцијалните производители на пиперка. Таа насоченост може да произлегува од различни фактори, како што се преференците на потрошувачите, пазарните цени и агрономските предности - кои се типични за сортите од типот бабура, како што е и нивната адаптибилност кон различни услови на одгледување и отпорноста на болести. Сепак, тоа што подлогата ‘SM Tant’ влијаеше позитивно врз сите хибриди, освен кај ‘Gelby’ F1 во оранжерија каде другите две подлоги поттикнаа поголем принос, укажува на тоа дека оваа подлога има потенцијал за понатамошно истражување во комбинација со различни хибридни сорти.

Калемењето исто така позитивно влијаеше врз намалувањето на непазарниот принос кај најголемиот дел од варијантите. Конечно, анализата на вкупниот принос од сите растенија потврди дека сите варијанти со подлогата ‘SM Tant’ имаа највисок принос на хектар.

Во целост, ова истражување го нагласува значењето на производните услови и изборот на подлога како фактори кои можат да придонесат целосно да се изрази сортниот потенцијал за принос и квалитет на плодовите, и соодветно да се зголеми профитабилноста во производството на пиперка. Сепак, за постигнување на овие цели, потребно е да се спроведат понатамошни истражувања за најсоодветен избор на специфични подлоги за различни типови и сорти на пиперка.

7. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Abdelaal, K. A., EL-Maghraby, L. M., Elansary, H., Hafez, Y. M., Ibrahim, E. I., El-Banna, M., El-Esawi, M., & Elkelish, A. (2020). Treatment of Sweet Pepper with Stress Tolerance-Inducing Compounds Alleviates Salinity Stress Oxidative Damage by Mediating the Physio-Biochemical Activities and Antioxidant Systems. *Agronomy*, *10*(1), 26. https://doi.org/10.3390/agronomy10010026
2. Abidalrazzaq Musluh Al Rubaye, O., Yetisir, H., Ulas, F., & Ulas, A. (2021). Enhancing Salt Stress Tolerance of Different Pepper (Capsicum annuum L.) Inbred Line Genotypes by Rootstock with Vigorous Root System. *Gesunde Pflanzen*, *73*(3), 375–389. https://doi.org/10.1007/s10343-021-00564-4
3. Abirami, K. (2009). Graft induced genetic changes and its mechanism in bell pepper (capsicum annuum) – a review. *Agricutural reviews*, *30*(4), 283–292.
4. Agency for Envoronmental Protection. (2020). *TË DHËNAT METEOROLOGJIKE , MESATARET MUJORE* (Issue 10000).
5. Agic, R., Popsimonova, G., Ibusoska, A., Bogevska, Z., Davitkovska, M., Ristovska, B., Iljovski, I., & Georgievski, G. (2012). PERSPECTIVES OF THE ORGANIC PRODUCTION IN MACEDONIA. *Acta Horticulturae*, *960*, 263–268. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.960.37
6. Agnello, M. (2018). *“Role of vegetable grafting in the control of abiotic stresses and effects on yield and quality”* [The University of Catania]. http://www.secheresse.info/spip.php?article116085
7. Aidoo, M. K., Sherman, T., Lazarovitch, N., Fait, A., & Rachmilevitch, S. (2019). Physiology and metabolism of grafted bell pepper in response to low root-zone temperature. *Functional Plant Biology*, *46*(4), 339. https://doi.org/10.1071/FP18206
8. Airaki, M., Leterrier, M., Mateos, R. M., Valderrama, R., Chaki, M., Barroso, J. B., del Río, L. A., Palma, J. M., & Corpas, F. J. (2012). Metabolism of reactive oxygen species and reactive nitrogen species in pepper (Capsicum annuum L.) plants under low temperature stress. *Plant, Cell and Environment*, *35*(2), 281–295. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02310.x
9. Al-Chaabi, S., Koutifani, O., Safeih, M., Sedawi, A., & Asmar, J. (2009). Management of Root-Knot Nematodes and Corky Root Disease of Pepper Plants by Grafting Technique onto Resistant Rootstocks under Plastic House. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, *27*, 178–186.
10. Al Rubaye, O. M., Yetisir, H., Ulas, F., & Ulas, A. (2020). Growth of pepper inbred lines as affected by rootstocks with vigorous root system under salt stress conditions. *Acta Horticulturae*, *1273*, 479–485. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1273.60
11. Alan, O., Sen, F., & Duzyaman, E. (2018). The effectiveness of growth cycles on improving fruit quality for grafted watermelon combinations. *Food Science and Technology*, *38*(suppl 1), 270–277. https://doi.org/10.1590/1678-457x.20817

12. Albacete, A., Martinez-Andujar, C., Martinez-Perez, A., Thompson, A. J., Dodd, I. C., & Perez-Alfocea, F. (2015). Unravelling rootstockxscion interactions to improve food security. *Journal of Experimental Botany*, *66*(8), 2211–2226. https://doi.org/10.1093/jxb/erv027
13. Albert, R., Künstler, A., Lantos, F., Ádám, A. L., & Király, L. (2017). Graft-transmissible resistance of cherry pepper (Capsicum annuum var. cerasiforme) to powdery mildew (Leveillula taurica) is associated with elevated superoxide accumulation, NADPH oxidase activity and pathogenesis-related gene expression. *Acta Physiologiae Plantarum*, *39*(2). https://doi.org/10.1007/s11738-017-2353-5
14. Aljutheri, H. W., Alswedi, F., & Al-taey, D. K. (2019). Grafting of Vegetable Crops Improve Diseases Control , Salt and Drought Strees Tolerance and Nutrients , Water Use Efficiency (Article Review) Grafting of vegetable crops improve diseases control , salt and drought Strees tolerance and nutrients , water. *International Journal of Botany Studies*, *June*.
15. Aloni, B., Cohen, R., Karni, L., Aktas, H., & Edelstein, M. (2010). Hormonal signaling in rootstock-scion interactions. *Scientia Horticulturae*, *127*(2), 119–126. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.003
16. Amalfitano, C., Vacchio, L. Del, Somma, S., Cuciniello, A., & Caruso, G. (2017). Effects of cultural cycle and nutrient solution electrical conductivity on plant growth, yield and fruit quality of “Friariello” pepper grown in hydroponics. *Horticultural Science*, *44*(2), 91–98. https://doi.org/10.17221/172/2015-HORTSCI
17. Ayala-Doñas, A., Cara-García, M. de, Talavera-Rubia, M., & Verdejo-Lucas, S. (2020). Management of Soil-Borne Fungi and Root-Knot Nematodes in Cucurbits through Breeding for Resistance and Grafting. *Agronomy*, *10*(11), 1641. https://doi.org/10.3390/agronomy10111641
18. Bajrami, E. (2023). *Prices fluctuation of agricultural products and of basic basket in the last decade*.
19. Barbosa, G. L., Almeida Gadelha, F. D., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., Wohlleb, G. M., & Halden, R. U. (2015). Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. Conventional agricultural methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *12*(6), 6879–6891. https://doi.org/10.3390/ijerph120606879
20. Bayoumi, Y., Shalaby, T., Abdalla, Z., Shedeed, S., Abdelbaset, N., El-Ramady, H., & Prokisch, J. (2022). Grafting of Vegetable Crops in the Era of Nanotechnology: A photographic Mini Review. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, *6*(2022), 133–148. https://doi.org/10.21608/jenvbs.2022.147280.1181
21. Belmonte-Ureña, L. J., Garrido-Cardenas, J. A., & Camacho-Ferre, F. (2020). Analysis of World Research on Grafting in Horticultural Plants. *HortScience*, *55*(1), 112–120. https://doi.org/10.21273/HORTSCI14533-19
22. Bernal Alzate, J., Rueda Puente, E. O., Grimaldo Juárez, O., González Mendoza, D., Cervantes Díaz, L., & García López, A. (2018). Studies of Grafts in vegetables, an

alternative for agricultural production under stress conditions: Physiological responses. *Journal of Plant Science and Phytopathology*, 006–014. https://doi.org/10.29328/journal.jpsp.1001014

23. Bernardo, V. F., Garita, S. A., & González, M. (2022). Physiological and biochemical alterations in Capsicum annuum L . by the false root-knot nematode Nacobbus aberrans . *PREPRINT (Version 1) Available at Research Square [Https://Doi.Org/10.21203/Rs.3.Rs-1674067/V1]*, 1–11.
24. Bhogale, S., Mahajan, A. S., Natarajan, B., Rajabhoj, M., Thulasiram, H. V., & Banerjee, A. K. (2014). MicroRNA156: A potential graft-transmissible microrna that modulates plant architecture and tuberization in Solanum tuberosum ssp. andigena. *Plant Physiology*, *164*(2), 1011–1027. https://doi.org/10.1104/pp.113.230714
25. Bie, Z., Nawaz, M. A., Huang, Y., Lee, J.-M., & Colla, G. (2017). Introduction to Vegetable Grafting. In G. Colla, F. Pérez-Alfocea, & D. Schwarz (Eds.), *Vegetable Grafting: Principles and Practices* (pp. 1–18). CAB International 2017.
26. Birkás, Z., Balázs, G., & Kókai, Z. (2021). Effect of grafting and growing media on the chosen fruit quality compounds and sensory parameters of sweet pepper (Capsicum annuum L.). *Acta Alimentaria*, *50*(1), 1–12. https://doi.org/10.1556/066.2020.00016
27. Bletsos, F. A., & Olympios, C. M. (2008). Rootstocks and Grafting of Tomatoes , Peppers and Eggplants for Soil-borne Disease Resistance , Improved Yield and Quality. In *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* (pp. 62–71). Global Science Books.
28. Bogoescu, M., Doltu, M., Sora, D., & Iordache, B. (2019). Grafting Bell Peppers an Alternative for Growers. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, *76*(1), 19–24. https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort
29. Bruton, B. D., Fish, W. W., Roberts, W., & Popham, T. W. (2009). The Influence of Rootstock Selection on Fruit Quality Attributes of Watermelon. *The Open Food Science Journal*, *3*, 15–34.
30. Camposeco-Montejo, N., Robledo-Torres, V., Ramírez-Godina, F., Mendoza-Villarreal, R., Pérez-Rodríguez, M., & Cabrera-de la Fuente, M. (2018). Response of Bell Pepper to Rootstock and Greenhouse Cultivation in Coconut Fiber or Soil. *Agronomy*, *8*(7), 111. https://doi.org/10.3390/agronomy8070111
31. Çandir, E., Yetişir, H., Karaca, F., & Üstün, D. (2013). Phytochemical characteristics of grafted watermelon on different bottle gourds (Lagenaria siceraria) collected from Mediterranean region of Turkey. *Turkish journal of agriculture and forestry*, *37*(January 2013), 443–456. https://doi.org/10.3906/tar-1207-21
32. Chaimala, A., Jogloy, S., Vorasoot, N., Toomsan, B., Jongrungklang, N., Kesmala, T., Holbrook, C. C., & Kvien, C. K. (2020). Responses of Total Biomass, Shoot Dry Weight, Yield and Yield Components of Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus L.) Varieties under Different Terminal Drought Duration. *Agriculture*, *10*(6), 198. https://doi.org/10.3390/agriculture10060198

33. Chambaud, C., Cookson, S. J., Ollat, N., Bayer, E., & Brocard, L. (2022). A correlative light electron microscopy approach reveals plasmodesmata ultrastructure at the graft interface. *Plant Physiology*, *188*(1), 44–55. https://doi.org/10.1093/plphys/kiab485
34. Chen, Y.-C., Chang, W.-C., Wang, S.-T., & Lin, S.-I. (2019). Development of a Grafting Method and Healing Conditions to Improve Cabbage Head Quality. *HortTechnology*, *29*(1), 57–64. https://doi.org/10.21273/HORTTECH04193-18
35. Chhapekar, S. S., Jaiswal, V., Ahmad, I., Gaur, R., & Ramchiary, N. (2018). Progress and Prospects in Capsicum Breeding for Biotic and Abiotic Stresses. In S. Vats (Ed.), *Biotic and Abiotic Stress Tolerance in Plants* (Issue September 2018, pp. 279–322). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-9029-5_11
36. Chiaiese, P., Corrado, G., Minutolo, M., Barone, A., & Errico, A. (2019). Transcriptional Regulation of Ascorbic Acid During Fruit Ripening in Pepper (Capsicum annuum) Varieties with Low and High Antioxidants Content. *Plants*, *8*(7), 206. https://doi.org/10.3390/plants8070206
37. Cohen, R., Dombrovsky, A., & Louws, F. J. (2017). Grafting as agrotechnology for reducing disease damage. In G. Colla, F. Pérez-Alfocea, & D. Schwarz (Eds.), *Vegetable grafting: principles and practices* (Issue August 2019, pp. 155–170). CABI. https://doi.org/10.1079/9781780648972.0155
38. Colla, G., Rouphael, Y., Cardarelli, M., Temperini, O., Rea, E., Salerno, A., & Pierandrei, F. (2008). Influence of grafting on yield and fruit quality of pepper (Capsicum annuum L.) grown under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae*, *782*(782), 359–364. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.782.45
39. Colla, G., Rouphael, Y., Jawad, R., Kumar, P., Rea, E., & Cardarelli, M. (2013). The effectiveness of grafting to improve NaCl and CaCl2 tolerance in cucumber. *Scientia Horticulturae*, *164*, 380–391. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.023
40. Current status and issues of vegetable grafting. (2011). *National Agricultural Research Organization. Research Institute of Vegetable and Tea*, *147*, *147*.
41. Dabirian, S., Inglis, D., & Miles, C. A. (2017). Grafting Watermelon and Using Plastic Mulch to Control Verticillium Wilt Caused by Verticillium dahliae in Washington. *HortScience*, *52*(3), 349–356. https://doi.org/10.21273/HORTSCI11403-16
42. Dash, R., Jena, C., Pramanik, K., & Priyadarshani, P. (2021). Vegetable grafting : A noble way to enhance production and quality. *The Pharma Innovation Journal*, *10*(8), 1580–1584.
43. Davis, A. R., & Perkins-Veazie, P. (2006). Rootstock Effects on Plant Vigor and Watermelon Fruit Quality. *Cucurbit Genetics Cooperative Report*, *28–29*, 39–42. https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=195718
44. Davis, A. R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S. R., & Zhang, X. (2008). Grafting effects on vegetable quality. *HortScience*, *43*(6), 1670–1672. https://doi.org/10.21273/hortsci.43.6.1670
45. Del Amor, F. M., López-Marín, J., & González, A. (2008). Effect of photoselective sheet and grafting technique on growth, yield, and mineral composition of sweet pepper

plants. *Journal of Plant Nutrition*, *31*(6), 1108–1120. https://doi.org/10.1080/01904160802115557

46. Devi, J., Sagar, V., Kaswan, V., Ranjan, J. K., Kumar, R., Mishra, G. P., Dubey, R. K., & Verma, R. K. (2021). Advances in Breeding Strategies of Bell Pepper (Capsicum annuum L. var. grossum Sendt.). In *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops* (pp. 3–58). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66961-4_1
47. Di Vito, M., Saccado, F., & Zacchec, G. (1991). Response of lines of capsicum spp. To italian populations of four species of meloidogyne. *Nematol. Medit.*, *19*(Istituto di Nematologia Agraria, C.N.R.), 43–46.
48. Di Vito, M., Zaccheo, G., Catalano, F., & Oreste, G. (1995). Effect of temperature on stability of resistance to root-knot nematodes (Meloidogyne spp.). *EUCARPIA: IXth Meeting on Genetics and Breeding on Capsicum and Eggplant*, 230–232.
49. Díaz-Pérez, J. C. (2014). Bell Pepper (Capsicum annum L.) Crop as Affected by Shade Level: Fruit Yield, Quality, and Postharvest Attributes, and Incidence of Phytophthora Blight (caused by Phytophthora capsici Leon.). *HortScience*, *49*(7), 891–900. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.7.891
50. Ding, X., He, L., Li, R., Qian, T., Zhang, H., Jin, H., Cui, J., Wang, H., Zhou, Q., Zou, J., Hui, D., Jiang, Y., He, K., & Yu, J. (2022). Zero Discharge of Nutrient Solution to the Environment in a Soilless Greenhouse Cucumber Production System. *Plants*, *11*(17), 2252. https://doi.org/10.3390/plants11172252
51. Djidonou, D., Leskovar, D. I., Joshi, M., Jifon, J., Avila, C. A., Masabni, J., Wallace, R. W., & Crosby, K. (2020). Stability of yield and its components in grafted tomato tested across multiple environments in Texas. *Scientific Reports*, *10*(1), 13535. https://doi.org/10.1038/s41598-020-70548-3
52. Djidonou, D., Zhao, X., Simonne, E. H., Koch, K. E., & Erickson, J. E. (2013). Yield, Water-, and Nitrogen-use Efficiency in Field-grown, Grafted Tomatoes. *HortScience*, *48*(4), 485–492. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.4.485
53. Doltu, M., & Tănasă, V. (2022). "The influence of some Capsicum rootstocks on bell pepper crops ". *Romanian Journal of Horticulture*, *3*(3), 113–118. https://doi.org/10.51258/rjh.2022.13
54. Doñas-Uclés, F., Del Mar Jiménez-Luna, M., Góngora-Corral, J. A., Pérez-Madrid, D., Verde-Fernández, D., & Camacho-Ferre, F. (2014). Influência de três porta-enxertos na produção comercial e qualidade da pimenta “italiano doce.” *Ciencia e Agrotecnologia*, *38*(6), 538–545. https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000600002
55. Doñas-Uclés, F., Jiménez-Luna, M. M., Góngora-Corral, J. A., Pérez-Madrid, D., Verde-Fernández, D., & Camacho-Ferre, F. (2014). Influence of three commercial quality of “Italian sweet” pepper -Influência de três porta-enxertos na produção comercial e qualidade da pimenta “ italiano doce .” *Ciência e Agrotecnologia*, *38*(6), 538–545.
56. Doñas-Uclés, F., Pérez-Madrid, D., Amate-Llobregat, C., Rodrígez-García, E. M.,

Camacho-Ferre, F., Rodríguez-García, E. M., & Camacho-Ferre, F. (2015). Production of pepper cultivar palermo grafted onto serrano de Morelos 2, Jalapeño, and three commercial rootstocks. *HortScience*, *50*(7), 1018–1022. https://doi.org/10.21273/hortsci.50.7.1018

57. Donovan, M., Ruiz-menjivar, J., Coolong, T., & Swisher, M. E. (2023). A Scientometric Review of the Effect of Using High Tunnels on Crop Vigor and Quality. *Preprints 2023, April*. https://doi.org/10.20944/preprints202304.0126.v1
58. Duan, X., Bi, H. G., Li, T., Wu, G. X., Li, Q. M., & Ai, X. Z. (2017). Root characteristics of grafted peppers and their resistance to Fusarium solani. *Biologia Plantarum*, *61*(3), 579–586. https://doi.org/10.1007/s10535-016-0677-4
59. Duan, X., Liu, F., Bi, H., & Ai, X. (2022). Grafting Enhances Bacterial Wilt Resistance in Peppers. *Agriculture*, *12*(5), 583. https://doi.org/10.3390/agriculture12050583
60. 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.). *Tropical Agriculture*, *94*(2), 122–131.
61. Eltayb, M. T. A., Abdel Magid, T. D., Mohammed, M. R., & Ibrahim, A. A. (2013). Morphological Changes on Sions due to Grafting Eggplant Lycoperison Lycopericum (L) and Pepper Capsicum annuum (L) onto Tomato (Sola num Melongena L) as (Rootstock). *Journal of forest products & industries*, *2*(5), 30–35.
62. Ergun, V., & Aktas, H. (2018). Effect of grafting on yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L .) GROWN UNDER OPEN FIELD CONDITIONS. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, *LXII*, 463–466.
63. Fallik, E., & Ziv, C. (2020). How rootstock/scion combinations affect watermelon fruit quality after harvest? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(8), 3275–3282. https://doi.org/10.1002/jsfa.10325
64. Fan, X., Cao, X., Zhou, H., Hao, L., Dong, W., He, C., Xu, M., Wu, H., Wang, L., Chang, Z., & Zheng, Y. (2020). Carbon dioxide fertilization effect on plant growth under soil water stress associates with changes in stomatal traits, leaf photosynthesis, and foliar nitrogen of bell pepper (Capsicum annuum L.). *Environmental and Experimental Botany*, *179*, 104203. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104203
65. FAO. (2014). *The State of Food and Agriculture*.
66. Fernández, J. A., Ayastuy, M. E., Belladonna, D. P., Comezaña, M. M., Contreras, J., de Maria Mourão, I., Orden, L., & Rodríguez, R. A. (2022). Current Trends in Organic Vegetable Crop Production: Practices and Techniques. *Horticulturae*, *8*(10), 23. https://doi.org/10.3390/horticulturae8100893
67. Fisk, T. S. (2017). Quality Changes in Grafted Pepper (Capsicum annumm L.) Scion Fruit. In *Master Thesis*. The Ohio State University, USA.
68. Flores-Velazquez, J., Mendoza-Perez, C., Rubiños-Panta, J. E., & Ruelas-Islas, J. del R. (2022). Quality and Yield of Bell Pepper Cultivated with Two and Three Stems in a Modern Agriculture System. *Horticulturae*, *8*(12). https://doi.org/10.3390/horticulturae8121187

69. Flores, F. B., Sanchez-Bel, P., Estañ, M. T., Martinez-Rodriguez, M. M., Moyano, E., Morales, B., Campos, J. F., Garcia-Abellán, J. O., Egea, M. I., Fernández-Garcia, N., Romojaro, F., & Bolarín, M. C. (2010). The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*, *125*(3), 211–217. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.026
70. Frangu, B., Popp, J., Thomsen, M., & Musliu, A. (2018). Evaluating Greenhouse Tomato and Pepper Input Efficiency Use in Kosovo. *Sustainability*, *10*(8), 2768. https://doi.org/10.3390/su10082768
71. Fredes, A., Roselló, S., Beltrán, J., Cebolla-Cornejo, J., Pérez-de-Castro, A., Gisbert, C., & Picó, M. B. (2017). Fruit quality assessment of watermelons grafted onto citron melon rootstock. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(5), 1646–1655. https://doi.org/10.1002/jsfa.7915
72. Gaion, L. A., Braz, L. T., & Carvalho, R. F. (2017). Grafting in Vegetable Crops : A Great Technique for Agriculture Grafting in Vegetable Crops : A Great Technique for Agriculture. *International Journal of Vegetable Science*, *00*(00), 1–18. https://doi.org/10.1080/19315260.2017.1357062
73. Galatti, F. de S., Franco, A. J., Ito, L. A., Charlo, H. de O., Gaion, L. A., & Braz, L. T. (2013). Rootstocks resistant to Meloidogyne incognita and compatibility of grafting in net melon. *Revista Ceres*, *60*(3), 432–436. https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300018
74. Gálvez, A., Albacete, A., Martínez-Andújar, C., Del Amor, F. M., & López-Marín, J. (2021). Contrasting rootstock-mediated growth and yield responses in salinized pepper plants (Capsicum annuum l.) are associated with changes in the hormonal balance. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(7), 1–21. https://doi.org/10.3390/ijms22073297
75. Garcia-Bañuelos, M. L., Sanchez, E., Gardea-Béjar, A. A., Muñoz-Marquez, E., Soto-Parra, J. M., & Ojeda-Barrios, D. L. (2017). Nitrogen use efficiency and yield in response graft bell pepper cultivars. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, *June 2020*, 420. https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-09-1182
76. García-Gaytán, V., Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., Baca-Castillo, G. A., & García-Morales, S. (2017). The Chilhuacle Chili (Capsicum annuum L.) in Mexico: Description of the Variety, Its Cultivation, and Uses. *International Journal of Agronomy*, *2017*, 1–13. https://doi.org/10.1155/2017/5641680
77. Garcia-Lozano, M., Dutta, S. K., Natarajan, P., Tomason, Y. R., Lopez, C., Katam, R., Levi, A., Nimmakayala, P., & Reddy, U. K. (2020). Transcriptome changes in reciprocal grafts involving watermelon and bottle gourd reveal molecular mechanisms involved in increase of the fruit size, rind toughness and soluble solids. *Plant Molecular Biology*, *102*(1–2), 213–223. https://doi.org/10.1007/s11103-019-00942-7
78. García-Rodríguez, M. R., Chiquito-Almanza, E., Loeza-Lara, P. D., Godoy-Hernández, H., Pineda, E. V., Pons-Hernández, J. L., González-Chavira, M. M., & Anaya-López, J. L. (2010). Producción de chile ancho injertado sobre criollo de morelos 334 para el

control de Phytophthora capsici. *Agrociencia*, *44*(6), 701–709.

79. Gilardi, G., Baudino, M., Moizio, M., Pugliese, M., Garibaldi, A., & Gullino, M. L. (2013). Integrated management of Phytophthora capsici on bell pepper by combining grafting and compost treatment. *Crop Protection*, *53*, 13–19. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.06.008
80. Gilardi, G., Pugliese, M., Colla, P., Gullino, M. L., & Garibaldi, A. (2014). Management of phytophthora capsici on bell pepper and Colletotrichum coccodes on tomato by using grafting and organic amendments. *Acta Horticulturae*, *1044*, 257–262. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1044.31
81. Gisbert-Mullor, R., Ceccanti, C., Padilla, Y. G., López-Galarza, S., Calatayud, Á., Conte, G., & Guidi, L. (2020). Effect of grafting on the production, physico-chemical characteristics and nutritional quality of fruit from pepper landraces. *Antioxidants*, *9*(6), 1–24. https://doi.org/10.3390/antiox9060501
82. Gisbert-Mullor, R., Martín-García, R., Bažon Zidarić, I., Pascual-Seva, N., Pascual, B., Padilla, Y. G., Calatayud, Á., & López-Galarza, S. (2023). A Water Stress–Tolerant Pepper Rootstock Improves the Behavior of Pepper Plants under Deficit Irrigation through Root Biomass Distribution and Physiological Adaptation. *Horticulturae*, *9*(3), 362. https://doi.org/10.3390/horticulturae9030362
83. Gisbert-Mullor, R., Padilla, Y. G., Calatayud, Á., & López-Galarza, S. (2023). Rootstock-mediated physiological and fruit set responses in pepper under heat stress. *Scientia Horticulturae*, *309*(October 2022), 111699. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111699
84. Gisbert-Mullor, R., Padilla, Y. G., Martínez-Cuenca, M.-R., López-Galarza, S., & Calatayud, Á. (2021). Suitable rootstocks can alleviate the effects of heat stress on pepper plants. *Scientia Horticulturae*, *290*, 110529. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110529
85. Gisbert-Mullor, R., Pascual-Seva, N., Martínez-Gimeno, M. A., López-Serrano, L., Marín, E. B., Pérez-Pérez, J. G., Bonet, L., Padilla, Y. G., Calatayud, Á., Pascual, B., & López-Galarza, S. (2020). Grafting onto an appropriate rootstock reduces the impact on yield and quality of controlled deficit irrigated pepper crops. *Agronomy*, *10*(10). https://doi.org/10.3390/agronomy10101529
86. Gisbert, C., Sánchez-Torres, P. and Nuez, F. (2008). Development of hybrids for pepper grafting: evaluation of Phytophthora capsici resistance. In J. et al. (eds) Prohens (Ed.), *Modern Variety Breeding for Present and Future needs. Proceedings of the 18thEUCARPIA General Congress, Valencia, Spain* (pp. 378–383). UPV editions.
87. Gisbert, C., Prohens, J., & Nuez, F. (2011). Performance of eggplant grafted onto cultivated , wild , and hybrid materials of eggplant and tomato. *International Journal of Plant Production*, *015*(October 2011), 367–379.
88. Gisbert, C., Prohens, J., Raigón, M. D., Stommel, J. R., & Nuez, F. (2011). Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: Effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition. *Scientia Horticulturae*,

128(1), 14–22. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.12.007

89. Gisbert, C., Sánchez-Torres, P., Raigón, M. D., & Nuez, F. (2010). Phytophthora capsici resistance evaluation in pepper hybrids: Agronomic performance and fruit quality of pepper grafted plants. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *8*(1), 116–121.
90. Gisbert, C., Trujillo-Moya, C., Sánchez-Torres, P., Sifres, A., Sánchez-Castro, E., & Nuez, F. (2013). Resistance of pepper germplasm to Meloidogyne incognita. *Annals of Applied Biology*, *162*(1), 110–118. https://doi.org/10.1111/aab.12006
91. Goldschmidt, E. E. (2014). Plant grafting: New mechanisms, evolutionary implications. *Frontiers in Plant Science*, *5*(DEC), 1–9. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00727
92. González-Gordo, S., Rodríguez-Ruiz, M., Paradela, A., Ramos-Fernández, A., Corpas, F. J., & Palma, J. M. (2022). Mitochondrial protein expression during sweet pepper (Capsicum annuum L.) fruit ripening: iTRAQ-based proteomic analysis and role of cytochrome c oxidase. *Journal of Plant Physiology*, *274*, 153734. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2022.153734
93. Grieneisen, M. L., Aegerter, B. J., Scott Stoddard, C., & Zhang, M. (2018). Yield and fruit quality of grafted tomatoes, and their potential for soil fumigant use reduction. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, *38*(3), 29. https://doi.org/10.1007/s13593-018-0507-5
94. Guan, W., Zhao, X., Dickson, D. W., Mendes, M. L., & Thies, J. (2014). Root-knot Nematode Resistance , Yield , and Fruit Quality of Specialty Melons Grafted onto Cucumis metulifer. *HORTSCIENCE*, *49*(8), 1046–1051.
95. Guan, W., Zhao, X., & Huber, D. J. (2015). Grafting with an Interspecific Hybrid Squash Rootstock Accelerated Fruit Development and Impaired Fruit Quality of Galia Melon. *HORTSCIENCE*, *50*(12), 1833–1836.
96. 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), 1–9. https://doi.org/10.3390/horticulturae8050455
97. Gurusamy, V., Bett, K. E., & Vandenberg, A. (2010). Grafting as a tool in common bean breeding. *CANADIAN JOURNAL OF PLANT SCIENCE*, *8*(December 2009), 299–304.
98. Gurusamy, V., Warkentin, T. D., & Vandenberg, A. (2012). Grafting pea, faba bean, and lentil to improve pulse crop breeding. *Canadian Journal of Plant Science*, *92*(1), 31–38. https://doi.org/10.4141/cjps2011-124
99. Gutiérrez-Benites, E. . (2018). *Effects of grafting tropical rootstocks on yield and fruit quality in tomato (Solanum lycopersicum L.)*. Univ. of Wisconsin-Madison.
100. Gvozdenović, Đ. (2010). *Paprika*. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
101. Hamdi, M. M., Boughalleb, N., Ouhaibi, N., Tarchoun, N., Souli, M., & Belbahri, L. (2010). Evaluation of grafting techniques and a new rootstock for resistance of pepper (Capsicum annuum L .) towards Phytophthora nicotianae Evaluation of grafting techniques and a new rootstock for resistance of pepper (Capsicum annuum L

.) towards Phytophthor. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, *Vol.8*((1)), 135–139.

102. Hirata, Y., Ogata, S., Kurita, S., Nozawa, G. T., Zhou, J., & Wu, S. (2003). Molecular mechanism of graft transformation in Capsicum annuum. *Acta Horticulturae*, *625*(Table 1), 125–130. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.625.12
103. Homma, M., Watabe, T., & Ahn, D. H. (2022). Dry Matter Production and Fruit Sink Strength Affect Fruit Set Ratio of Greenhouse Sweet Pepper. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *147*(5), 270–280. https://doi.org/10.21273/JASHS05228-22
104. Huitrón-Ramírez, M. V., Ricárdez-Salinas, M., & Camacho-Ferre, F. (2009). Influence of Grafted Watermelon Plant Density on Yield and Quality in Soil Infested with Melon Necrotic Spot Virus. *HortScience*, *44*(7), 1838–1841. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.7.1838
105. Imandi, S., & Bahadur, V. (2023). Impact of Biotic and Abiotic Stresses and their Management Prospects on Vegetative Growth, Fruit Yield and Quality of Grafted Solanaceous Vegetables for Hi-valued Horticultural Production. *International Journal of Plant & Soil Science*, *35*(4), 31–41. https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i42795
106. Islam, A. K. M. A., Islam, A. K. M. M., Era, F. M., & Hamim, I. (2021). Vegetable grafting : a century-old technique to improve organic production. *HORTIC. POSTHARVEST RES*, *4*(3), 303–322. https://doi.org/10.22077/jhpr.2021.3804.1176
107. Ives, L., Brathwite, R., Barclay, G., Isaac, W. A., O'Connor, C. B., & Bekele, I. (2012). Graft Compatibility of Scotch Bonnet (Capsicum chinense Jacq) with Selected Salt-Tolerant Solanaceous. *Journal of Agricultural Science and Technology B 2*, *January*, 81–92.
108. Jadczak, D., Grzeszczuk, M., & Kosecka, D. (2010). Quality characteristics and content of mineral compounds in fruit of some cultivars of sweet pepper (capsicum annuum L.). *Journal of Elementology*, *15*(3), 509–515. https://doi.org/10.5601/jelem.2010.15.3.509-515
109. Jain, S., Subhasmita, S., Saini, S., Maurya, P., & Jayachandran, A. (2022). Rootstock-Scion Physiological and Molecular Aspects in Plants : A Review of Interactions between Biotic and Abiotic Stress in Horticultural Crops. *Biological Forum – An International Journal*, *14*(3), 1409–1413.
110. Jaiswal, V., Gahlaut, V., Kumar, N., & Ramchiary, N. (2021). Genetics, Genomics and Breeding of Chili Pepper Capsicum frutescens L. and Other Capsicum Species. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops* (pp. 59–86). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66961-4_2
111. Jang, Y., Yang, E., Cho, M., Um, Y., Ko, K., & Chun, C. (2012). Effect of grafting on growth and incidence of phytophthora blight and bacterial wilt of pepper (Capsicum annuum L.). *Horticulture Environment and Biotechnology*, *53*(1), 9–19. https://doi.org/10.1007/s13580-012-0074-7
112. Jayasurya, P., Chatterjee, S., Biswas, A., Viswanath, M., & Roy, A. (2021). Low

cost protected structures for off-season vegetable production : A review Low cost protected structures for off-season vegetable production : A review. *The Pharma Innovation Journal*, *10*((7)), 778–783.

113. Jeynes-Cupper, K., & Catoni, M. (2023). Long distance signalling and epigenetic changes in crop grafting. *Frontiers in Plant Science*, *14*(March), 1–11. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121704
114. Johkan, M., Mitukuri, K., Yamasaki, S., Mori, G., & Oda, M. (2009). Causes of defoliation and low survival rate of grafted sweet pepper plants. *Scientia Horticulturae*, *119*(2), 103–107. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.07.015
115. Johkan, M., Oda, M., & Mori, G. (2008). Ascorbic acid promotes graft-take in sweet pepper plants (Capsicum annuum L.). *Scientia Horticulturae*, *116*(4), 343–347. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.02.004
116. Kaçiu, S., Babaj, I., Sallaku, G., & Balliu, A. (2011). The influence of vermicompost on plant growth characteristics and stand establishment rate of pepper (Capsicum annuum L.) seedlings under saline condition. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, *Vol.9*(1), 488–490.
117. Kaiser, C., & Ernst, M. (2017). High Tunnel Tomatoes. *Center for Crop Diversification Crop Profile*, 4.
118. Klee, H. J., & Tieman, D. M. (2013). Genetic challenges of flavor improvement in tomato. *Trends in Genetics*, *29*(4), 257–262. https://doi.org/10.1016/j.tig.2012.12.003
119. Koevoets, I. T., Venema, J. H., Elzenga, J. T. M., & Testerink, C. (2016). Roots Withstanding their Environment: Exploiting Root System Architecture Responses to Abiotic Stress to Improve Crop Tolerance. *Frontiers in Plant Science*, *07*(August), 1–19. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01335
120. Koren, A., Klein, E., Dielem, A., Janse, J., Rouphael, Y., Colla, G., & Mourão, I. (2017). Practical Applications and Speciality Crops. In F. P.-A. and D. S. G. Colla (Ed.), *Vegetable Grafting: Principles and Practices* (pp. 245–269). CAB International 2017.
121. *Kosovo Agriculture in Numbers*. (2021).
122. Kubota, C. (2016). How to produce Grafted Vegetables. In *Grafting Manual* (pp. 1–5). USDA.
123. Kubota, C., McClure, M. A., Kokalis-Burelle, N., Bausher, M. G., & Rosskopf, E. N. (2008). Vegetable grafting: History, use, and current technology status in North America. *HortScience*, *43*(6), 1664–1669. https://doi.org/10.21273/hortsci.43.6.1664
124. Kumar B., A., & Sanket, K. (2017). Grafting of vegetable crops as a tool to improve yield and tolerance against diseases-A review. *International Journal of Agriculture Sciences*, *9*(13), 4050–4056. http://www.bioinfopublication.org/jouarchive.php?opt=&jouid=BPJ0000217
125. Kumar, P., Rouphael, Y., Cardarelli, M., & Colla, G. (2017). Vegetable Grafting as a Tool to Improve Drought Resistance and Water Use Efficiency. *Frontiers in Plant*

Science, *8*(June). https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01130

126. Kumar, S., Bharti, N., & Saravaiya, S. N. (2018). Vegetable Grafting: A Surgical Approach to combat biotic and abiotic stresses- A review. *Agricultural Reviews*, *38*(01), 1–11. https://doi.org/10.18805/ag.R-1711
127. Kyriacou, M. C., Colla, G., & Rouphael, Y. (2020). Grafting as a Sustainable Means for Securing Yield Stability and Quality in Vegetable Crops. *Agronomy*, *10*(12), 1945. https://doi.org/10.3390/agronomy10121945
128. Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., Colla, G., Zrenner, R., & Schwarz, D. (2017). Vegetable grafting: The implications of a growing agronomic imperative for vegetable fruit quality and nutritive value. *Frontiers in Plant Science*, *8*(May), 1–23. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00741
129. Kyriacou, M. C., & Soteriou, G. (2015). Quality and postharvest performance of watermelon fruit in response to grafting on interspecific cucurbit rootstocks. *Journal of Food Quality*, *38*(1), 21–29. https://doi.org/10.1111/jfq.12124
130. Kyriacou, M. C., Soteriou, G. A., Rouphael, Y., Siomos, A. S., & Gerasopoulos, D. (2016). Configuration of watermelon fruit quality in response to rootstock-mediated harvest maturity and postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *96*(7), 2400–2409. https://doi.org/10.1002/jsfa.7356
131. Lamont, W. J. (2009). Overview of the Use of High Tunnels Worldwide. *HortTechnology*, *19*(1), 25–29.
132. Leal-Fernández, C., Godoy-Hernández, H., Núñez-Colín, C. A., Anaya-López, J. L., Villalobos-Reyes, S., & Castellanos, J. Z. (2013). Morphological response and fruit yield of sweet pepper (Capsicum annuum L.) grafted onto different commercial rootstocks. *Biological Agriculture and Horticulture*, *29*(1), 1–11. https://doi.org/10.1080/01448765.2012.746063
133. Lebeau, A., Daunay, M. C., Frary, A., Palloix, A., Wang, J. F., Dintinger, J., Chiroleu, F., Wicker, E., & Prior, P. (2011). Bacterial wilt resistance in tomato, pepper, and eggplant: Genetic resources respond to diverse strains in the Ralstonia solanacearum species complex. *Phytopathology*, *101*(1), 154–165. https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-10-0048
134. Lee, J.-M. (1994). Cultivation of Grafted Vegetables I. Current Status, Grafting Methods, and Benefits. *HORTSCIENCE*, *29*(4), 235–239.
135. Lee, J.-M., & Oda, M. (2010). Grafting of Herbaceous Vegetable and Ornamental Crops. In *Horticultural Reviews* (pp. 61–124). John Wiley & Sons, Inc. https://doi.org/10.1002/9780470650851.ch2
136. Lee, J. M., Kubota, C., Tsao, S. J., Bie, Z., Echevarria, P. H., Morra, L., & Oda, M. (2010). Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, *127*(2), 93–105. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.003
137. Leonardi, C., Kyriacou, M. C., Gisbert, C., Oztekin, G., Mourão, I., & RouphaeL, Y. (2017). Quality of Grafted Vegetables. In G. Colla, F. Pérez-Alfocea, &

D. Schwarz (Eds.), *Vegetable Grafting: Principles and Practices* (pp. 216–244). CAB International 2017.

138. Li, L., Li, X., Chong, C., Wang, C. H., & Wang, X. (2020). A decision support framework for the design and operation of sustainable urban farming systems. *Journal of Cleaner Production*, *268*, 121928. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121928
139. LI, S. Y., WANG, W. B., YAO, X. D., WANG, C. L., CAO, Y. Q., ZHANG, L. J., ZHANG, H. J., XIE, F. T., & SONG, S. H. (2019). Photosynthesis in reciprocal grafts of drought-tolerant and drought-sensitive cultivars of soybean under water stress. *Photosynthetica*, *57*(4), 942–949. https://doi.org/10.32615/ps.2019.109
140. Liu, B., Ren, J., Zhang, Y., An, J., Chen, M., Chen, H., Xu, C., & Ren, H. (2015). A new grafted rootstock against root-knot nematode for cucumber, melon, and watermelon. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*(1), 251–259. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0234-5
141. Liu, H., Fu, Y., Yu, J., & Liu, H. (2016). Accumulation and Primary Metabolism of Nitrate in Lettuce (Lactuca Sativa L. Var. Youmaicai) Grown Under Three Different Light Sources. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *47*(17), 1994–2002. https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1225076
142. Liu, N., Yang, J., Guo, S., Xu, Y., & Zhang, M. (2013). Genome-Wide Identification and Comparative Analysis of Conserved and Novel MicroRNAs in Grafted Watermelon by High-Throughput Sequencing. *PLoS ONE*, *8*(2), e57359. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057359
143. Liu, Q., Zhao, X., Brecht, J. K., Sims, C. A., Sanchez, T., & Dufault, N. S. (2017). Fruit quality of seedless watermelon grafted onto squash rootstocks under different production systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(14), 4704–4711. https://doi.org/10.1002/jsfa.8338
144. Loewen, D. (2018). Tomato and Pepper Grafting for High Tunnel Production: Effects on Yield, Compatibility, and Plant Morphology. *Kansas State University*, 128. http://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/39078/DavidLoewen2018.pdf?sequence=3&isAllowed=y
145. Long, H., Li, Z., Suo, H., Ou, L., Miao, W., & Deng, W. (2023). Study on the Mechanism of Grafting to Improve the Tolerance of Pepper to Low Temperature. *Agronomy*, *13*(5), 1347. https://doi.org/10.3390/agronomy13051347
146. López-Marín, J., Gálvez, A., del Amor, F. M., Albacete, A., Fernández, J. A., Egea-Gilabert, C., & Pérez-Alfocea, F. (2017). Selecting vegetative/generative/dwarfing rootstocks for improving fruit yield and quality in water stressed sweet peppers. *Scientia Horticulturae*, *214*, 9–17. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.012
147. López-Marín, J., Gálvez, A., del Amor, F. M., & Brotons, J. M. (2021). The Financial Valuation Risk in Pepper Production: The Use of Decoupled Net Present Value. *Mathematics*, *9*(1), 13. https://doi.org/10.3390/math9010013

148. López-Marín, J., Gálvez, A., González, A., & Fernández, J. A. (2009). Agronomic behaviour of grafted sweet pepper grown in a greenhouse in mediterranean area. *Acta Horticulturae*, *807*, 655–660. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.807.98

149. López-Marín, J., González, A., Pérez-Alfocea, F., Egea-Gilabert, C., & Fernández, J. A. (2013). Grafting is an efficient alternative to shading screens to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper. *Scientia Horticulturae*, *149*, 39–46. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.02.034

150. López-Marín, J., Vidal, M. F., Gálvez, A., & González, A. (2012). Effect of shading and grafting technique on growth and fruit production of sweet pepper plants. *Acta Horticulturae*, *952*(November 2015), 125–130. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.14

151. López-Serrano, L., Calatayud, Á., Cardarelli, M., Colla, G., & Rouphael, Y. (2022). Improving Bell Pepper Crop Performance and Fruit Quality under Suboptimal Calcium Conditions by Grafting onto Tolerant Rootstocks. *Agronomy*, *12*(7). https://doi.org/10.3390/agronomy12071644

152. López-Serrano, L., Canet-Sanchis, G., Selak, G. V., Penella, C., Bautista, A. S., López-Galarza, S., & Calatayud, Á. (2019). Pepper rootstock and scion physiological responses under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, *10*(January), 1–13. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00038

153. López-Serrano, L., Canet-Sanchis, G., Selak, G. V., Penella, C., San Bautista, A., López-Galarza, S., & Calatayud, Á. (2020). Physiological characterization of a pepper hybrid rootstock designed to cope with salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, *148*(January), 207–219. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.016

154. López-Serrano, L., Penella, C., San-Bautista, A., López-Galarza, S., & Calatayud, A. (2017). Physiological changes of pepper accessions in response to salinity and water stress. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *15*(3), e0804. https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-11147

155. López, P. M. L. (2017). *Cultivares de Chile serrano susceptibles a Phytophthora capsici injertados sobre CM-334*. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.

156. Loupit, G., Brocard, L., Ollat, N., & Cookson, S. J. (2023). Grafting in plants: recent discoveries and new applications. *Journal of Experimental Botany*, *74*(8), 2433–2447. https://doi.org/10.1093/jxb/erad061

157. Mahbou, S. T. G., Ntsomboh-Ntsefong, G., Aminatou, M. F., Lessa, F. T., Onana, G. E., & Youmbi, E. (2022). Effect of Grafting on Growth and Shelf Life of Tomatoes (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Grafted on Two Local <i>Solanum</i> Species. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, *13*(09), 401–418. https://doi.org/10.4236/abb.2022.139026

158. Mahmoud, A. M. A. (2014). Grafting as a Tool to Improve TYLCV-Tolerance

in Tomato. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, *6*(3), 109–115. https://doi.org/10.5829/idosi.jhsop.2014.6.3.1144

159. Majhi, P. K., Bhoi, T. K., Sahoo, K. C., Mishra, N., Tudu, S., Das, S., Ray, M., Singh, S., Samal, I., Behera, P. P., & Saini, V. (2023a). Understanding the Genetics and Genomics of Vegetable Grafting to Ensure Yield Stability. In *Smart Plant Breeding for Vegetable Crops in Post-genomics Era* (pp. 69–98). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5367-5_4
160. Majhi, P. K., Bhoi, T. K., Sahoo, K. C., Mishra, N., Tudu, S., Das, S., Ray, M., Singh, S., Samal, I., Behera, P. P., & Saini, V. (2023b). Understanding the Genetics and Genomics of Vegetable Grafting to Ensure Yield Stability. In *Smart Plant Breeding for Vegetable Crops in Post-genomics Era* (Issue February, pp. 69–98). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5367-5_4
161. Maršić, N. K., Štolfa, P., Vodnik, D., Košmelj, K., Mikulič-Petkovšek, M., Kump, B., Vidrih, R., Kokalj, D., Piskernik, S., Ferjančič, B., Dragutinović, M., Veberič, R., Hudina, M., & Šircelj, H. (2021). Physiological and biochemical responses of ungrafted and grafted bell pepper plants (Capsicum annuum l. var. grossum (l.) sendtn.) grown under moderate salt stress. *Plants*, *10*(2), 1–19. https://doi.org/10.3390/plants10020314
162. Martínez, S., Curros, A., Bermúdez, J., Carballo, J., & Franco, I. (2007). The composition of Arnoia peppers (Capsicum annuum L.) at different stages of maturity. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *58*(2), 150–161. https://doi.org/10.1080/09637480601154095
163. Mauro, R. P., Pérez-Alfocea, F., Cookson, S. J., Ollat, N., & Vitale, A. (2022). Editorial: Physiological and Molecular Aspects of Plant Rootstock-Scion Interactions. *Frontiers in Plant Science*, *13*(February), 1–5. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.852518
164. Maurya, D., Pandey, A. K., Kumar, V., & Dubey, S. (2019). Grafting techniques in vegetable crops : A review. *International Journal of Chemical Studies*, *7*((2)), 1664-1672 P-ISSN:
165. Melnyk, C. W., & Meyerowitz, E. M. (2015). Plant grafting. *Current Biology*, *25*(5), R183–R188. https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.01.029
166. Mendieta-Vázquez, A. G., Guevara-Lar, F., Fernández-Pavía, S. P., Torres-González, J. A., Fuantos-Mendoza, J. M., Sosa-Ramírez, J., & De Jesús Luna-Ruiz, J. (2023). Survival of Intervarietal Grafts of Sweet and Serrano Peppers (Capsicum annuum L.) on Pasilla 18M as a New Rootstock Against Phytophthora capsici Leo. *HortScience*, *58*(6), 591–599. https://doi.org/10.21273/HORTSCI17084-23
167. Michel, V., Verbeek, F., & Pugliese, M. (2015). Success and failures of grafting against soil-borne pathogens. In *eip-agri focus group soil-borne diseases, mini paper - grafting Use*.
168. Miles, C., Hesnault, L., Johnson, S., Krelder, P., & Dabirian, S. (2016). Vegetable Grafting : Watermelon. *Washington State University Extension*, 1–9.

169. Miller, C. H., McCollum, R. E., & Claimon, S. (2022). Relationships between Growth of Bell Peppers (Capsicum annuum L.) and Nutrient Accumulation during Ontogeny in Field Environments1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *104*(6), 852–857. https://doi.org/10.21273/jashs.104.6.852

170. Moncada, A., Miceli, A., Vetrano, F., Mineo, V., Planeta, D., & D'Anna, F. (2013). Effect of grafting on yield and quality of eggplant (Solanum melongena L.). *Scientia Horticulturae*, *149*, 108–114. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.015

171. Moreno-Reséndez, A., Parcero-Solano, R., Reyes-Carrillo, J. L., Salas-Pérez, L., Moncayo-Luján, M. del R., Ramírez-Aragón, M. G., & Rodríguez-Dimas, N. (2016). Organic Manures Improved the Phenolic Content, Antioxidant Capacity and Soluble Solids in Pepper. *Food and Nutrition Sciences*, *07*(14), 1401–1413. https://doi.org/10.4236/fns.2016.714127

172. Morra, L., & Bilotto, M. (2006). Evaluation of new rootstocks for resistance to soil-borne pathogens and productive behaviour of pepper (Capsicum annuum L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *81*(3), 518–524. https://doi.org/10.1080/14620316.2006.11512097

173. Mundhe, P. M., Sanap, P. B., Parulekar, Y. R., Kadam, J. J., & More, S. S. (2023). Effect of different potting media on Vigour of seedlings for grafting in Brinjal (Solanum melongena L .). *The Pharma Innovation Journal*, *12*(2), 2126–2130.

174. Nagaz, K., Masmouti, M. M., & Mechlia, N. Ben. (2012). Effects of deficit drip-irrigation scheduling regimes with saline water on pepper yield , water productivity and soil salinity under arid conditions of Tunisia. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, *106*(2), 85–103. https://doi.org/https://doi.org/10.12895/jaeid.20122.60

175. Nawaz, M. A. (2017). Perspectives of Vegetable Grafting in Pakistan: Current Status, Challenges and Opportunities. *International Journal of Agriculture and Biology*, *19*(05), 1165–1174. https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0404

176. Nawaz, M. A., Imtiaz, M., Kong, Q., Cheng, F., Ahmed, W., Huang, Y., & Bie, Z. (2016). Grafting: A technique to modify ion accumulation in horticultural crops. *Frontiers in Plant Science*, *7*(OCTOBER2016), 1–15. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01457

177. Neilsen, G., & Kappel, F. (1996). `Bing' Sweet Cherry Leaf Nutrition is Affected by Rootstock. *HortScience*, *31*(7), 1169–1172. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.7.1169

178. Nemati, Z., & Banihashemi, Z. (2015). Reaction of different Cucurbita species to Phytophthora capsici , P . melonis and P . drechsleri under greenhouse conditions. *J. Crop Prot., 4 (Supplem*(January), 705–709.

179. Niklis, N. D., Siomos, A. ., & Sfakiotakis, M. (2002). Ascorbic Acid, Soluble Solids and Dry Matter Content in Sweet Pepper Fruit: Change During Ripening. *Journal of Vegetable Crop Production*, *8*(1), 45–51. https://doi.org/https://doi.org/10.1300/J068v08n01_06

180. Niu, M., Wei, L., Peng, Y., Huang, Y., & Bie, Z. (2022). Mechanisms of increasing salt resistance of vegetables by grafting. *Vegetable Research*, *2*(1), 1–9. https://doi.org/10.48130/VR-2022-0008

181. Nordey, T., Schwarz, D., Kenyon, L., Manickam, R., & Huat, J. (2020). Tapping the potential of grafting to improve the performance of vegetable cropping systems in sub-Saharan Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *40*(4), 23. https://doi.org/10.1007/s13593-020-00628-1

182. Oka, Y., Offenbach, R., & Pivonia, S. (2004). Pepper Rootstock Graft Compatibility and Response to Meloidogyne. *Journal of Nematology*, *36*(2), 137–141.

183. Okamoto, S., Kawasaki, A., Makino, Y., Ishida, T., & Sawa, S. (2022). Long-distance translocation of CLAVATA3/ESR-related 2 peptide and its positive effect on roots sucrose status. *Plant Physiology*, *189*(4), 2357–2367. https://doi.org/10.1093/plphys/kiac227

184. Olatunji, T. L., & Afolayan, A. J. (2018). The suitability of chili pepper (Capsicum annuum L.) for alleviating human micronutrient dietary deficiencies: A review. *Food Science & Nutrition*, *6*(8), 2239–2251. https://doi.org/10.1002/fsn3.790

185. Orosco-Alcalá, B. E., Núñez-Palenius, H. G., Díaz-Serrano, F., Pérez-Moreno, L., Valencia-Posadas, M., Trejo-Tellez, L. I., Cruz-Huerta, N., & Valiente-Banuet, J. I. (2021). Grafting improves salinity tolerance of bell pepper plants during greenhouse production. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *62*(6), 831–844. https://doi.org/10.1007/s13580-021-00362-x

186. Padilla, Y. G., Gisbert-Mullor, R., Bueso, E., Zhang, L., Forment, J., Lucini, L., López-Galarza, S., & Calatayud, Á. (2023). New insights into short-term water stress tolerance through transcriptomic and metabolomic analyses on pepper roots. *Plant Science*, *333*(February), 111731. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111731

187. Padilla, Y. G., Gisbert-Mullor, R., López-Galarza, S., Albacete, A., Martínez-Melgarejo, P. A., & Calatayud, Á. (2023). Short-term water stress responses of grafted pepper plants are associated with changes in the hormonal balance. *Frontiers in Plant Science*, *14*(April), 1–13. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1170021

188. Padilla, Y. G., Gisbert-Mullor, R., López-Serrano, L., López-Galarza, S., & Calatayud, Á. (2021). Grafting Enhances Pepper Water Stress Tolerance by Improving Photosynthesis and Antioxidant Defense Systems. *Antioxidants*, *10*(4), 576. https://doi.org/10.3390/antiox10040576

189. Palada, M. C., & Wu, D. L. (2008). Evaluation of chili rootstocks for grafted sweet pepper production during the hot-wet and hot-dry seasons in Taiwan. *Acta Horticulturae*, *767*, 151–158. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.767.14

190. Pandozy, G., Trinchera, A., Rinaldi, S., Rea, E., Saccardo, F., & Crinò, P. (2016). Grafting of artichoke for the sustainable management of verticillium wilt. *Acta Horticulturae*, *1147*, 265–270. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1147.37

191. Paradiso, V. M., Castellino, M., Renna, M., Gattullo, C. E., Calasso, M., Terzano, R., Allegretta, I., Leoni, B., Caponio, F., & Santamaria, P. (2018). Nutritional

characterization and shelf-life of packaged microgreens. *Food and Function*, *9*(11), 5629–5640. https://doi.org/10.1039/c8fo01182f

192. Parisi, M., Alioto, D., & Tripodi, P. (2020). Overview of Biotic Stresses in Pepper (Capsicum spp.): Sources of Genetic Resistance, Molecular Breeding and Genomics. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(7), 2587. https://doi.org/10.3390/ijms21072587
193. Penella, C., & Calatayud, A. (2018). Pepper Crop under Climate Change: Grafting as an Environmental Friendly Strategy. *Climate Resilient Agriculture - Strategies and Perspectives, March*. https://doi.org/10.5772/intechopen.72361
194. Penella, C., Landi, M., Guidi, L., Nebauer, S. G., Pellegrini, E., Bautista, A. S., Remorini, D., Nali, C., López-Galarza, S., & Calatayud, A. (2016). Salt-tolerant rootstock increases yield of pepper under salinity through maintenance of photosynthetic performance and sinks strength. *Journal of Plant Physiology*, *193*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.02.007
195. Penella, C., Nebauer, S. G., Bautista, A. S., López-Galarza, S., & Calatayud, Á. (2014). Rootstock alleviates PEG-induced water stress in grafted pepper seedlings: Physiological responses. *Journal of Plant Physiology*, *171*(10), 842–851. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.01.013
196. Penella, C., Nebauer, S. G. G., López-Galarza, S., San Bautista, A., Rodríguez-Burruezo, A., & Calatayud, A. (2014). Evaluation of some pepper genotypes as rootstocks in water stress conditions. *Horticultural Science*, *41*(4), 192–200. https://doi.org/10.17221/163/2013-HORTSCI
197. Penella, C., Nebauer, S. G., López-Galarza, S., Quiñones, A., San Bautista, A., & Calatayud, Á. (2017). Grafting pepper onto tolerant rootstocks: An environmental-friendly technique overcome water and salt stress. *Scientia Horticulturae*, *226*(July), 33–41. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.020
198. Penella, C., Nebauer, S. G., Lopéz-Galarza, S., Sanbautista, A., & Gorbe, E. (2013). Evaluation for salt stress tolerance of pepper genotypes to be used as rootstocks Evaluation for salt stress tolerance of pepper genotypes to be used as rootstocks. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, *11*((3&4)), 1101–1107.
199. Penella, C., Nebauer, S. G., Quiñones, A., San Bautista, A., López-Galarza, S., & Calatayud, A. (2015). Some rootstocks improve pepper tolerance to mild salinity through ionic regulation. *Plant Science*, *230*, 12–22. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.10.007
200. 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). https://doi.org/10.1038/s41438-019-0132-8
201. Pérez-Alfocea, F. (2021). Grafting to address grand challenges. *Acta Horticulturae*, *1302*, 9–20. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1302.2

202. Pico, M. B., Thompson, A. J., Gisbert, C., Yetişir, H., Bebeli, P. J., Yetesir, H., & Bebeli, P. J. (2017). Genetic resources for rootstock breeding. *Vegetable Grafting: Principles and Practices*, 22–69. https://doi.org/10.1079/9781780648972.0022

203. Pinar, H., Kaplan, M., Karaman, K., & Ciftci, B. (2023). Assessment of interspecies (Capsicum annuum X Capsicum frutescens) recombinant inbreed lines (RIL) for fruit nutritional traits. *Journal of Food Composition and Analysis*, *115*, 104848. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104848

204. Pradeepkumara, N., Subhasmita, S., Kowsalya, K., Jain, S., Hongal, D., Meher, S. S., Kiran, B., & Narayana, S. G. (2022). Grafting technique : a novel advancement in vegetable breeding Grafting technique a novel advancement in vegetable breeding. *The Pharma Innovation Journal*, *SP-11*((10)), 469-480 ISSN.

205. Rana, S., Kumar, P., Sharma, P., Singh, A., & Upadhyay, S. K. (2015). *Evaluation of different rootstocks for bacterial wilt tolerance in bell pepper [Capsicum annuum (L .) var . grossum (Sendt .)] under protected conditions*. *41*(1), 100–103.

206. Ranjan, J. K., Kumar, R., Karmakar, P., & Pragya. (2015). Grafting techniques in vegetables. In *Improved Production Technologies in Vegetable Crops Grafting* (Issue January 2015, pp. 205–210).

207. Reitz, N. F., Shackel, K. A., & Mitcham, E. J. (2021). Scientia Horticulturae Differential effects of excess calcium applied to whole plants vs . excised fruit tissue on blossom-end rot in tomato. *Scientia Horticulturae*, *290*(May), 110514. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110514

208. Reyes-Tena, A., Rodríguez-Alvarado, G., de Jesús Luna-Ruíz, J., Arreola-Romero, V., Arriaga-Solorio, K. L., Gómez-Dorantes, N., & Fernández-Pavía, S. P. (2021). Tolerance to virulence phenotypes of phytophthora capsici in pasilla pepper cultivars. *HortScience*, *56*(10), 1239–1243. https://doi.org/10.21273/HORTSCI15998-21

209. Ristevska, B. (2012). *Grafting - A Perspective Method for Vegetable Seedling Production*. Univesity “Ss. Cyril and Methodius” - Skopje.

210. 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. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.006

211. Rizani, S., Babaj, I., Lluga-Rizani, K., & Durmishi, B. (2021). the Impact of Grafted Seedlings on the Yield and Fruit Quality of Pepper Somborka Cultivar (Capsicum Annuum L.) Under Common Open Field Conditions. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, *41*, 305–308.

212. Rodriquez, M. M., & Bosland, P. W. (2010, August). Grafting Capsicum to Tomato Rootstocks. *The Journal of Young Investigators*, *20*(2), 1–6.

213. Ropokis, A., Ntatsi, G., Kittas, C., Katsoulas, N., & Savvas, D. (2018). Impact of cultivar and grafting on nutrient and water uptake by sweet pepper (capsicum annuum l.) grown hydroponically under mediterranean climatic conditions. *Frontiers in Plant*

Science, *9*(August), 1–12. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01244

214. Ropokis, A., Ntatsi, G., Kittas, C., Katsoulas, N., & Savvas, D. (2019). Effects of temperature and grafting on yield, nutrient uptake, and water use efficiency of a hydroponic sweet pepper crop. *Agronomy*, *9*(2), 1–15. https://doi.org/10.3390/agronomy9020110
215. Ros-Ibáñez, C., Robertson, L., Martinez-Lluch, M. del C., Cano-García, A., & Lacasa-Plasencia, A. (2014). Development of virulence to Meloidogyne incognita on resistant pepper rootstocks. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *12*(1), 225. https://doi.org/10.5424/sjar/2014121-4340
216. Ros, C., Lacasa, C. M., Martínez, V., Bielza, P., & Lacasa, A. (2014). Response of Pepper Rootstocks to Co-Infection of Meloidogyne incognita and Phytophthora spp . *Europ.J.Hort.Sci*, *79*(1), 22–28.
217. Ros, C., Martínez, V., Sánchez-Solana, F., López-Marín, J., Lacasa, C. M., Guerrero, M. del M., & Lacasa, A. (2018). Combination of biosolarization and grafting to control Meloidogyne incognita in greenhouse pepper crops. *Crop Protection*, *113*(June), 33–39. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.07.007
218. Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., & Colla, G. (2018). Vegetable Grafting: A Toolbox for Securing Yield Stability under Multiple Stress Conditions. *Frontiers in Plant Science*, *8*(January), 10–13. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02255
219. Rouphael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., & Colla, G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, *127*(2), 172–179. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.001
220. Rubio, C., Hardisson, A., Martín, R. E., Báez, A., Martín, M. M., & Álvarez, R. (2002). Mineral composition of the red and green pepper (Capsicum annuum) from Tenerife Island. *European Food Research and Technology*, *214*(6), 501–504. https://doi.org/10.1007/s00217-002-0534-x
221. Saadoun, M., & Allagui, M. B. (2013). Management of chili pepper root rot and wilt (caused by Phytophthora nicotianae) by grafting onto resistant rootstock. *Phytopathologia Mediterranea*, *52*(1), 141–147.
222. Sabatino, L., Iapichino, G., Maggio, A., Anna, E. D., Bruno, M., & Anna, F. D. (2016). Grafting affects yield and phenolic profile of Solanum melongena L . landraces. *Journal of Integrative Agriculture*, *15*(5), 1017–1024. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61323-5
223. Sakata, Y., Ohara, T., & Sugiyama, M. (2008). THE HISTORY OF MELON AND CUCUMBER GRAFTING IN JAPAN. *Acta Horticulturae*, *767*, 217–228. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.767.22
224. San Bautista, A., Calatayud, A., Nebauer, S. G., Pascual, B., Maroto, J. V., & López-Galarza, S. (2011). Effects of simple and double grafting melon plants on mineral absorption, photosynthesis, biomass and yield. *Scientia Horticulturae*, *130*(3), 575–580. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.08.009
225. Sánchez-Torres, P., Raigón, M. D., Gammoudi, N., & Gisbert, C. (2016). Effects

of grafting combinations on the nutritional composition of pepper fruit. *Fruits*, *71*(4), 249–256. https://doi.org/10.1051/fruits/2016014

226. Santamaria, P. (2006). Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *86*(1), 10–17. https://doi.org/10.1002/jsfa.2351
227. Saporta, R., & Gisbert, C. (2013). Growth and fruit production in pepper grafted on C. annuum, C. baccatum and C. pubescens genotypes. *Breakthroughs in the Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant; Proceedings of the XV EUCARPIA Meeting*, 641–644.
228. Sarafi, E., Siomos, A., Tsouvaltzis, P., & Chatzissavvidis, C. (2017). Boron toxicity effects on grafted and non-grafted pepper (Capsicum annuum) plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *17*(2), 441–460.
229. Schultheis, J., Thompson, W., & Hassell, R. (2015). Specialty melon yield and quality response to grafting in trials conducted in the southeastern United States. *Acta Horticulturae*, *1086*, 269–278. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1086.34
230. Serret, M. D., Yousfi, S., Vicente, R., Piñero, M. C., Otálora-Alcón, G., del Amor, F. M., & Araus, J. L. (2018). Interactive Effects of CO2 Concentration and Water Regime on Stable Isotope Signatures, Nitrogen Assimilation and Growth in Sweet Pepper. *Frontiers in Plant Science*, *8*(January), 1–18. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02180
231. Shahid, S. A., Zaman, M., & Heng, L. (2018). Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem. In *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques* (Issue January, pp. 43–53). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3
232. Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, *17*(4), 364. https://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5
233. Shu, C., Yang, R., Yin, L., Ai, X., Wang, S., & Zhao, W. (2016). Selection of rootstocks for better morphological characters and resistance to low-temperature stress in the sweet pepper cultivar ‘Hongxing No. 2.’ *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *57*(4), 348–354. https://doi.org/10.1007/s13580-016-0065-1
234. Sigüenza, C., Schochow, M., Turini, T., & Ploeg, A. (2005). Use of Cucumis metuliferus as a Rootstock for Melon to Manage Meloidogyne incognita. *Journal of Nematology*, *37*(3), 276–280. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19262873
235. Singh, H., Sethi, S., Kaushik, P., & Fulford, A. (2020). Grafting vegetables for mitigating environmental stresses under climate change: a review. *Journal of Water and Climate Change*, *11*(4), 1784–1797. https://doi.org/10.2166/wcc.2019.177
236. Sinha, A., & Swapnil. (2018). International Conference on Food Security and Sustainable Agriculture Vegetable grafting for abiotic stress tolerance. *Journal of*

Pharmacognosy and Phytochemistry, *307*(SP4), 304–307.

237. Soltan, M., ElAidy, F., Scheerens, J., & Kleinhenz, M. (2017). Grafting, Scion and Rootstock Effects on Survival Rate, Vegetative Growth and Fruit Yield of High Tunnel-grown Grafted Pepper (Capsicum annuum L.) Plants. *Advances in Crop Science and Technology*, *05*(05), 12. https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000312
238. Soteriou, G. A., & Kyriacou, M. C. (2015). Rootstock-Mediated Effects on Watermelon Field Performance and Fruit Quality Characteristics. *International Journal of Vegetable Science*, *21*(4), 344–362. https://doi.org/10.1080/19315260.2014.881454
239. Spanò, R., Ferrara, M., Gallitelli, D., & Mascia, T. (2020). The Role of Grafting in the Resistance of Tomato to Viruses. *Plants*, *9*(8), 1042. https://doi.org/10.3390/plants9081042
240. Springer, N. M., & Schmitz, R. J. (2017). Exploiting induced and natural epigenetic variation for crop improvement. *Nature Reviews Genetics*, *18*(9), 563–575. https://doi.org/10.1038/nrg.2017.45
241. Štolfa, P. (2022). *Fiziološki in biokemični odziv ras tlin in plodov cepljenih sadik paprike (Capsicum annuum L . var . grossum) na slanostni stres fiziološki in biokemični odziv rastlin i n plodov cepljenih sadik paprike (Capsicum annuum L . var . grossum) na slanostni*. University of Ljublana, Slovinia.
242. Suansia, A., & Samal, K. C. (2021). Vegetable grafting : A sustainable and eco-friendly strategy for soil-borne pest and disease management. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *10*(1), 1634–1642.
243. Suzuki, M., Sasaya, S., & Kobayashi, K. (1998). Present status of vegetable grafting systems. *Japan Agricultural Research Quarterly*, *32*(2), 105–112.
244. Tai, S. F., Huang, H. Y., Lin, C. H., Tseng, M. J., & Chang, W. N. (2004). No Title. *Kaohsiung District Agricultural Research And Extension Station, Research Bulletin*, *15*((2)), 13–24.
245. Taller, J., Hirata, Y., Yagishita, N., Kita, M., & Ogata, S. (1998). Graft-induced genetic changes and the inheritance of several characteristics in pepper (Capsicum annuum L.). *Theoretical and Applied Genetics*, *97*(5–6), 705–713. https://doi.org/10.1007/s001220050946
246. Taller, J., Yagishita, N., & Hirata, Y. (1999). Graft-induced variants as a source of novel characteristics in the breeding of pepper (Capsicum annuum L.). *Euphytica*, *108*(2), 73–78. https://doi.org/10.1023/A:1003681913996
247. Tandzi Ngoune, L., & Mutengwa Shelton, C. (2020). Factors Affecting Yield of Crops. *Agronomy - Climate Change and Food Security*, 1–16. https://doi.org/10.5772/intechopen.90672
248. Temperini, O., Calabrese, N., Temperini, A., Rouphael, Y., Tesi, R., Lenzi, A., Carito, A., & Colla, G. (2013). Grafting artichoke onto cardoon rootstocks: Graft compatibility, yield and Verticillium wilt incidence. *Scientia Horticulturae*, *149*, 22–27. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.014
249. Thies, J. A. (2021). Grafting for managing vegetable crop pests. *Pest*

Management Science, *77*(11), 4825–4835. https://doi.org/10.1002/ps.6512

250. Thomas, H., Van den Broeck, L., Spurney, R., Sozzani, R., & Frank, M. (2022). Gene regulatory networks for compatible versus incompatible grafts identify a role for SlWOX4 during junction formation. *The Plant Cell*, *34*(1), 535–556. https://doi.org/10.1093/plcell/koab246
251. TRANDEL, M. A. (2020). *Cell Wall Polysaccharides in Grafted and Non-Grafted 'Liberty' Watermelon with Hollow Heart* [North Carolina State University]. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0176161713002770
252. Trinchera, A., Pandozy, G., Rinaldi, S., Crinò, P., Temperini, O., & Rea, E. (2013). Graft union formation in artichoke grafting onto wild and cultivated cardoon: An anatomical study. *Journal of Plant Physiology*, *170*(18), 1569–1578. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.06.018
253. Tsaballa, A., Athanasiadis, C., Pasentsis, K., Ganopoulos, I., Nianiou-Obeidat, I., & Tsaftaris, A. (2013). Molecular studies of inheritable grafting induced changes in pepper (Capsicum annuum) fruit shape. *Scientia Horticulturae*, *149*, 2–8. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.018
254. Tsaballa, A., Pasentsis, K., Darzentas, N., & Tsaftaris, A. S. (2011). Multiple evidence for the role of an Ovate -like gene in determining fruit shape in pepper. *BMC Plant Biology*, *11*(46), 16. https://doi.org/http://www.biomedcentral.com/1471-2229/11/46 RESEARCH
255. Tsaballa, A., Xanthopoulou, A., Madesis, P., Tsaftaris, A., & Nianiou-Obeidat, I. (2021). Vegetable Grafting From a Molecular Point of View: The Involvement of Epigenetics in Rootstock-Scion Interactions. *Frontiers in Plant Science*, *11*(January). https://doi.org/10.3389/fpls.2020.621999
256. Ulas, F., Fricke, A., & Stützel, H. (2018). Effect of grafting on yield and quality of tomato-Final. *Horticulture*, *17*(2), 39–45.
257. Ulas, F., Yetisir, H., & Ulas, A. (2020). Effects of grafting on fruit yield and leaf nutrient contents of pepper (Capsicum annuum L.) inbred lines. *Genetika*, *52*(3), 1041–1053. https://doi.org/10.2298/GENSR2003041U
258. United Nations. (2015). *United Nations Sustainable Development Goals.*
259. Uresti-Porras, J. G., Cabrera-De-La Fuente, M., Benavides-Mendoza, A., Olivares-Sáenz, E., Cabrera, R. I., & Juárez-Maldonado, A. (2021). Effect of graft and nano zno on nutraceutical and mineral content in bell pepper. *Plants*, *10*(12), 1–18. https://doi.org/10.3390/plants10122793
260. Uresti-Porras, J. G., Fuente, M. C. D. La, Benavides-Mendoza, A., Sandoval-Rangel, A., Zermeño-Gonzalez, A., Cabrera, R. I., & Ortega-Ortíz, H. (2021). Foliar application of zinc oxide nanoparticles and grafting improves the bell pepper (Capsicum annuum L.) productivity grown in NFT system. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *49*(2), 1–15. https://doi.org/10.15835/nbha49212327
261. Vega-Alfaro. (2020). *Fruit yield, maturity and survival rate of interspecific Capsicum graft combinations evaluated in tropical and temperate environments*. Univ.

of Wisconsin-Madison.

262. Vega-Alfaro, A., Bethke, P. C., & Nienhuis, J. (2021). Effects of interspecific grafting between capsicum species on scion fruit quality characteristics. *HortScience*, *56*(11), 1347–1353. https://doi.org/10.21273/HORTSCI15948-21
263. Vega-Alfaro, A., Ramırez-Vargas, C., Chavez, G., Lacayo, F., Bethke, P. C., & Nienhuis, J. (2021). Flowering Time and Productivity of Interspecific Grafts Between Pepper Species in Contrasting High Tunnel-sheltered and Openfield Production Environments in Costa Rica. *HortTechnology*, *31*(6), 828–837. https://doi.org/10.21273/HORTTECH04904-21
264. Velazquez-Gonzalez, R. S., Garcia-Garcia, A. L., Ventura-Zapata, E., Barceinas-Sanchez, J. D. O., & Sosa-Savedra, J. C. (2022). A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium- and Small-Scale Operations. *Agriculture*, *12*(5), 646. https://doi.org/10.3390/agriculture12050646
265. Ventura, J. A., Lima, I. D. M., Martins, M. V. V., Culik, M. P., & Costa, H. (2019). Impact and management of diseases in the propagation of fruit plants. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *41*(4), 1–13. https://doi.org/10.1590/0100-29452019647
266. Villa-Rivera, M. G., & Ochoa-Alejo, N. (2023). Ascorbic Acid in Chili Pepper Fruits: Biosynthesis, Accumulation, and Factors Affecting its Content. *Journal of the Mexican Chemical Society*, *67*(3), 187–199. https://doi.org/10.29356/jmcs.v67i3.2003
267. Vougeleka, V., Savvas, D., Ntatsi, G., Ellinas, G., Zacharis, A., Iannetta, P. P. M., Mylona, P., & Saitanis, C. J. (2023). Impact of the rootstock genotype on the performance of grafted common bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, *311*, 111821. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111821
268. Wang, H., Ai, X., Zheng, N., Jiang, F., & Li, Q. (2010). Effects of graft on lipid peroxidation and antioxidative enzyme activities of Capsicum annum seedlings under low temperature and weak light intensity. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao = The Journal of Applied Ecology*, *21*(5), 1289–1294. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20707115
269. Wang, J., Jiang, L., & Wu, R. (2017). Plant grafting: how genetic exchange promotes vascular reconnection. *New Phytologist*, *214*(1), 56–65. https://doi.org/10.1111/nph.14383
270. Wu, D. L. (2009). Sweet pepper grafting technology successfully adopted by farmers in Central Taiwan. In L. Lin & G. Luther (Eds.), *Feedback from the Field*. AVRDC – The World Vegetable Center.
271. Wu, D. L., Palada, M. C., & Luther, G. C. (2012). On-farm evaluation of pepper grafting technology for managing soil-borne diseases of sweet peppers during hot-wet season in highland tropics. *Acta Horticulturae*, *936*, 119–124. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.936.13
272. Wu, R., Wang, X., Lin, Y., Ma, Y., Liu, G., Yu, X., Zhong, S., & Liu, B. (2013). Inter-Species Grafting Caused Extensive and Heritable Alterations of DNA Methylation in Solanaceae Plants. *PLoS ONE*, *8*(4), e61995.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061995

273. Xu, J., Zhang, N., Wang, K., Xian, Q., Dong, J., & Chen, X. (2022). Exploring new strategies in diseases resistance of horticultural crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *6*. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1021350
274. Xu, Z., Jiang, Y., Jia, B., & Zhou, G. (2016). Elevated-CO2 response of stomata and its dependence on environmental factors. *Frontiers in Plant Science*, *7*(MAY2016), 1–15. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00657
275. Yagishita, N. (1961a). Studies on graft hybrids of Capsicum annuum L. I. Variation in fruit shape caused by grafting and the effects in the first and second progenies. *Bot. Mag. Tokyo*, *74*(March 1961), 122–130.
276. Yagishita, N. (1961b). Studies on graft hybrids of Capsicum annuum L. II. Variation in fruit shape caused by grafting and the effects in the progenies. *Bot. Mag. Tokyo*, *74*(December), 480–489.
277. Yagishita, N., & Hirata, Y. (1986). Genetic nature of bushy plant type in the variant strain induced by grafting in Capsicum annuum. *Euphytica*, *35*, 17–23.
278. Yagishita, N., & Hirata, Y. (1987). Graft-Induced Change in Capsaicin Content of Capsicum annuum L. *Euphytica*, *36*, 809–814.
279. Yagishita, N., Hirata, Y., Mizukami, H., Ohashi, H., & Yamashita, K. (1990). Genetic nature of low capsaicin content in the variant strains induced by grafting in Capsicum annuum L. *Euphytica*, *46*(3), 249–252. https://doi.org/10.1007/BF00027224
280. Yagishita, N., Hirata, Y., Okochi, K., Mimura, K., Mizukami, H., & Ohashi, H. (1985). Characterization of graft-induced change in capsaicin content of Capsicum annuum L. *Euphytica*, *34*(2), 297–301. https://doi.org/10.1007/BF00022922
281. Yamazaki, A., & Hosokawa, M. (2019). Increased percentage of fruit set of F1 hybrid of Capsicum chinense during high-temperature period. *Scientia Horticulturae*, *243*(July 2018), 421–427. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.049
282. Yan, G., Feng, M., Lin, W., Huang, Y., Tong, R., & Cheng, Y. (2022). Review and Prospect for Vegetable Grafting Robot and Relevant Key Technologies. *Agriculture*, *12*(10), 1578. https://doi.org/10.3390/agriculture12101578
283. Yang, L., Xia, L., Zeng, Y., Han, Q., & Zhang, S. (2022). Grafting enhances plants drought resistance: Current understanding, mechanisms, and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*, *13*(October), 1–17. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1015317
284. Yasuor, H., & Wien, H. C. (2020). Peppers. In *The physiology of vegetable crops* (pp. 179–208). CABI. https://doi.org/10.1079/9781786393777.0179
285. Yetişir, H., Sari, N., & Yücel, S. (2003). Rootstock resistance to Fusarium wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica*, *31*(2), 163–169. https://doi.org/10.1007/BF02980786
286. Yuan, H., Sun, L., Tai, P., Liu, W., Li, X., & Hao, L. (2019). Effects of grafting on root-to-shoot cadmium translocation in plants of eggplant (Solanum melongena) and tomato (Solanum lycopersicum). *Science of the Total Environment*, *652*, 989–995.

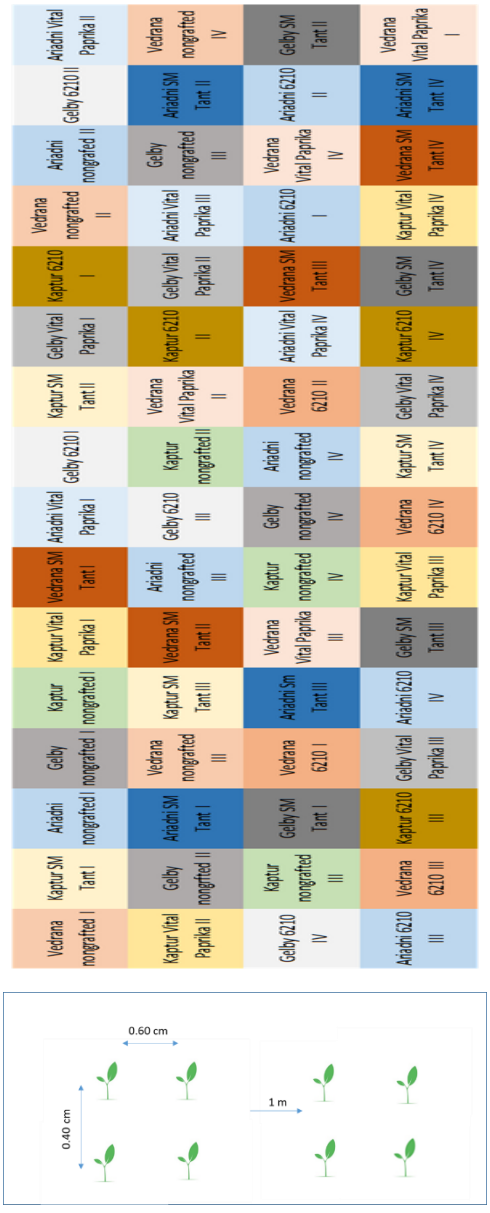
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.129

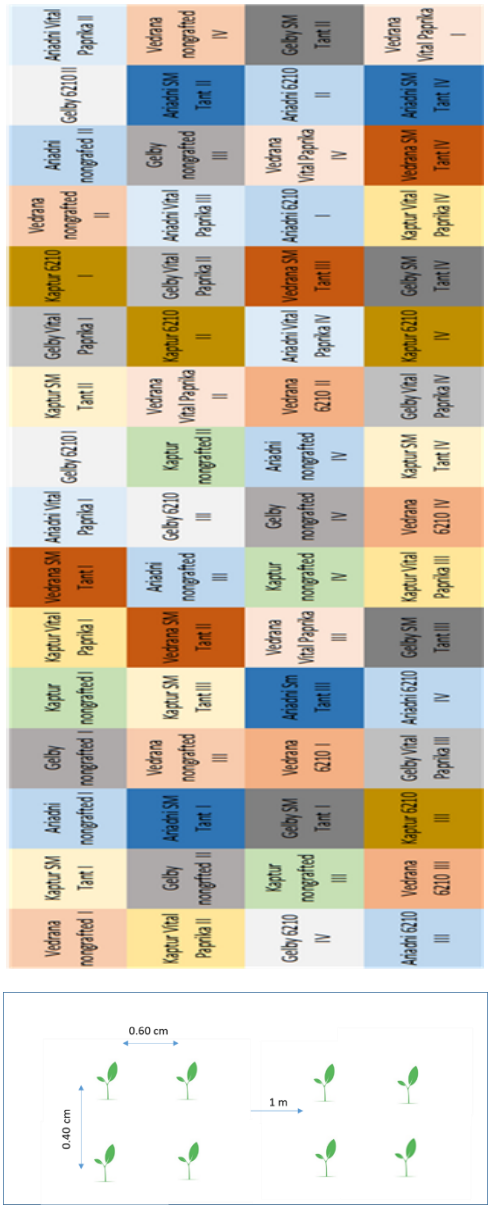
287. Yuan, H., Tai, P., Gustave, W., Xue, F., & Sun, L. (2021). Grafting as a mitigation strategy to reduce root-to-shoot cadmium translocation in plants of Solanaceae family. *Journal of Cleaner Production*, *319*(July), 128708. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128708
288. Zamljen, T., Medic, A., Hudina, M., Veberic, R., & Slatnar, A. (2022). Salt Stress Differentially Affects the Primary and Secondary Metabolism of Peppers (Capsicum annuum L.) According to the Genotype, Fruit Part, and Salinity Level. *Plants*, *11*(7), 853. https://doi.org/10.3390/plants11070853
289. Zhang, W. N., Duan, X. W., Ma, C., Harada, T., & Li, T. Z. (2013). Transport of mRNA molecules coding NAC domain protein in grafted pear and transgenic tobacco. *Biologia Plantarum*, *57*(2), 224–230. https://doi.org/10.1007/s10535-012-0293-x
290. Zheng, N., Wang, M., Wang, H., & Ai, X. (2009). Effects of grafting on photosynthesis of sweet pepper seedlings under low temperature and weak light intensity. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao The Journal of Applied Ecology*, *20*(3), 591–596. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19637597
291. Zhou, Z., Yuan, Y., Wang, K., Wang, H., Huang, J., & Yu, H. (2022). Rootstock-scion interactions affect fruit flavor in grafted tomato. *Horticultural Plant Journal*, *8*(4), 499–510. https://doi.org/10.1016/j.hpj.2022.01.001
292. Zijlstra, S., Groot, S. P. C., & Jansen, J. (1994). Genotypic variation of rootstocks for growth and production in cucumber; possibilities for improving the root system by plant breeding. *Scientia Horticulturae*, *56*(3), 185–196. https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)90001-9

8. ПРИЛОГ





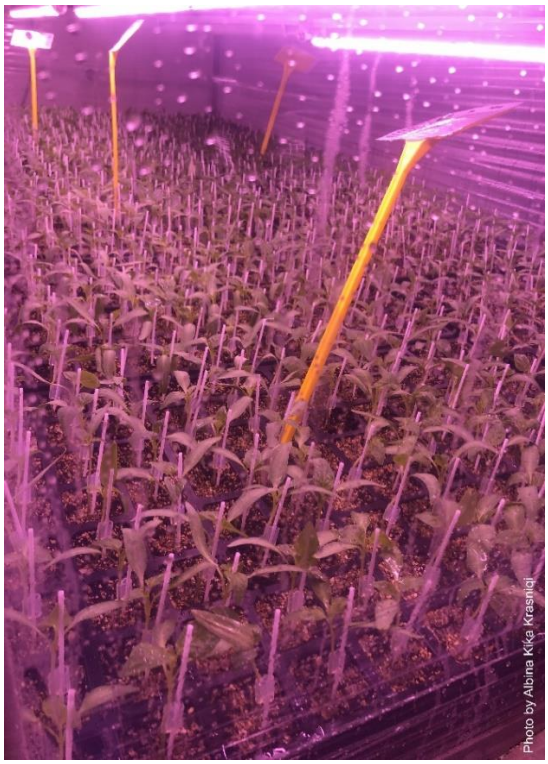




Шема – Експериментален дизајн во оранжерија и на отворено



Фотографија 1 Калемен расад



Фотографија 2 Комора за заздравување



Фотографија 3 Аклиматизација во оранжерија – фаза пред расадување



Фотографија 4 Формирање на леи за расадување



Фотографија 5 Расадување во оранжерија



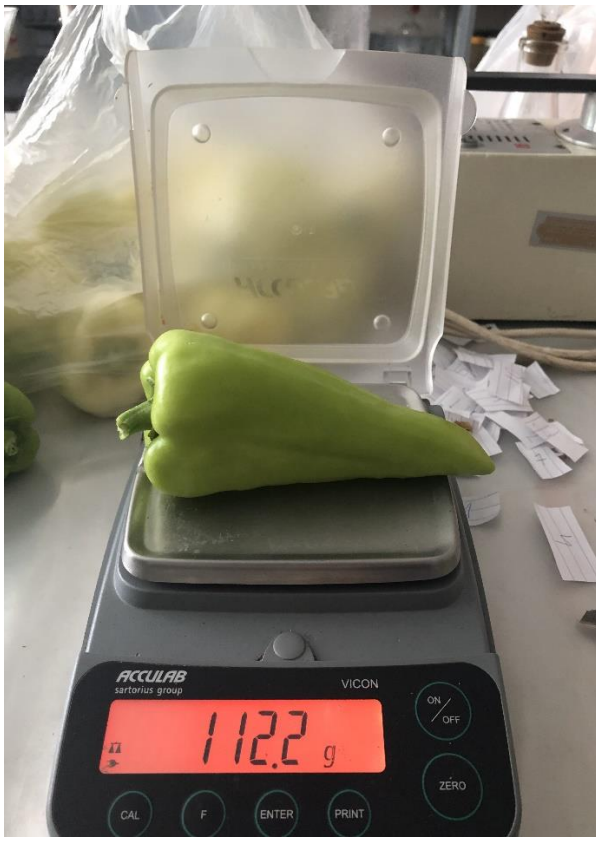
Фотографија 6 Почеток на плодозафаќање



Фотографија 7 Фаза на масовно зреење



Фотографија 8 Полска вага (до 5 kg)



Фотографија 9 Лабораториска вага за индивидуални плодови



Фотографија 10 Мерење на перикап (напречен пресек)



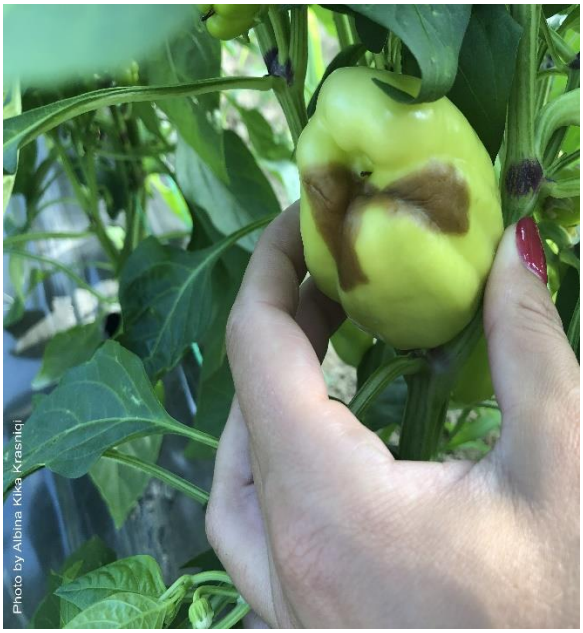
Фотографија 11 Чистење на семето и плодната дршка



Фотографија 12 Подготовка за хемиски анализи (зелена зрелост)



Фотографија 13 Подготовка за хемиски анализи (црвена зрелост)



Фотографија 14 Непазарен плод - редок случај на BER



Фотографија 15 Период на берба